



شرکت مهندسين مشاور سازه
پردازی ایران



جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت



شرکت ملی نفت ایران
شرکت مهندسی و توسعه نفت

مستندات

ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سلرها و تاسیسات نفتی میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه سیلاب و خطوط لوله

معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری
اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها



shaghool.ir

درخواست کننده: معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری وزارت نفت-اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرحها

کارفرما: شرکت مهندسی و توسعه نفت

نماینده و ناظر پروژه: آقای دکتر سید رامین اسعد سجادی، اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرحها

شرکت مشاور: شرکت مهندسیین مشاور سازه پردازی ایران

اسامی تهیه و تدوین ضابطه

معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری وزارت نفت- اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرحها	آقای دکتر سید رامین اسعد سجادی
شرکت سازه پردازی ایران	آقای مهندس سید جواد هاشمی
دانشگاه شهید چمران اهواز	آقای دکتر محمود شفاعی بجنستان
دانشگاه صنعتی شریف	آقای دکتر محمد راعی
شرکت تاسیسات دریایی	آقای دکتر داوود شاهقلیان
سازمان آب و برق خوزستان	آقای دکتر کاظم حمادی
سازمان آب و برق خوزستان	آقای دکتر سروش اله الدین
سازمان آب و برق خوزستان	آقای مهندس سید محسن حسین زاده ساداتی
شرکت سازه پردازی ایران	آقای مهندس محمود افسوس
شرکت سازه پردازی ایران	آقای مهندس رضا خسروی
دانشگاه صنعتی شریف	آقای مهندس عبدالمجید موسوی ملکی



با تشکر از زحمات:

آقای دکتر وحیدرضا زیدی فرد
آقای دکتر پرویز سنگین
آقای مهندس ابوذر شریفی
آقای مهندس ناجی سعدونی
آقای مهندس کرامت بهبهانی
آقای مهندس اسماعیل باقری
آقای مهندس سام منصور مؤید
آقای مهندس همایون کاظمینی
آقای مهندس مهدی نجاریان
آقای مهندس سهراب رستمی اصانلو
آقای مهندس محمدرضا اقبال
آقای مهندس سید افشار مجد
آقای مهندس محمد عباسی
آقای مهندس سعید علومی
آقای مهندس مهدی طالبیان
آقای مهندس مهدی دشت پیما
آقای مهندس حسین صادقی مقدم
آقای مهندس امید افشاریان زاده
آقای مهندس رضا شفیعی
خانم مهندس بتول رفیعی
خانم مهندس لیلی منتظری
خانم مهندس نسترن عبداللهی
آقای مهندس امیر قمشی
خانم مهندس سارا مرادی
آقای مهندس نریمان خرسندی
خانم مهندس مائده آبادی
آقای مهندس کوشا شوشتری اخوان
آقای مهندس مجید رحیمی
آقای مهندس حامد جهانگیریان
آقای مهندس فرشاد رستمیان
آقای مهندس امیر حسین یزدی
آقای مهندس مرتضی جساس
آقای مهندس محمود رضا خوش نویس انصاری



فهرست

صفحه	موضوع		
۱	فصل اول- کلیات	فصل اول	
۲	ملاحظات کلی	۱-۱	
۲	موارد عمومی	۲-۱	
۳	محدوده کاربرد	۳-۱	
۴	شناسایی و دسته بندی آسیب‌های جاده های اصلی و دسترسی، سلرها و خطوط لوله	فصل دوم	
۵	بازدید	۱-۲	
۵	شناسایی و دسته بندی جاده ها	۲-۲	
۶	آسیب‌های احتمالی ناشی از سیلاب در جاده‌ها مشاهده شده در سیلاب کشورهای مختلف	۱-۲-۲	
۷	مستندات و تصاویر ارسالی از منطقه و هوایی مرتبط با خرابی ناشی از سیلاب در جاده‌های میدین نفتی غرب کارون در سال ۱۳۹۸	۲-۲-۲	
۱۰	مستندات و تصاویر مرتبط با خرابی ناشی از سیلاب در جاده ها (بازدید خرداد ۱۴۰۱)	۳-۲-۲	
۱۵	شناسایی و دسته بندی خطوط لوله	۳-۲	
۱۸	خرابی های احتمالی ناشی از سیلاب در خطوط لوله در سیلاب کشورهای مختلف	۱-۳-۲	
۱۹	مستندات و تصاویر مرتبط با خرابی ناشی از سیلاب در خطوط لوله (بازدید خرداد ۱۴۰۱)	۲-۳-۲	
۲۲	شناسایی و دسته بندی سلرها	۴-۲	
۲۳	خرابی های محتمل برای سلر ها و تاسیسات در سیلاب کشورهای مختلف	۱-۴-۲	
۲۴	مستندات و تصاویر مرتبط با خرابی ناشی از سیلاب در سلرها (شامل تصاویر هوایی و ماهواره‌ای)	۲-۴-۲	
۲۶	مستندات و تصاویر مرتبط با خرابی ناشی از سیلاب در سلرها (بازدید خرداد ۱۴۰۱)	۳-۴-۲	
۲۸	نکات مورد نیاز برای در نظر گرفتن در طراحی های آتی	۴-۴-۲	
۳۱	ترمیم های محافظت از شیب کناره جاده مشاهده شده در حال اجرا	۵-۲	
۳۲	جمع بندی بازدید	۶-۲	
۳۳	نحوه محاسبه ریسک خرابی سیلاب انواع روش های معتبر و شرح مشخصات فنی، حفاظت ها و الزامات اجرایی خطوط لوله	فصل سوم	
۳۴	نحوه محاسبه و مقایسه ریسک خرابی	۱-۳	
۳۴	مفاهیم	۱-۱-۳	
۳۵	ارزیابی ریسک به روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن	۲-۱-۳	
۳۶	فرآیند محاسبه عدد ریسک خرابی با روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن	۳-۱-۳	
۳۸	محاسبه و نتایج ریسک سیلاب برای جاده نمونه شماره ۱ بر اساس مطالعات هیدرولوژی ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله	۲-۳	

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

۳۸	سناریو های وقوع سیلاب و تراز آب معادل هر دوره بازگشت	۱-۲-۳
۳۹	محاسبه ریسک سیلاب برای یک جاده نمونه شماره ۱	۲-۲-۳
۴۱	نتایج محاسبه ریسک سیلاب برای جاده نمونه شماره ۱ برای دوره بازگشت سیلاب ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله	۳-۲-۳
۴۱	ریسک ناشی از سیلاب بر خطوط لوله	۴-۲-۳
۴۲	محاسبه ریسک سیلاب برای جاده نمونه شماره ۱ و جاده نمونه شماره ۲ بر اساس دوره بازگشت سیلاب ۲ تا ۱۰۰۰ ساله	۳-۳
۴۲	ریسک جاده شماره ۱ با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله	۱-۳-۳
۴۵	ریسک جاده شماره ۲ با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله	۲-۳-۳
۴۶	نتایج محاسبات ریسک جاده های نمونه های شماره های ۱ و ۲ بر اساس سیلاب با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله	۳-۳-۳
۴۸	نحوه محاسبه دوره بازگشت سیلاب طرح به کمک نشریه شماره ۳۱۶ سازمان برنامه و بودجه	۴-۳
۴۹	شرح مشخصات فنی و حفاظت در برابر خوردگی خطوط لوله	۵-۳
۴۹	پوشش محافظ خوردگی	۱-۵-۳
۵۰	الزامات پوشش	۲-۵-۳
۵۰	الزامات حفاظت کاتدی	۳-۵-۳
۵۰	جنس خط لوله فولادی	۶-۳
۵۱	مواد و مشخصات قابل قبول	۱-۶-۳
۵۲	انواع خطوط لوله انعطاف پذیر	۷-۳
۵۲	لوله های انعطاف پذیر collapsible	۱-۷-۳
۵۲	لوله انعطاف پذیر bonded و un-bonded	۲-۷-۳
۵۳	خطوط لوله جدیدالاحداث کف هور (لوله کف هور در آب های کم عمق)	۸-۳
۵۳	نحوه محاسبه شعاع انحنا الاستیک و دستورالعمل اجرایی در زمان نصب خط لوله	۱-۸-۳
۵۵	حداکثر طول دهانه آزاد بین تکیه گاه ها	۲-۸-۳
۵۸	شرح روش مورد استفاده در ارزیابی ارزش مالی ترمیم	فصل چهارم
۵۹	شرح روش مورد استفاده در ارزیابی ارزش مالی ترمیم	۱-۴
۶۰	محاسبه و نتایج ارزش هزینه به منافع ترفیع جاده نمونه شماره نوع ۱ بر اساس دوره بازگشت سیلاب ۱۰۰ و ۲۰۰ سال در فصل سوم	۲-۴
۶۰	محاسبه ارزش هزینه به منافع ترفیع جاده نمونه شماره ۱	۱-۲-۴
۶۵	نتایج محاسبات ارزش هزینه به منافع برای ترفیع جاده نمونه شماره ۱ در دوره بازگشت سیلاب ۱۰۰ ساله	۲-۲-۴
۶۷	محاسبه و نتایج ارزش هزینه به منافع ترفیع جاده نمونه شماره ۱ و نمونه شماره ۲ بر اساس دوره بازگشت سیلاب ۲ تا ۱۰۰۰ ساله	۳-۴
۶۷	محاسبه ارزش هزینه به منافع ترفیع جاده نمونه شماره ۱	۱-۳-۴

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

۷۲	محاسبه ارزش هزینه به منافع ترفیع جاده نمونه شماره ۲	۲-۳-۴
۷۶	نتایج محاسبات ارزش هزینه به منافع برای ترفیع جاده های نمونه شماره ۱ و ۲ بر اساس دروه بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله	۳-۳-۴
۸۰	بررسی میادین نفتی غرب کارون از دیدگاه مشکلات مهندسی آب و هیدرولوژی، سازه‌های انتقال آب در داخل هورالعظیم، کالورت‌های داخل هورالعظیم و رودخانه‌ها و کانال‌های انتقال آب در منطقه بیرون هورالعظیم	فصل پنجم
۸۱	هدف مطالعه	۱-۵
۸۱	معرفی سامانه مورد مطالعه	۲-۵
۸۱	رودخانه‌ی کرخه	۱-۲-۵
۸۸	سدهای سامانه کرخه در استان خوزستان	۲-۲-۵
۹۳	تالاب هورالعظیم و تاسیسات آبی آن	۳-۲-۵
۱۲۰	میادین نفتی غرب کارون	۳-۵
۱۲۵	بازدید میدانی و بررسی دبی های ورودی و خروجی سدها و رودخانه‌ها (بویژه سد و رودخانه کرخه) به عنوان منبع تغذیه هورالعظیم هستند و شناسایی ایستگاه‌های وزارت نیرو در بالادست و پایین دست و انجام استعلام های مورد نیاز	فصل ششم
۱۲۶	هیدرولوژی جریان در حالت عادی	۱-۶
۱۲۶	تحلیل آبدهی رودخانه‌ها	۱-۱-۶
۱۳۷	تحلیل دامنه و چندک‌های جریان سالانه	۲-۱-۶
۱۴۱	هیدرولوژی سیلاب	۲-۶
۱۴۱	دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سیلاب و رتبه آن‌ها	۱-۲-۶
۱۴۵	رابطه بین دبی سیلابی در مسیر رودخانه کرخه	۲-۲-۶
۱۴۷	هیدروگراف‌های سیلاب	۳-۲-۶
۱۴۹	سیلاب دبی حوضه میانی	۴-۲-۶
۱۵۳	بررسی سیلاب سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ رودخانه کرخه	۵-۲-۶
۱۵۹	مقادیر عددی هیدروگراف‌های ورودی به تالاب	۶-۲-۶
۱۷۲	بررسی آمار و استعلام پدیده های طبیعی در منطقه هورالعظیم شامل جهت و سرعت باد، میزان تغییرات دمایی، میزان بارندگی، میزان تبخیر، میزان رسوب و سایر موارد مورد نیاز	فصل هفتم
۱۷۳	پارامترهای هواشناسی مورد مطالعه	۱-۷
۱۷۳	مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی و بارانسنجی مورد مطالعه	۱-۱-۷
۱۷۴	بارش منطقه مورد مطالعه	۲-۱-۷
۱۹۲	دما و تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه مورد مطالعه	۳-۱-۷

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

۱۹۷	باد منطقه مورد مطالعه	۴-۱-۷
۲۰۲	اقلیم منطقه مورد مطالعه	۲-۷
۲۰۳	مطالعات رسوب	۳-۷
۲۰۴	مبانی برآورد بار رسوب معلق	۱-۳-۷
۲۰۵	بار رسوبی بستر و کل	۲-۳-۷
۲۰۵	روابط دبی آب - دبی رسوب و ارزیابی آن‌ها	۳-۳-۷
۲۰۷	برآورد بار رسوب (معلق، بستر و کل)	۴-۳-۷
۲۰۹	محاسبه بده ویژه رسوب کل حوضه	۵-۳-۷
۲۰۹	مشخصات دانه بندی مواد بستر در محل ایستگاه هیدرومتری حمیدیه	۶-۳-۷
۲۱۱	بررسی مطالعات مهندسی آب انجام شده در میدان نفتی آزادگان شمالی و آزادگان جنوبی (اعم از هیدرولوژی، ارتفاع موج و غیره)	فصل هشتم
۲۱۲	مقدمه	۱-۸
۲۱۳	مطالعات سازآب پردازان	۲-۸
۲۱۸	ارتفاع آزاد آب در ارتباط با باد	۱-۲-۸
۲۱۹	مطالعات تعیین و تأمین نیاز زیست محیطی تالاب هورالعظیم	۳-۸
۲۲۲	ضوابط بهره‌برداری از مخزن سد کرخه به هنگام سیلاب	۴-۸
۲۲۲	ضوابط بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه مه‌اب قدس (مشاور طراح سد)	۱-۴-۸
۲۲۴	مطالعات سیلاب حوضه کرخه سازآب اهواز با کارفرمایی سازمان آب و برق خوزستان	۲-۴-۸
۲۲۴	مطالعات هیدرولوژی میادین نفتی سهراب و آزادگان شمالی	۳-۴-۸
۲۲۷	مدل سازی منطقه هورالعظیم با استفاده از نرم افزار برای تعیین ارتفاع آب از سطح دریا بر پایه دوره- بازگشت سیلاب امکان پذیر	فصل نهم
۲۲۸	مدل مورد استفاده	۱-۹
۲۲۸	معادلات حاکم	۲-۹
۲۲۸	معادلات حاکم سه بعدی در مختصات کارترین	۱-۲-۹
۲۳۷	معادلات حاکم سه بعدی در مختصات کروی و سیگما	۲-۲-۹
۲۳۹	معادلات حاکم دو بعدی در مختصات کارترین	۳-۲-۹
۲۴۰	معادلات دو بعدی حاکم در مختصات کروی	۴-۲-۹
۲۴۱	تنش کف	۵-۲-۹
۲۴۲	تنش باد	۶-۲-۹
۲۴۳	پوشش یخی	۷-۲-۹
۲۴۳	پتانسیل جزر و مدی	۸-۲-۹
۲۴۵	پخشیدگی موج	۹-۲-۹

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

۲۴۵	تبادل گرمایی	۱۰-۲-۹
۲۵۱	حل عددی	۳-۹
۲۵۱	گسسته سازی مکانی	۱-۳-۹
۲۵۳	انتگرال گیری زمانی	۲-۳-۹
۲۵۳	شرایط مرزی	۳-۳-۹
۲۵۴	بررسی اعتبار مدل	۴-۹
۲۵۵	ماژول انتقال شن و ماسه	۵-۹
۲۵۵	مورفولوژی	۱-۵-۹
۲۵۶	مدلسازی منطقه مورد مطالعه	۶-۹
۲۵۶	ساخت و ایجاد شبکه (مش) محاسباتی	۱-۶-۹
۲۵۷	ساخت و ایجاد فایل mdf . از داده های xyz خام	۲-۶-۹
۲۶۱	بارگذاری فایل ها و داده ها در مدل	۳-۶-۹
۲۶۸	نتایج مدلسازی	۷-۹
۲۶۸	شرایط اولیه و مرزی و تعریف سناریوها	۱-۷-۹
۲۶۹	نتایج مدلسازی	۸-۹
۲۷۲	نتایج رقوم سطح آب شبیه سازی سیلاب فروردین ماه سال ۱۳۹۸	۹-۹
۲۹۷	آبگرفتنی احتمالی پهنه اطراف تالاب	۱-۹-۹
۳۰۲	بررسی بر روی انواع روش های معتبر و تعیین روش های متناسب با شرایط منطقه	فصل دهم
۳۰۳	بررسی میادین نفتی غرب کارون از دیدگاه مشکلات مهندسی آب و هیدرولوژی، سازه های انتقال آب در داخل هورالعظیم، کالورت های داخل هورالعظیم و رودخانه ها و کانال های انتقال آب در منطقه بیرون هورالعظیم حد واسط هورالعظیم و جاده اهواز - خرمشهر	۱-۱۰
۳۰۴	بازدید میدانی و بررسی دبی های ورودی و خروجی سدها و رودخانه ها (بویژه سد و رودخانه کرخه) که منبع تغذیه هورالعظیم هستند. شناسایی ایستگاه های وزارت نیرو در بالادست و پایین دست و انجام استعلام های مورد نیاز	۲-۱۰
۳۰۸	بررسی آمار و استعلام پدیده های طبیعی در منطقه هورالعظیم شامل جهت و سرعت باد، میزان تغییرات دمایی، میزان بارندگی، میزان تبخیر، میزان رسوب و سایر موارد مورد نیاز برای مدلسازی و بررسی در ضابطه	۳-۱۰
۳۱۲	بررسی اولیه و امکان سنجی در حد بازدیدهای میدانی برای نحوه خروج آب از هورالعظیم به مناطق پایین دستی که در کنترل و حاکمیت ایران	۴-۱۰
۳۱۲	تهیه و بررسی مقررات پدافند غیر عامل، قوانین زیست محیطی برای میادین نفتی غرب کارون مرتبط با موضوع محافظت تاسیسات در برابر آب و سیلاب در راستای اهداف ضابطه	۵-۱۰
۳۱۳	ریسک در هیدرولوژی	۶-۱۰

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

۳۱۳	بررسی مطالعات مهندسی آب انجام شده در میدان نفتی آزادگان شمالی و آزادگان جنوبی (اعم از هیدرولوژی، ارتفاع موج و غیره)	۷-۱۰
۳۱۴	مدل سازی منطقه هورالعظیم با استفاده از نرم افزار که با استفاده از آن امکان تعیین ارتفاع آب از سطح دریا بر پایه دوره بازگشت سیلاب امکان پذیر باشد.	۸-۱۰
۳۱۶	بازدید میدانی و بررسی دبی های ورودی و خروجی سدها و رودخانه‌ها (بویژه سد و رودخانه کرخه) به عنوان منبع تغذیه هورالعظیم و شناسایی ایستگاه‌های وزارت نیرو در بالادست و پایین دست و انجام استعلام های مورد نیاز	فصل یازدهم
۳۱۷	هیدرولوژی جریان در حالت عادی	۱-۱۱
۳۱۷	تحلیل آبدهی رودخانه‌ها	۱-۱-۱۱
۳۲۹	تحلیل دامنه و چندک‌های جریان سالانه	۲-۱-۱۱
۳۳۲	هیدرولوژی سیلاب	۲-۱۱
۳۳۲	دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سیلاب و رتبه آن‌ها	۱-۲-۱۱
۳۳۵	رابطه بین دبی سیلابی در مسیر رودخانه کرخه	۲-۲-۱۱
۳۳۷	هیدروگراف‌های سیلاب	۳-۲-۱۱
۳۳۹	سیلاب دبی حوضه میانی	۴-۲-۱۱
۳۴۳	بررسی سیلاب سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ رودخانه کرخه	۵-۲-۱۱
۳۴۹	مقادیر عددی هیدروگراف‌های ورودی به تالاب	۶-۲-۱۱
۳۶۲	گزارش عملیات نقشه برداری هیدروگرافی و زمینی "هورالعظیم"	فصل دوازدهم
۲۶۳	حوزه جغرافیایی و محدوده انجام عملیات	۱-۱۲
۳۶۵	شرح پروژه	۲-۱۲
۳۶۶	عملیات میدانی	۳-۱۲
۳۶۶	برداشت زمینی	۱-۳-۱۲
۳۶۹	نقشه برداری دریایی	۲-۳-۱۲
۳۷۰	اندازه گیری پل ها و دریچه ها با استفاده از دوربین و متر و متر لیزری	۳-۳-۱۲
۳۷۰	تجهیزات	۴-۱۲
۳۷۲	مراجع	

فصل اول کلیات

فصل اول- کلیات

۱-۱- ملاحظات کلی

این جلد مشتمل بر مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خط لوله می‌باشد. نکته اساسی در این مجلد این است که مطالب قید شده در این مجلد قابل استناد و مسئولیت آفرین نیست و صرفاً برای آگاهی از سوابق مطالعاتی آورده شده است. بنابراین به هیچ یک از مطالب این مجلد در حین طراحی و اجرا و مثالها نباید استناد کرد. همچنین متذکر می‌شود تحلیل‌های ارائه شده در این مجلد مرتبط با برداشت‌های مهندسین مشاور سازه پردازی ایران بوده است. در این مجلد برخی روش‌های فنی و مهندسی در استانداردها و متداول در دنیا بررسی شده و از بین آن‌ها برخی برای استفاده در هورالعظیم مناسب تشخیص داده شده و به متن اصلی ضابطه انتقال یافته است. این مستندات شامل:

- بازدیدهای میدانی
- نقشه برداری
- داده‌های خام اخذ شده از وزارت نیرو
- بررسی استانداردهای مرتبط
- کلیه روش‌های مهندسی مرتبط با موضوع ضابطه با هدف بررسی اینکه چه روش‌هایی برای هورالعظیم متناسب است
- مثال‌های مختلف نسبت به روش‌های مختلف با هدف بررسی اینکه چه روش‌هایی برای هورالعظیم متناسب است

۱-۲- موارد عمومی

- در این مجلد سعی شده تا برخی از مشکلات ایجاد شده در زمان سیلاب ۱۳۹۸ در منطقه هورالعظیم نشان داده شود. تا نسبت به این مشکلات راهکارهای مهندسی تکمیل شود

- در این مجلد سعی شده کلیه روش‌های مهندسی بر اساس استانداردها، تجارب مرتبط مورد بررسی قرار بگیرد. برخی از این روش‌ها متناسب با منطقه هورالعظیم بوده که در ضابطه منعکس شده است و برخی از این روش‌ها برای منطقه هورالعظیم مناسب نبوده که بدیهی است که در ضابطه منعکس نشده ولی در این جلد آورده شده است تا نشان دهنده این باشد که سعی شده تا کلیه روش‌های مهندسی مورد بررسی قرار گرفته است
- داده‌های قید شده در این مجلد علی‌الخصوص داده‌های مرتبط با سیلاب مرتبط با زمان تدوین ضابطه است بدیهی است که با گذشت زمان این داده‌ها در گذر زمان دچار تغییرات خواهد شد بنابراین در زمان طرح‌ها و پروژه‌های آتی مهندسین مشاور موظف است داده‌های مرتبط با سیلاب را مجدداً مورد بررسی قرار دهد هرچند در این ارتباط الزامات در ضابطه قید شده است.
- مثال‌های قید شده در این مجلد صرفاً برای بررسی و مقایسه روش‌های مختلف بوده و اعداد آن قابلیت استناد ندارد این مثال‌های برای یک نمونه با روش‌های مختلف مهندسی بررسی شده تا با قیاس آن‌ها گزینه مهندسی متناسب با منطقه هورالعظیم انتخاب شود. اعداد قید شده در این مثال‌ها چون برای یک مورد خاص بوده قابلیت استناد ندارد.

۱-۳- محدوده کاربرد

مطالب قید شده در این ضابطه صرفاً جهت اطلاع از کارهای انجام شده قید شده است و به هیچ وجه قابلیت استناد ندارد و برای انجام کار، مهندس مشاور و کارفرما باید به "ضابطه ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سله‌ها و تاسیسات میدانی نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خط لوله" مراجعه نماید.

فصل دوم
شناسایی و دسته بندی آسیب‌های جاده‌های
اصلی و دسترسی، سله‌ها و خطوط لوله

فصل دوم- شناسایی و دسته بندی آسیب های جاده های اصلی و دسترسی، سلرها و خطوط لوله

۲-۱- بازدید

بازدید از میادین نفتی غرب کارون شامل آزادگان شمالی، آزادگان جنوبی، میدان یاران شمالی، یاران جنوبی، یادآوران، جفیر بعلاوه جاده های درون هورالعظیم و دایکهای دور هورالعظیم انجام شد بعلاوه بر روی مشکلات ایجاد شده در زمان سیلاب ۱۳۹۸ تمرکز شد. در مورد سیلاب، بازدید از سد کرخه، رودخانه های حوضه آبریز، زهکش ها، بندها (سدهای انحرافی) بر روی رودخانه ها، تاسیسات آب درون هورالعظیم و غیره انجام شد.

۲-۲- شناسایی و دسته بندی جاده ها

در جدول ۲-۱ اطلاعات مرتبط با وضعیت جاده های اصلی ذکر گردیده است:

جدول ۱-۲: شناسایی و دسته بندی وضعیت جاده های اصلی

نام جاده	تعداد لاین	خرابی های مشاهده شده
۱) جاده اکتشافات	۲	(۱) آبستگي كناره جاده ها (۲) تخریب لایه های روسازی (۳) رسوب گرفتگی دهانه و داخل کالورت ها (۴) آبستگي جداره جاده در كناره کالورت ها
۲) جاده شط علی	۲	(۱) آبستگي كناره جاده ها (۲) تخریب لایه های روسازی و نشست جاده (۳) آبستگي جداره جاده در كناره کالورت ها
۳) جاده باران شمالی	۲	(۱) آبستگي كناره جاده ها (۲) تخریب لایه های روسازی (۳) نشست نامنظم جاده (۴) رسوب گرفتگی دهانه و داخل کالورت ها (۵) آسیب به گاردریل های محافظتی كناره جاده ها
۴) جاده شهید همت	۲	(۱) آبستگي كناره جاده ها (۲) تخریب لایه های روسازی (۳) نشست کالورت (۴) رسوب گرفتگی دهانه و داخل کالورت ها
۵) جاده سیدالشهدا	۲	(۱) آبستگي كناره جاده ها (۲) تخریب لایه های روسازی (تخریب كامل جاده در قسمت های میانی و مرز با عراق)
باقی جاده های اصلی: جاده امام رضا، جاده آزادگان، طلائیه، جاده دایک مرزی با عراق، جاده دایک باکری، جاده سید خلف، جاده پدک و ...		

۲-۲-۱- آسیب‌های احتمالی ناشی از سیلاب در جاده‌ها مشاهده شده در سیلاب کشورهای مختلف

انواع این آسیب‌ها عبارتند از:

- ۱) آبستگي كناره (شیروانی) جاده‌ها
- ۲) تخریب لایه‌های روسازی
- ۳) نشست غیر منظم جاده

- ۴) نشست کالورت
- ۵) رسوب گرفتگی دهانه و داخل کالورت‌ها
- ۶) آبستگی جداره جاده در کناره کالورت‌ها
- ۷) تخریب تیر های برق، دکل‌ها و روشنایی و گاردریل و علائم نصب شده
- ۸) کج شدن و نشست پایه پل‌ها
- ۹) واژگونی و تخریب بدنه سازه پل‌ها
- ۱۰) مدفون شدن سطح جاده ها و پل ها با رسوبات و گل ولای
- ۱۱) خسارت وارد شده به وسایل نقلیه
- ۱۲) صدمه ژئوتکستایل و ریپ‌رپ اجرا شده

۲-۲-۲- مستندات و تصاویر ارسالی از منطقه و هوایی مرتبط با خرابی ناشی از سیلاب در جاده‌های میدین نفتی غرب کارون در سال ۱۳۹۸

در سیلاب سال ۱۳۹۸ با توجه به مستندات ذکر شده برخی آسیب‌ها در شکل‌های ۱-۲ الی ۶-۲ نشان داده شده است.



شکل ۱-۲: آبستگی کناره جاده ها و تخریب لایه های روسازی



شکل ۲-۲: آبستگی کناره جاده ها



شکل ۲-۳: آبگرفتگی پایه تیرهای برق، دکل ها و گاردریل ها، (فلش ها نشان دهنده محل آسیب است)



شکل ۲-۴: آبشستگی کناره جاده ها و تخریب لایه های جاده (فلش ها نشان دهنده محل آسیب است)



شکل ۲-۵: وارد شدن آب بر روی جاده و عامل وارد آمدن آسیب به لایه های زیرسازی و روسازی و تخریب خاکریز
کناره جاده ها فلش ها نشان دهنده ی محل آسیب است



شکل ۲-۶: تخریب علائم

۲-۳- مستندات و تصاویر مرتبط با خرابی ناشی از سیلاب در جاده ها (بازدید خرداد ۱۴۰۱)

در بازدید خرداد ۱۴۰۱ آسیب‌ها به شرح زیر مشاهده گردید:

- ۱) آبستگي کناره جاده ها
- ۲) صدمات لایه های روسازی
- ۳) نشست غیر منظم جاده
- ۴) نشست کالورت
- ۵) رسوب گرفتگی دهانه و داخل کالورت ها
- ۶) آبستگي جداره جاده در کناره کالورت ها
- ۷) آسیب به گاردریل های محافظتی کناره جاده ها

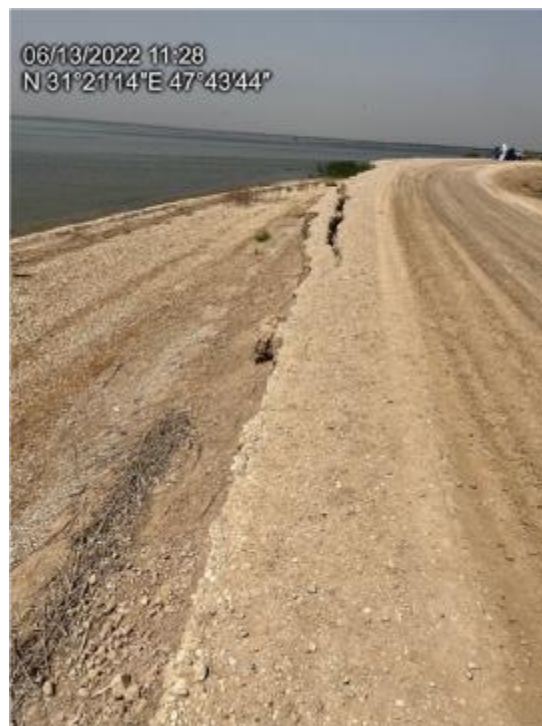
در ادامه تصاویر برخی از این موارد در شکل‌های ۲-۷ الی ۲-۱۶ نشان داده شده است:



شکل ۲-۷: آبستگي کناره جاده ها



شکل ۲-۸: آبشستگی کناره جاده ها



شکل ۲-۹: آبشستگی کناره جاده ها



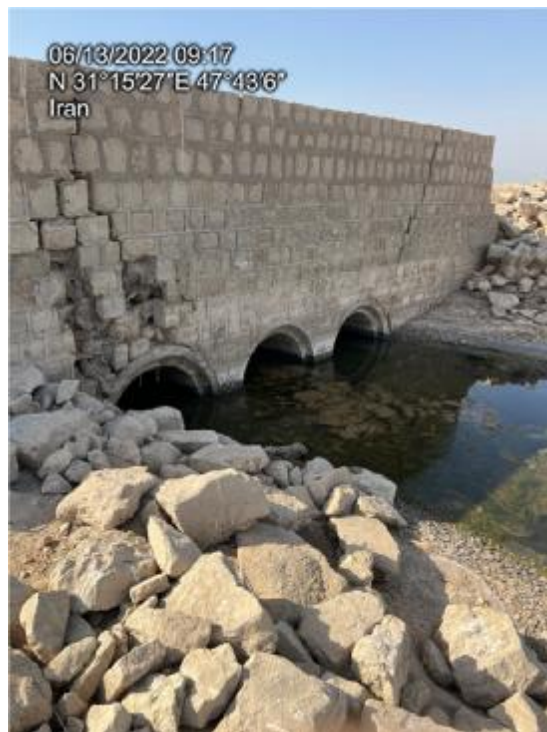
شکل ۲-۱۰: آبخستگی کناره جاده ها



شکل ۲-۱۱: صدمات لایه های روسازی



شکل ۲-۱۲: نشست نامنظم جاده



شکل ۲-۱۳: نشست کالورت



شکل ۲-۱۴: رسوب گرفتگی دهانه و داخل کالورت ها



شکل ۲-۱۵: آبشستگی جداره جاده در کناره کالورت ها



شکل ۲-۱۶: آسیب به گاردیل‌های محافظتی کناره جاده‌ها

۲-۳- شناسایی و دسته‌بندی خطوط لوله

خطوط لوله موجود در میدان نفتی غرب کارون بر اساس مشاهدات میدانی به شرح زیر است:

- ۱) خطوط لوله مدفون در حال احداث به قطر ۱۴ اینچ به صورت مدفون
- ۲) خطوط لوله فولادی عبوری از روی تکیه‌گاه با قطر ۸ اینچ
- ۳) خطوط لوله انعطاف‌پذیر عبوری از کف تالاب با قطر ۶ اینچ از شرکت Soluforce هلند (GT M570)
- ۴) خطوط لوله ۸ اینچ مدفون
- ۵) خطوط لوله عبوری از کف تالاب به قطر ۸ اینچ بدون تکیه‌گاه
- ۶) خط لوله فولادی با پوشش رنگ و قطر ۴ اینچ برای انتقال مواد زائد به گودال آتش

در ادامه برخی از این موارد در شکل‌های ۲-۱۷ الی ۲-۲۲ نشان داده شده است:



شکل ۲-۱۷: خطوط لوله مدفون در حال احداث به قطر ۱۴ اینچ اینچ به صورت مدفون



شکل ۲-۱۸: خطوط لوله فولادی با قطر ۸ اینچ عبوری از روی تکیه گاه

4.5 Soluforce Light and Classic types in 6ND size (metric)

Table 13: Light and Classic 6ND specifications (metric)

Soluforce® pipe type	L540		M570	
	3T	3T	3T	3T
Identification print colour	blue	green	black	
Internal diameter [mm]	120	120	120	
Exterior diameter [mm]	140	140	140	
Design temperature [°C]	65	65	65	
MAOT [°C]	65	65	65	
Minimum bursting pressure [Bar]	115	270	270	
Design pressure [Bar]	30	60	60	
LCL _{max} characteristic pressure (API 15S) [Bar]	20	72	72	
MAOP water service (>0% DNV) [Bar]	21	62	62	
MAOP any hydrocarbons (>2% DNV) [Bar]	21	52	52	
MAOP gas T=85°C (ASTM D2992) [Bar]	21	27	52	
Max. Hydrotest pressure (ambient) [Bar]	44	113	113	
Design life time (surface installed) [yr]	20	20	20	
Design life time (buried) [yr]	50	50	50	
MBR in storage [yr]	1.3	1.3	1.3	
MBR in service [yr]	3	3	3	
Max. axial load during installation [kN]	42	42	42	
Pipe length on coil [m]	400	400	400	
Coil package dimensions (l x h x w) [m]	4.0x4.2x1.40	4.0x4.2x1.45	4.0x4.2x1.40	
Coil package weight [kg]	2720	2790	2760	



شکل ۲-۱۹: خطوط لوله انعطاف پذیر عبوری از کف تالاب با قطر ۶ اینچ از شرکت Soluforce هلند تصویر سمت راست خط لوله انعطاف پذیر کشیده شده از کف تالاب و سمت چپ مشخصات خط لوله استفاده شده



شکل ۲-۲۰: خطوط لوله ۸ اینچ مدفون



شکل ۲-۲۱: خطوط لوله عبوری از کف تالاب به قطر ۸ اینچ بدون تکیه گاه



شکل ۲-۲۲: خط لوله فولادی به قطر ۴ اینچ برای انتقال مواد زائد به گودال آتش

۲-۳-۱- خرابی های احتمالی ناشی از سیلاب در خطوط لوله در سیلاب کشورهای مختلف

خطوط لوله به سه نوع مدفون، خوابیده در کف تالاب و یا روی تکیه گاه در منطقه مشاهده شد. در ذیل انواع خرابی ها در انواع مختلف خطوط لوله به شرح زیر است:

أ) برای هر سه نوع مدفون، خوابیده در کف تالاب و روی تکیه گاه

- ۱) خوردگی جداره خارجی خطوط لوله
- ۲) خوردگی تکیه گاه ها
- ۳) کمانش خطوط لوله فولادی عبوری از کف تالاب (بدون تکیه گاه)
- ۴) ناپایداری برخی از خطوط لوله گودال آتش ناشی از آبستگی کناره جاده فرعی
- ۵) مستغرق شدن خطوط لوله

ب) برای خطوط لوله روی تکیه گاه

- ۶) جابجایی تکیه گاه ها از محل های اصلی خود
- ۷) کمبود تکیه گاه در طول آزاد خود
- ۸) مقاومت سازه یا بدنه ی تکیه گاه
- ۹) نشست نسبی و یا دوران نسبی تکیه گاه ها نسبت به یکدیگر

ج) خرابی های خطوط لوله مدفون شده

- ۱۰) انقباض خاک زیر خط لوله پس از سیلاب و به طبع آن نشست نا همگون خط لوله
- ۱۱) ایجاد حفره ها و فضاهای خالی روی زمین و یا زیر خط لوله ناشی از آبستگی در برخی مناطق از قرارگیری خطوط لوله مدفون شده

۲-۳-۲- مستندات و تصاویر مرتبط با خرابی ناشی از سیلاب در خطوط لوله (بازدید خرداد ۱۴۰۱)

در بازدید خرداد ۱۴۰۱ خرابی های موارد ۱ تا ۵ به شرح زیر مشاهده گردید که در شکل های ۲-۲۳ الی ۲-۲۶ نشان داده شده است.

- ۱) خوردگی جداره خارجی خطوط لوله
- ۲) خوردگی تکیه گاه ها
- ۳) کمانش خطوط لوله فولادی عبوری از کف تالاب (بدون تکیه گاه)
- ۴) ناپایداری برخی از خطوط لوله گودال آتش
- ۵) مستغرق شدن خطوط لوله



شکل ۲-۲۳: خوردگی جداره خارجی خط لوله



شکل ۲-۲۴: کمانش خطوط لوله فولادی عبوری از کف تالاب



شکل ۲-۲۵: ناپایداری برخی از خطوط لوله گودال آتش ناشی از آبستگي كناره جاده فرعی



شکل ۲-۲۶: مستغرق شدن خطوط لوله

۲-۴- شناسایی و دسته بندی سلرها

تاسیسات سلر ها بر اساس مشاهدات میدانی از محوطه داخلی سلر به شرح زیر است:

- ۱) کریسمس-تری سر چاه
- ۲) تابلو، و تجهیزات برقی
- ۳) تجهیزات مکانیکی، فشار سنج ها و اکچویتور ها
- ۴) اتاقک کنترل
- ۵) کف سازی سلر ها
- ۶) دیواره محیطی سلر و فنس
- ۷) گودال آتش (Burn pit) مواد زائد
- ۸) جاده دسترسی به گودال آتش

در ادامه برخی از این تصاویر در شکل های ۲-۲۷ الی ۲-۲۹ نشان داده شده است:



شکل ۲-۲۷: کریسمس-تری سر چاه



شکل ۲-۲۸: تابلو، و تجهیزات برقی



شکل ۲-۲۹: تجهیزات مکانیکی

۲-۴-۱- خرابی های محتمل برای سلرها و تاسیسات در سیلاب کشورهای مختلف

خرابی هایی که ممکن است در سلرها و تاسیسات برقی و مکانیکی ایجاد شود به شرح زیر است:

- ۱) نفوذ آب به محوطه های خشک سلرها
- ۲) تراوش آب سیلاب از طریق کف یا بدنه ی سلرها
- ۳) تخریب بدنه دایک گودال آتش
- ۴) تخریب مسیر دسترسی محلی به سلرها
- ۵) ورود آب سیلاب به داخل گودال آتش -
- ۶) آبرفتگی و اختلال در سیستم های برقی
- ۷) آبرفتگی و اختلال تاسیسات مکانیکی

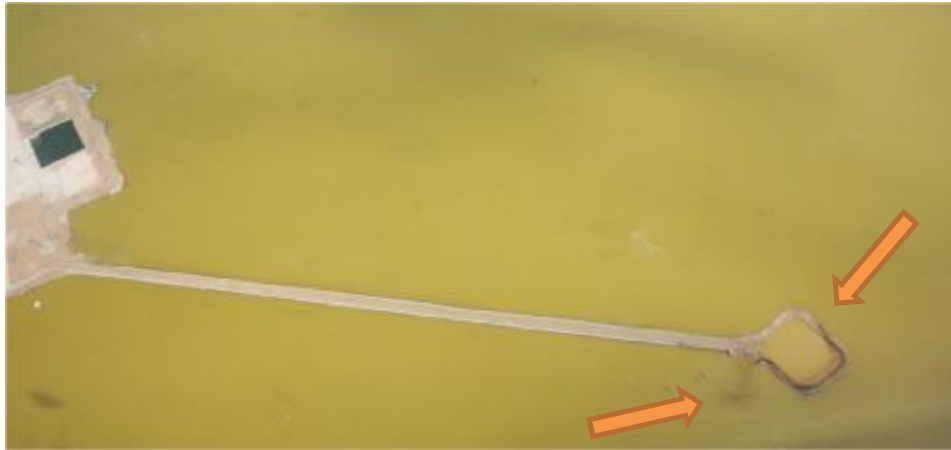
۸) نشست خاک زیر سلرها و آسیب به پی و سازه ی سلرها

۹) آبرفتگی تیرها و دکل های برق

۱۰) عدم عملکرد ژئوتکتایل و ریپ رپ در جداره محافظ دور سلرها

۲-۴-۲- مستندات و تصاویر مرتبط با خرابی ناشی از سیلاب در سلرها (شامل تصاویر هوایی و ماهواره ای)

در شکل های ۲-۳۰ الی ۲-۳۲ برخی شکل های هوایی نشان داده شده است



شکل ۲-۳۰: ورود آب سیلاب به داخل گودال آتش (فلش ها نشان دهنده ی محل خرابی است)



شکل ۲-۳۱: تخریب بدنه دایک گودال آتش و آبشستگی جداره جاده و دور محوطه (فلش ها نشان دهنده ی محل خرابی است)

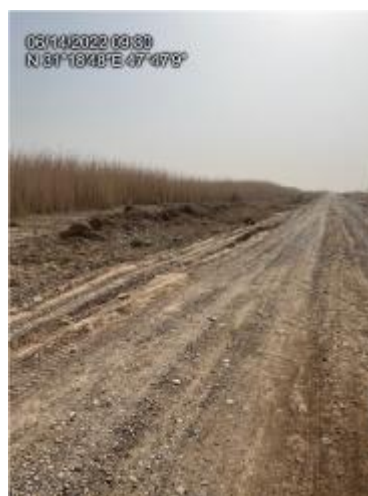


شکل ۲-۳۲: تراوش آب سیلاب از طریف کف یا بدنه (فلش ها نشان دهندهی محل خرابی است)

۲-۴-۳- مستندات و تصاویر مرتبط با خرابی ناشی از سیلاب در سلرها (بازدید خرداد ۱۴۰۱)

در بازدید خرداد ۱۴۰۱ خرابی های موارد ۱ تا ۴ به شرح زیر مشاهده گردید که در شکل های ۲-۳۳ الی ۲-۳۶ نشان داده شده است.

- ۱) آبستگی جداره جاده های دسترسی به سلرها
- ۲) آبستگی جداره ی خاکریز سلرها
- ۳) آبستگی جاده دسترسی به گودال آتش مواد زائد
- ۴) آبستگی جداره گودال آتش مواد زائد



شکل ۲-۳۳: آبستگی جداره جاده های دسترسی به سلرها



شکل ۲-۳۴: آبستگی جداره خاکریز سلرها



شکل ۲-۳۵: آبشستگی جاده دسترسی به گودال آتش



شکل ۲-۳۶: آبشستگی جداره گودال آتش، محل آبشستگی با بیضی زرد مشخص گردیده است.

۲-۴-۴- نکات مورد نیاز برای در نظر گرفتن در طراحی های آتی

أ) خط لوله

- ۱) عدم تماس نقطه ای خطوط لوله با تکیه گاه و تمرکز تنش در محل اتکا
- ۲) عدم آسیب دیدگی پوشش خط لوله (در صورت وجود) در محل اتکای خط لوله با تکیه گاه
- ۳) عدم از دست دادن تکیه گاه و افزایش دهانه آزاد خطوط لوله
- ۴) عدم عبور خطوط لوله عمود بر جاده از داخل کالورت جاده ها
- ۵) رعایت حداقل شعاع انحنا در محل خمیدگی های خطوط لوله
- ۶) استفاده از نشیمن گاه مناسب برای لوله به سمت گودال آتش

ب) سلر

- ۱) استفاده از پمپ های تخلیه آب های جمع شده در داخل چاله بتنی سلر
 - ۲) آب بندی کف و دیواره های گودال آتش (نفوذ در زمان بارش و سیلاب)
 - ۳) شیب بندی مناسب برای جلوگیری از ورود آب باران به داخل چاله بتنی کریسمس-تری
- در ادامه تصاویر مرتبط با نکات طراحی آتی در شکل های ۲-۳۷ الی ۲-۴۲ ارائه شده است.



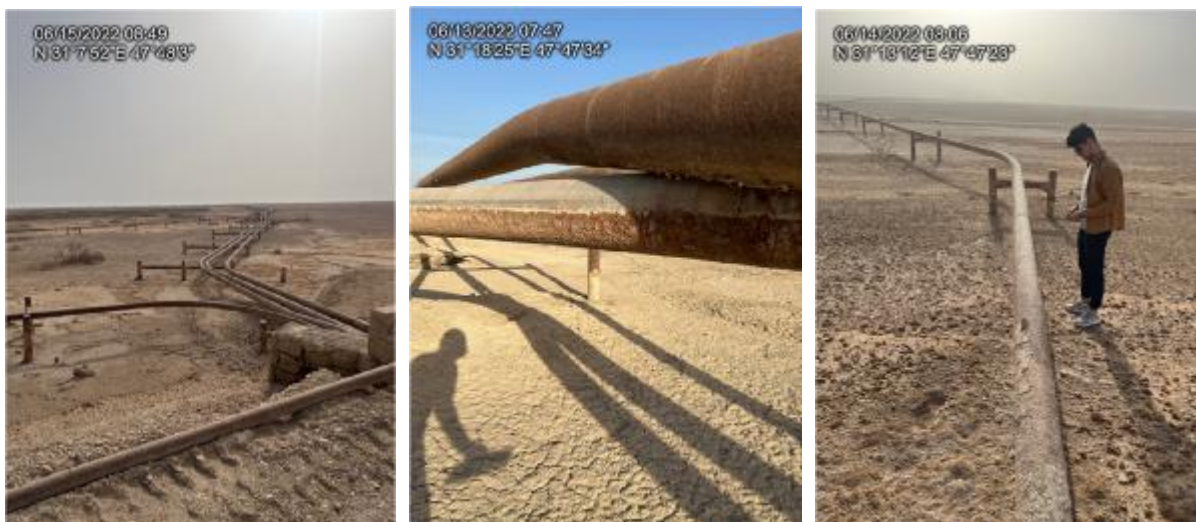
شکل ۲-۳۷: تماس نقطه ای خطوط لوله با تکیه گاه، تمرکز تنش در محل اتکا و آسیب دیدگی خط لوله و پوشش آن
(در صورت وجود) در محل اتکای خط لوله به تکیه گاه



شکل ۲-۳۸: عدم آب بندی کف و دیواره های گودال آتشی (نفوذ در زمان سیلاب یا آب دائم)



شکل ۲-۳۹: از دست دادن تکیه گاه و افزایش دهانه آزاد خطوط لوله



شکل ۲-۴۰: شعاع انحنا در محل خمیدگی



شکل ۲-۴۱: عبور خطوط لوله عمود بر جاده از داخل کالورت جاده ها



شکل ۲-۴۲: عدم استفاده از نشیمن گاه مناسب برای لوله به سمت گودال آتش

۲-۵- ترمیم های محافظت از شیب کناره جاده مشاهده شده در حال اجرا

در ادامه شکل های ۲-۴۳ الی ۲-۴۵ برای برخی ترمیم های انجام شده با ژئوتکستایل و ریپ رپ آورده شده است:



شکل ۲-۴۳: ترمیم کناره سلرها با شیب ۱:۳ و استفاده از ژئوتکستایل همراه با ریپ رپ



شکل ۲-۴: ترمیم کناره جاده با ژئوتکستایل و ریپ رپ



شکل ۲-۴: ترمیم کناره - به صورت ژئوتکستایل و ریپ رپ

۲-۶- جمع بندی بازدید

هدف از این بازدید بررسی میداین نفتی غرب کارون و تحلیل وضع موجود و همچنین شناسایی و دسته بندی انواع جاده های اصلی و فرعی، خطوط لوله و سلرها است. خرابی های مرتبط با هرکدام مشاهده، تصویربرداری و ثبت موقعیت گردید و همچنین نکات فنی مورد نیاز برای جاده ها، خطوط لوله و سلرها در طراحی های آتی ارائه شد. روش های ترمیم کناره جاده ای در حال احداث نیز در سه نقطه مشاهده شد که گزارش آن ذکر گردید

فصل سوم

**نحوه محاسبه ریسک خرابی سیلاب انواع
روش های معتبر و شرح مشخصات فنی،
حفاظت ها و الزامات اجرایی خطوط لوله**

فصل سوم- نحوه محاسبه ریسک خرابی سیلاب انواع روش های معتبر و شرح مشخصات فنی، حفاظت ها و الزامات اجرایی خطوط لوله

۳-۱- نحوه محاسبه و مقایسه ریسک خرابی

۳-۱-۱- مفاهیم

- به منظور درک صحیح ریسک که در ادامه تشریح می شود، در ابتدا مفاهیم و اصول اساسی آن تعریف می گردد:
- **ایمنی:** در فرهنگ لغات اصطلاح ایمنی به معنی امنیت، آسایش و سلامتی است و از نظر تعریف عبارت است از میزان یا درجه فرار از خطر. ایمنی کامل به معنای مصونیت در برابر هر نوع آسیب، جراحت و نابودی است که با توجه به تغییرپذیری ذاتی انسان و غیرقابل پیش بینی بودن فعالیت ها، هرگز ایمنی کامل حتی برای یک دوره کوتاه مدت نیز وجود ندارد.
 - **سیستم:** عبارت است از مجموعه افراد، تجهیزات، قوانین، روش ها و دستورالعمل ها که به منظور اجرای یک فعالیت معین در یک محیط خاص کنار یکدیگر قرار می گیرند و هدف خاصی را دنبال می کنند.
 - **خرابی:** واقعه برنامه ریزی نشده و گاهی صدمه آفرین یا خسارت رسان که انجام و یا پیشرفت یک فعالیت یا کار را مختل می سازد و همواره در اثر یک عمل یا شرایط نایمن و یا ترکیبی از آن دو به وقوع می پیوندد.
 - **شدت پیامد:** عبارت است از یک توصیف طبقه بندی شده از سطح خطرات بر اساس پتانسیل واقعی یا مشاهده شده آنها در ایجاد، تخریب، آسیب و جراحت.
 - **احتمال وقوع:** عبارت است از امکان بروز شرایط خاص در یک وضعیت زمانی و مکانی معین.
 - **ریسک:** عبارت است از بزرگی خطر بر حسب احتمال وقوع و شدت پیامد.
 - **دوره بازگشت:** به برآورد احتمال روی دادن یک پدیده مانند سیلاب در یک بازه زمانی مشخص گفته می شود. محاسبه دوره بازگشت معمولاً به وسیله داده های آماری گذشته به منظور دست یابی به میانگین تکرار یک پدیده در یک دوره زمانی مشخص است.

- **عمر مفید:** حداکثر زمانی که یک سیستم در شرایطی که تحت مراقبت و نگهداری پیمانکار بازرسی محافظت و تعمیر (IMR) قرار دارد، می تواند بهره وری مفید برای مجموعه سیستم داشته باشد.

۳-۱-۲- ارزیابی ریسک به روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن^۱

یک فرآیند استقرایی است که عمدتاً با هدف شناسایی حالات خرابی بالقوه اجزا و کارکرد ها و اتخاذ راه کار مناسب برای حذف یا تقلیل ریسک متناظر با آن استفاده می شود. در این روش سیستم کلی به اجزای کوچکتر تقسیم شده و حالات خرابی برای هر جزء به طور جداگانه بررسی و ارزیابی می شود.

مراحل ارزیابی ریسک به روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن به شرح زیر است:

- (۱) شناسایی سیستم، کارکردها و اجزای آن
- (۲) شناسایی حالات خرابی اجزاء و علل آنها
- (۳) بررسی اثرات خرابی های شناسایی شده
- (۴) بحث و نتیجه گیری و ارائه راه حل ها و پیشنهادات کنترلی و اصلاحی

(۱) شناسایی سیستم، کارکردها و اجزای آن

در این مرحله باید کارکردهای سیستم به خوبی تعریف شده و حالات عملیاتی مختلف آن مشخص شود. علاوه بر موارد یاد شده داشتن اطلاعات زیر نیز ضروری خواهد بود:

- أ) کارکردهای اصلی سیستم.
- ب) محدودیت های کارکردی سیستم با توجه به کل سیستم و هر کدام از اجزاء آن.
- ج) خصوصیات محیطی که سیستم در آن کار می کند.

(۲) شناسایی حالات خرابی اجزاء و علل آنها

در این مرحله لازم است حالات خرابی اجزاء در کلیه حالات عملیاتی سیستم مشخص شود. قابل ذکر است که حالت خرابی هر جزء بصورت اثراتی که خرابی بر اساس آن مشخص می شود تعریف می گردد. مرحله مشخص کردن حالات خرابی بایستی بطور کامل، جامع و دقیق صورت پذیرد زیرا آنالیز اصلی بر اساس آن انجام خواهد شد.

(۳) بررسی اثرات خرابی های شناسایی شده

در این مرحله اثرات هر حالت خرابی بطور قانونمند روی کارکرد سیستم و همچنین روی اجزاء آن تعیین و بررسی می شود، این اثرات با فرض اینکه تنها یک حالت خرابی وجود داشته و سایر اجزاء در حالت طبیعی کار می کنند بطور کامل تشریح می شوند. مطالعه اثرات با مدنظر قرار دادن متغیرهای مهم سیستم و تغییرات آنها آسان تر می شود. در مواقعی ممکن است مدلسازی پدیده های فیزیکی و یا دعوت از متخصصین برای مشخص کردن اثرات احتمالی تحت شرایط خاص الزامی باشد.

^۱ Failure mode and effect analysis (FMEA)

۴) بحث، نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

پس از انجام مراحل سه گانه فوق تحلیل گر سیستم قادر خواهد شد که در راستای اهداف مطالعه بحث و نتیجه گیری را انجام داده و پیشنهادات و راه حل های احتمالی را ارائه کند.

۳-۱-۳- فرآیند محاسبه عدد ریسک خرابی با روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن

موضوعات ارائه شده تا این بخش مروری بر مقدمه و تشریح روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن بود. پس از جمع آوری اطلاعات کامل از چهار مرحله ذکر شده لازم است پارامتری به نام عدد اولویت ریسک^۲ تعریف گردد که به وسیله آن رتبه بندی بین ریسک های خرابی پروژه در دوره بازگشت های مختلف صورت پذیرد.

ا) عدد اولویت ریسک

این پارامتر برای تسهیل اولویت بندی بین خرابی های مختلف از نظر شدت پیامد و احتمال وقوع سیلاب ایجاد گردیده است. به طور خلاصه برای هر خرابی در دوره بازگشت مشخص برای هر دو پارامتر شدت پیامد و احتمال وقوع اعدادی بین ۰ تا ۱۰ اختصاص داده می شود که در جدول ۱-۳ نشان داده شده است و از حاصل ضرب آن ها عدد اولویت ریسک محاسبه می گردد که هرچقدر این عدد به ۱۰۰ نزدیک تر باشد ریسک خرابی بحرانی تر است و لازم است با اولویت بیشتری نسبت به اصلاح و بررسی آن پرداخت و برعکس؛ هرچقدر این عدد، به عدد صفر نزدیک تر شود از اولویت بررسی پایین تری برخوردار است. لازم به ذکر است که عدد اولویت ریسک در روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن همان عدد ریسک محاسبه شده است و برای درک بهتر در این روش با نام عدد اولویت ریسک تعریف می شود.

معادله ۱-۳

احتمال وقوع سیلاب * شدت پیامد خرابی = عدد اولویت ریسک^۳

در ادامه به شرح نحوه ی محاسبه شدت پیامد خرابی و احتمال وقوع پرداخته می شود:

ب) شدت پیامد خرابی^۴

برای به دست آوردن شدت پیامد خرابی لازم است تا خرابی ها بر مبنای یکسری پارامتر های عددی معادل سازی شوند. به این منظور ابتدا جراحات، حوادث و خسارات موجود در خرابی ها بر اساس نظر کارفرما و خبرگان پروژه به پارامتر های کیفی شدت پیامد تبدیل شده و سپس با در نظر گرفتن معادل کمی برای هر کدام از این پارامتر ها، امتیاز شدت پیامد خرابی معادل کمی به دست می آید.

در این قسمت باید دقت شود که خرابی مورد مطالعه از همه ی جنبه های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و امنیتی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد و با در نظر گرفتن اثرات و پیامد های کامل آن خرابی، امتیاز کمی شدت پیامد خرابی اختصاص یابد.

^۲ Risk priority number (RPN)

^۳ RPN= Effect severity * Occurrence probability

^۴ Effect severity

جدول ۳-۱: شدت پیامد و معادل امتیاز کمی

شدت پیامد خرابی	امتیاز کمی
فاقد اثر	۱
خیلی کم	۲
کم	۳
کم تا متوسط	۴
متوسط	۵
متوسط به بالا	۶
زیاد	۷
بسیار زیاد	۸
کاملاً خطرناک	۹
بحرانی	۱۰

ج) احتمال وقوع^۵

احتمال وقوع در این بخش از حاصل ضرب مولفه احتمال وقوع سیلاب در مولفه‌ی احتمال وقوع خرابی به دست می‌آید. با توجه به بالا آمدن سطح آب (وقوع سیلاب با دوره بازگشت مشخص) این که خرابی اتفاق می‌افتد یا خیر موضوع پیچیده‌ای است. به این منظور فرض می‌گردد که اگر تراز آب به حد وقوع خرابی برسد آن خرابی اتفاق بیفتد و در واقع احتمال وقوع خرابی برابر ۱ قرار داده می‌شود تا در رابطه عدد اولویت ریسک بی‌اثر باشد. در نتیجه منظور از احتمال وقوع در ادامه بررسی‌ها، احتمال وقوع سیلاب است.

در ادامه به نحوه محاسبه احتمال وقوع سیلاب پرداخته می‌شود:

احتمال وقوع یک پدیده مانند سیلاب (P) در دوره‌ی زمانی عمر مفید سازه (n) عددی بین صفر تا یک است که با استفاده از معادله تجربی زیر قابل محاسبه است:

معادله ۳-۲

$$T = \frac{1}{1 - n \sqrt{1 - \frac{P}{100}}}$$

T دوره بازگشت سیلاب، n عمر مفید سازه مورد نظر و P احتمال وقوع سیلاب است.

^۵ Occurrence probability

د) مرتب سازی ریسک ها بر حسب بزرگی امتیاز ریسک

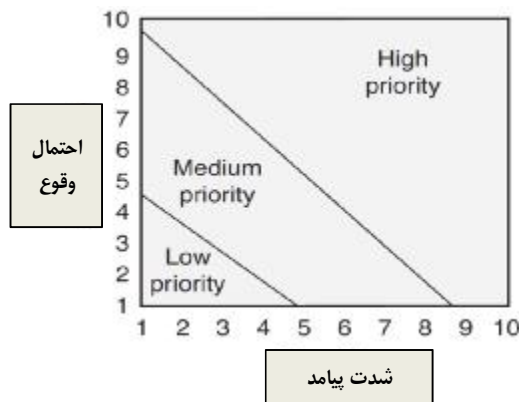
برای انجام مقایسه بین اعداد اولویت ریسک برای هر کدام از خرابی ها در دوره بازگشت مشخص، در مراجع مختلف روش‌ها و الگوهای مختلفی پیشنهاد گردیده است (AIAG, 2008).

در هر پروژه ای لازم است بررسی شود که ریسک مورد نظر از چه الگویی پیروی می کند. این الگو ها معمولا از روی نظرات کارشناسان، خبرگان و متخصصان پروژه و میزان ریسک پذیری کارفرما تعیین می گردند. به این منظور الگوهای مختلفی برای ارائه حالات ریسک کم، متوسط و زیاد پیشنهاد گردیده است. به سه مورد از الگو های ریسک که در مراجع علمی و کتاب ها به آن ها اشاره شده است در ادامه پرداخته می شود:

۱) در الگوی اول هرچه مقدار عدد RPN بالاتر باشد، مقدار ریسک بیشتری از طرف آن خرابی در دوره بازگشت مشخص، جزء مورد نظر و مجموعه سیستم را تهدید می کند و در نتیجه اولویت بیشتری برای بررسی و اصلاح دارد.

۲) الگوی دوم بر مبنای اعداد محاسبه شده شدت پیامد و احتمال وقوع است که در آن شدت پیامد های در بازه ۹ الی ۱۰ و احتمال وقوع بیشتر از ۲ را اولویت بالا در نظر می گیرد.

۳) در الگوی سوم نیز یک نمودار برای مقایسه بین ریسک ها بر حسب شدت پیامد خرابی ها و احتمال وقوع سیلاب ارائه گردیده است که در شکل ۳-۱ نمایش داده شده است.



شکل ۳-۱: رابطه بین شدت پیامد و احتمال وقوع و همچنین مناطق دارای اولویت بررسی ریسک کم، متوسط و زیاد (AIAG, 2008)

۳-۲- محاسبه و نتایج ریسک سیلاب برای جاده نمونه شماره ۱ بر اساس مطالعات هیدرولوژی ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله

۳-۲-۱- سناریو های وقوع سیلاب و تراز آب معادل هر دوره بازگشت

برای انجام محاسبات ریسک مربوط به این مبحث لازم است تا در دوره بازگشت های مختلف مقدار تراز آب ناشی از سیلاب تعیین گردد. برای تعیین تراز آب به ازای هر دوره بازگشت، گروه هیدرولوژی از آنالیز داده‌های ایستگاه های هیدرومتری و فرضیات

اولیه مربوط به وضعیت قبل از بارش استفاده می‌کند. به این شرایط مرزی که در قبل و در طول بارش در منطقه در نظر گرفته می‌شود سناریو گفته می‌شود. در این مثال از دوره بازگشت ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله استفاده شده است. محاسبات نشان می‌دهد که میانگین حالت در مجاورت جاده نمونه شماره ۱ مقدار تراز سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله به ترتیب ۵,۲۳ و ۵,۲۶ متر می‌باشد. در ادامه و در محاسبات ریسک از این دو تراز برای مشخص کردن موقعیت تراز سیلاب نسبت به جاده نمونه شماره ۱ استفاده می‌شود.

۳-۲-۲- محاسبه ریسک سیلاب برای یک جاده نمونه شماره ۱

به طور کلی برای محاسبه ریسک در ابتدا لازم است چهار گام معرفی شده به روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن برای سیستم مورد نظر پیاده شود. در این روش ابتدا سیستم اصلی به اجزای مختلفی تقسیم بندی می‌شود و هر جزئی از سیستم پس از شناسایی کارکرد ها، وظایف آن در سیستم و حالات خرابی مورد نظر به بررسی پیامدهای به وقوع پیوسته از خرابی ناشی از عامل پدید آورنده خرابی که در این مبحث سیلاب است، پرداخته می‌شود.

برای محاسبه ریسک جاده ها لازم است تا با طرح سوال و مشورت با کارشناسان این زمینه، خبرگان، مشاهده‌های میدانی و همچنین تصاویر مربوط به خرابی ناشی از سیلاب در منطقه مورد نظر لیست کاملی از خرابی ها و پیامدهای خرابی ناشی از خرابی ها را تهیه کرد. در جدول ۳-۲ لیستی از خرابی ها و پیامدهای ناشی از خرابی جاده ها در جاده نمونه شماره ۱ ارائه گردیده است.

پس از به دست آوردن خرابی ها و پیامدهای آن باید زمینه های وقوع آن خرابی مشخص گردد که به خصوصیات تراز سیلاب در منطقه مورد نظر مربوط است. برای درک بهتر لازم به ذکر است که هر خرابی در شرایط خاص مکانی و زمانی مربوط به سیلاب اتفاق می‌افتد که این شرایط به تراز آب های مختلف در دوره بازگشت های متفاوت تقسیم بندی می‌شود.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۳-۲: دسته بندی خرابی های جاده نمونه شماره ۱ و حالات حدی وقوع خرابی در تراز های مختلف سیلاب

خرابی				تراز آب نسبت به جاده		
توصیف	ردیف	دسته بندی	دوره بازگشت سیلاب	Elw(Elr=۵.۲۲)	ELW-Elr(m)	
ندارد	ندارد	بدون صدمه (اسیب)		Elw < ۴.۴۶	Elw-Elr < -۰.۷۶	۱ حداکثر یک سوم ضخامت لایه خاک بستر مستغرق است
صدمه به آسفالت ناشی از آبگرفتنی خاک بستر و از بین رفتن تراکم آن	۱۳	صدمه (اسیب) جزئی		۴.۴۶ < Elw < ۴.۷۶	-۰.۷۶ < Elw-Elr < -۰.۴۶	۲ حداکثر کل ضخامت خاک بستر مستغرق شده است
صدمه به آسفالت	۱	صدمه (اسیب) کلی	۱۰۰ ۲۰۰	Elw < ۴.۷۶ < ۵.۲۲	-۰.۴۶ < Elw-Elr < ۰	۳ حداکثر تراز آب به تراز جاده رسیده است
صدمه به اساس و زیر اساس	۲					
صدمه به شانه راه	۳					
صدمه به لایه محافظ شبرونی	۴					
صدمه به لایه خاک بستر	۵					
آبستگي لایه آسفالت	۶					
آبستگي اساس و زیراساس	۷	تخریب و خروج از خدمت	۱۰۰ ۲۰۰	Elw > ۵.۲۲	۰ < Elw-Elr	۴ روگذری اتفاق می افتد
آبستگي لایه محافظ شبرونی	۸					
آبستگي لایه خاک بستر	۹					
عدم دسترسی به موقع برای حوادث	۱۱					
خروج تولید نفت از مدار	۱۰					
گیر کردن دکل خطری	۱۲					
کورشن دید راننده وقتی ضخامت لایه آب روی جاده بیشتر از ۵ سانتیمتر باشد.	۱۳					

در ادامه احتمال وقوع ناشی از سیلاب، به کمک معادله مربوطه و با داشتن دو مقدار عمر مفید سازه و دوره بازگشت سیلاب محاسبه می گردد.

پس از تعیین خرابی ها و حالات حدی مربوط به هر خرابی، بر اساس این حالات حدی و میزان تاثیرگذاری خرابی بر کل سیستم به خرابی ها شدت پیامدی بین ۱ تا ۱۰ اختصاص داده می شود. این شدت پیامد ها با افزایش آثار و پیامدهای خرابی به عدد ۱۰ نزدیک تر و هرچه کم اثر تر و پیامد پایین تری داشته باشد به عدد ۱ نزدیک تر است. در ادامه و در جدول ۳-۳ حوزه نمره دهی شدت پیامد به خرابی ها آورده شده است:

جدول ۳-۳: محاسبه احتمال وقوع و نحوه اختصاص شدت پیامد خرابی در جاده نمونه شماره ۱ برای دوره بازگشت

سیلاب ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله

داده های جاده				POF		شدت پیامد خرابی جاده ۱													
فرض تراز جاده (متر)	عمر مفید سازه (سال)	ارتفاع آب دوره بازگشت سیلاب (سال)	ارتفاع آب (متر)	احتمال وقوع	p=10	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۵.۲۲	۲۵	۱۰۰	۵.۲۳	۰.۰۱	۰.۲۲	۴	۸	۷	۷	۷	۷	۸	۸	۸	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
۵.۲۲	۲۵	۲۰۰	۵.۲۶	۰.۰۴	۰.۱۲	۴	۸	۸	۸	۸	۸	۹	۹	۹	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

پس از اختصاص شدت پیامد ها به هر کدام از خرابی ها و با داشتن احتمال وقوع سیلاب در دوره بازگشت های مختلف می توان اعداد ریسک هر کدام از خرابی ها را محاسبه کرد. این اعداد هرچه به عدد ۱۰۰ که حاصل ضرب احتمال وقوع ۱۰ در شدت پیامد ۱۰ است نزدیکتر باشد به معنی بالا بودن ریسک تلقی می شود. پس از محاسبه اعداد ریسک خرابی، از بین اعداد ریسک های محاسبه شده ریسک های با عدد اولویت بالاتر در اولویت دستور کاری پروژه در نظر گرفته می شود و به برنامه ریزی برای کاهش ریسک های پروژه با اولویت بالاتر پرداخته می شود.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

برای نمونه در جدول ۳-۴ محاسبه اعداد ریسک انجام گردیده است. معیار ریسک بالا در این نمونه مقادیر یک سوم بالایی اعداد ریسک هستند که در آن بازه بین کوچکترین و بالاترین اعداد ریسک به سه قسمت تقسیم شده و یک سوم بالایی اعداد با رنگ قرمز به عنوان اعداد با ریسک بالا مشخص گردیده اند. اعدادی که در بازه‌ی یک سوم میانی قرار گرفته اند ریسک متوسط و با رنگ زرد، اعداد یک سوم پایین هم ریسک پایین و رنگ سبز به آن‌ها اختصاص داده شده است.

جدول ۳-۴- اعداد ریسک محاسبه شده برای جاده نمونه شماره ۱ به ازای ۱+۱۳ مورد خرابی و اختصاص سه رنگ قرمز، زرد و سبز به ترتیب برای ریسک بالا، متوسط و پایین برای دوره بازگشت سیلاب ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله

دوره بازگشت سیلاب (سال)	ریسک خرابی‌ها (pes)													
	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۱۰۰	۸.۸۹	۱۷.۷۷	۱۵.۵۵	۱۵.۵۵	۱۵.۵۵	۱۵.۵۵	۱۷.۷۷	۱۷.۷۷	۱۷.۷۷	۱۷.۷۷	۲۰.۰۰	۲۲.۲۲	۲۲.۲۲	۲۲.۲۲
۲۰۰	۴.۷۱	۹.۴۲	۹.۴۲	۹.۴۲	۹.۴۲	۹.۴۲	۱۰.۶۰	۱۰.۶۰	۱۰.۶۰	۱۰.۶۰	۱۱.۷۸	۱۱.۷۸	۱۱.۷۸	۱۱.۷۸

۳-۲-۳- نتایج محاسبه ریسک سیلاب برای جاده نمونه شماره ۱ برای دوره بازگشت سیلاب ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله

هدف از نتایج محاسبات ریسک، شرح اعداد ریسک خروجی حاصل از آن است. خروجی محاسبات ریسک سیلاب برای جاده نمونه شماره ۱ در جدول ۳-۴ گزارش شده است. در این جدول تفاضل بیشترین و کمترین اعداد ریسک در جاده نمونه شماره ۱ برای دو دوره بازگشت سیلاب به سه قسمت مساوی تقسیم شده است و مقادیر یک سوم پایینی به رنگ سبز و به معنای ریسک پایین، مقادیر یک سوم میانی به رنگ زرد و به معنای ریسک متوسط و یک سوم بالایی به رنگ قرمز و به معنای ریسک بالا تلقی می‌شود.

۱) به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، اعداد ریسک با درصد بالاتر از ۱۶,۳۸٪، در قسمت یک سوم بالایی قرار دارند و به معنای ریسک بالای این سیلاب و اولویت بررسی بیشتر این دوره بازگشت در جاده نمونه شماره ۱ می باشد.

۲) به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله، اعداد ریسک سیلاب در محدوده ریسک متوسط قرار دارد و این به معنی اولویت بیشتر بررسی سیلاب ۱۰۰ ساله نسبت به سیلاب ۲۰۰ ساله است؛ زیرا در هر دو سیلاب ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله خرابی در دسته‌بندی تخریب و خروج از خدمت قرار دارد و عامل کنترل کننده احتمال وقوع سیلاب می باشد. به دلیل بالا بودن احتمال وقوع سیلاب ۱۰۰ ساله نسبت به سیلاب ۲۰۰ ساله، اعداد ریسک محاسبه شده نیز در سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله بیشتر از سیلاب ۲۰۰ ساله به دست آمد.

۳-۲-۴- ریسک ناشی از سیلاب بر خطوط لوله

با توجه به این که در این پروژه عبور خطوط لوله از روش اول، دوم و سوم پیشنهاد می‌گردد، لازم است ریسک مرتبط با وقوع سیلاب بر این سه گزینه پیشنهادی بررسی گردد. در این سه روش عبور خطوط لوله موازی جاده به دلیل هم تراز بودن خط لوله و سطح جاده در صورت وقوع خرابی ناشی از سیلاب در جاده، خط لوله نیز آسیب می‌بیند. لذا ریسک خطوط لوله و جاده ناشی

از سیلاب با توجه به این سه روش انتقال به یکدیگر نزدیک هستند و ریسک محاسبه شده از جاده ها برای خطوط لوله نیز می تواند بسط داده شود.

۳-۳- محاسبه ریسک سیلاب برای جاده نمونه شماره ۱ و جاده نمونه شماره ۲ بر اساس دوره بازگشت سیلاب ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

۳-۳-۱- ریسک جاده شماره ۱ با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

به طور کلی برای محاسبه ریسک در ابتدا لازم است چهار گام به روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن برای سیستم مورد نظر پیاده شود. در این روش ابتدا سیستم اصلی به اجزای مختلفی تقسیم بندی می شود و هر جزئی از سیستم پس از شناسایی کارکرد ها، وظایف آن در سیستم و حالات خرابی مورد نظر به بررسی پیامدهای به وقوع پیوسته از خرابی ناشی از عامل پدید آورنده خرابی که در این مبحث سیلاب است، پرداخته می شود.

برای محاسبه ریسک جاده ها لازم است تا با طرح سوال و مشورت با کارشناسان این زمینه، خبرگان، مشاهده های میدانی و همچنین تصاویر مربوط به خرابی ناشی از سیلاب در منطقه مورد نظر لیست کاملی از خرابی ها و پیامدهای خرابی ناشی از خرابی ها را تهیه کرد. در جدول ۳-۵ لیستی از خرابی ها و پیامدهای ناشی از خرابی جاده ها در جاده نمونه شماره ۱ ارائه گردیده است.

پس از به دست آوردن خرابی ها و پیامدهای آن باید زمینه های وقوع آن خرابی مشخص گردد که به خصوصیات تراز سیلاب در منطقه مورد نظر مربوط است. برای درک بهتر لازم است ذکر شود که هر خرابی در شرایط خاص مکانی و زمانی مربوط به سیلاب اتفاق می افتد که این شرایط به تراز آب های مختلف در دوره بازگشت های متفاوت تقسیم بندی می شود.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۳-۵: دسته بندی خرابی های جاده نمونه شماره ۱ با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله و حالات حدی وقوع خرابی در

تراز های مختلف سیلاب

خرابی			تراز آب نسبت به جاده	
توصیف	ردیف	دسته بندی	Elw (Elr=۵.۲۲)	ELW-Elr(m)
ندارد	ندارد	بدون صدمه (آسیب)	Elw < ۴.۴۶	ELW-Elr < -۰.۷۶ حداکثر یک سوم ضخامت لایه خاک بستر مستغرق است
صدمه به آسفالت ناشی از آبرفتگی خاک بستر و از بین رفتن تراکم آن	۱	صدمه (آسیب) جزئی	۴.۴۶ < Elw < ۴.۷۶	-۰.۷۶ < ELW-ELr < -۰.۴۶ حداکثر کل ضخامت خاک بستر مستغرق شده است
صدمه به آسفالت	۱	صدمه (آسیب) کلی	۴.۷۶ < Elw < ۵.۲۲	۰ < ELW-ELr < -۰.۴۶ حداکثر تراز آب به تراز جاده رسیده است
صدمه به اساس و زیر اساس	۲			
صدمه به شانه راه	۳			
صدمه به لایه محافظ شیروانی	۴			
صدمه به لایه خاک بستر	۵			
آبستگی لایه آسفالت	۶	تخریب و خروج از خدمت	Elw > ۵.۲۲	. < Elw-Elr روگذری اتفاق می افتد
آبستگی اساس و زیراساس	۷			
آبستگی لایه محافظ شیروانی	۸			
آبستگی لایه خاک بستر	۹			
عدم دسترسی به موقع برای حوادث	۱۱			
خروج تولید نفت از مدار	۱۰			
گیر کردن دکل حفاری	۱۲			
کورشدن دید راننده وقتی ضخامت لایه آب روی جاده بیشتر از ۵ سانتیمتر باشد.	۱۳			

در ادامه احتمال وقوع ناشی از سیلاب، با معادله مربوطه، با داشتن دو مقدار عمر مفید سازه و دوره بازگشت سیلاب محاسبه می گردد.

پس از تعیین خرابی ها و حالات حدی مربوط به هر خرابی، بر اساس این حالات حدی و میزان تاثیرگذاری خرابی بر کل سیستم به خرابی ها شدت پیامدی بین ۱ تا ۱۰ اختصاص داده می شود. این شدت پیامد ها با افزایش آثار و پیامدهای خرابی به عدد ۱۰ نزدیک تر و هرچه کم اثر تر و پیامد پایین تری داشته باشد به عدد ۱ نزدیک تر است. در ادامه و در جدول ۳-۶ نحوه نمره دهی شدت پیامد به خرابی ها آورده شده است:

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۳-۶: محاسبه احتمال وقوع و نحوه اختصاص شدت پیامد خرابی در جاده نمونه شماره ۱ با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

داده های جاده				POF		شدت پیامد خرابی جاده															
فرض تراز جاده (متر)	عمر مفید سازه (سال)	دوره بازگشت سیلاب (سال)	ارتفاع آب (متر)	ارتفاع آب نسبت به سطح جاده (متر)	احتمال وقوع	$P=10$	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	
۵.۲۲	۲۵	۲	۳.۰۰	-۲.۲۲	۱	۱۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۵.۲۲	۲۵	۱۰	۴.۰۰	-۱.۲۲	۰.۹۳	۹.۲۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۵.۲۲	۲۵	۲۵	۴.۹۵	-۰.۲۷	۰.۹۳	۹.۲۸	۴	۶	۵	۴	۲	۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۴	۱	۱
۵.۲۲	۲۵	۵۰	۵.۲۴	۰.۰۲	۰.۶۴	۶.۴۰	۴	۶۵۰	۵۵۰	۴۵۰	۵	۴	۴	۳۵۰	۴	۳	۹	۹	۸	۳	۳
۵.۲۲	۲۵	۱۰۰	۵.۵۱	-۰.۲۹	۰.۴۰	۳.۹۷	۴	۷	۶	۵	۶۵۰	۵	۸	۷	۸	۸	۹	۹	۸	۸	۸
۵.۲۲	۲۵	۲۰۰	۵.۵۷	-۰.۳۵	۰.۲۲	۲.۲۲	۴	۷۵۰	۶۵۰	۶	۷	۷	۸	۷	۸	۸	۹	۹	۸۵۰	۸	۸
۵.۲۲	۲۵	۳۰۰	۵.۶۰	-۰.۳۸	۰.۱۲	۱.۱۸	۴	۸	۷	۶	۸	۷	۸	۸	۸۵۰	۸۵۰	۹	۹	۸۵۰	۸	۸
۵.۲۲	۲۵	۵۰۰	۵.۶۳	-۰.۴۱	۰.۰۵	۰.۴۹	۴	۸	۷۵۰	۶	۸	۸	۸	۸	۸۵۰	۸۵۰	۹	۹	۸۵۰	۸	۸
۵.۲۲	۲۵	۱۰۰۰	۵.۶۷	-۰.۴۵	۰.۰۲	۰.۳۵	۴	۸	۸	۶	۸	۸	۸	۸	۸۵۰	۸۵۰	۹	۹	۸۵۰	۸	۸

پس از اختصاص شدت پیامد ها به هر کدام از خرابی ها و با داشتن احتمال وقوع سیلاب در دوره بازگشت های مختلف می توان اعداد ریسک هر کدام از خرابی ها را محاسبه کرد. این اعداد هرچه به عدد ۱۰۰ که حاصل ضرب احتمال وقوع ۱۰ در شدت پیامد ۱۰ است نزدیکتر باشد به معنی بالا بودن ریسک تلقی می شود. پس از محاسبه ریسک خرابی هر یک از خرابی ها بر اساس معیار ریسک کارفرما، از بین ریسک های محاسبه شده ریسک های با عدد اولویت بالاتر در اولویت دستور کاری پروژه در نظر گرفته می شود و به برنامه ریزی برای کاهش ریسک های پروژه با اولویت بالاتر پرداخته می شود.

برای نمونه در جدول ۳-۷ یک نمونه محاسبه ریسک انجام گردیده است. معیار ریسک بالا در این نمونه مقادیر یک سوم بالایی اعداد ریسک هستند که بازه بین کوچکترین و بالاترین اعداد ریسک به سه قسمت تقسیم شده و یک سوم بالایی اعداد با رنگ قرمز به عنوان اعداد با ریسک بالا مشخص گردیده اند. اعدادی که در بازه یک سوم میانی قرار گرفته اند ریسک متوسط و با رنگ زرد، اعداد یک سوم پایین هم ریسک پایین و رنگ سبز به آن ها اختصاص داده شده است.

جدول ۳-۷: اعداد ریسک محاسبه شده برای جاده اصلی به ازای ۱+۱۳ مورد خرابی و اختصاص سه رنگ قرمز، زرد و سبز به ترتیب برای ریسک بالا، متوسط و پایین برای جاده نمونه ۱ برای دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

دوره بازگشت سیلاب (سال)	ریسک خرابی ها (P=10)													
	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۲	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۱۰	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸
۲۵	۳۷.۱۳	۵۵.۶۹	۴۶.۴۱	۳۷.۱۳	۱۸.۵۶	۲۷.۸۵	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۳۷.۱۳	۹.۲۸
۵۰	۲۵.۵۸	۴۱.۵۷	۳۵.۱۸	۲۸.۷۸	۳۱.۹۸	۲۵.۵۸	۲۵.۵۸	۲۲.۳۹	۲۵.۵۸	۱۹.۱۹	۵۷.۵۶	۵۷.۵۶	۵۱.۱۷	۱۹.۱۹
۱۰۰	۱۵.۶۶	۱۷.۷۶	۲۳.۷۹	۱۹.۸۳	۲۵.۷۷	۱۹.۸۳	۳۱.۷۲	۲۷.۷۶	۳۱.۷۲	۳۱.۷۲	۲۵.۶۹	۳۵.۶۹	۳۱.۷۲	۳۱.۷۲
۲۰۰	۸.۸۹	۱۶.۶۶	۱۴.۴۴	۱۳.۳۳	۱۵.۵۵	۱۵.۵۵	۱۷.۷۷	۱۵.۵۵	۱۷.۷۷	۱۷.۷۷	۲۰.۰۰	۲۰.۰۰	۱۸.۸۹	۱۷.۷۷
۳۰۰	۴.۷۱	۹.۴۲	۸.۲۴	۷.۰۷	۹.۴۲	۸.۲۴	۹.۴۲	۹.۴۲	۹.۴۲	۱۰.۰۱	۱۰.۰۱	۱۰.۶۰	۱۰.۰۱	۹.۴۲
۵۰۰	۱.۹۵	۳.۹۱	۳.۶۶	۲.۹۳	۳.۹۱	۳.۹۱	۳.۹۱	۳.۹۱	۳.۹۱	۴.۱۵	۴.۱۵	۴.۳۹	۴.۱۵	۳.۹۱
۱۰۰۰	۰.۹۹	۱.۹۸	۱.۹۸	۱.۴۸	۱.۹۸	۱.۹۸	۱.۹۸	۱.۹۸	۱.۹۸	۲.۱۰	۲.۱۰	۲.۲۲	۲.۱۰	۱.۹۸

۳-۳-۲- ریسک جاده شماره ۲ با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

با توجه به موقعیت جاده نمونه شماره ۲ و تراز آب به ازای سیلاب با دوره بازگشت های مختلف ۲ تا ۱۰۰۰ ساله دسته بندی هر یک از خرابی ها را می توان مشخص کرد. در جدول ۳-۸ این دسته بندی ها به ازای سیلاب با دوره بازگشت های مختلف مشخص شده است. در جدول ۳-۹ فهرستی از خرابی ها و پیامد های ناشی از خرابی جاده ها در جاده نمونه شماره ۲ ارائه گردیده است.

جدول ۳-۸: دسته بندی خرابی های جاده نمونه شماره ۲ و حالات حدی وقوع خرابی در تراز های مختلف سیلاب در دروه بازگشتی سیلاب ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

خرابی			تراز آب نسبت به جاده شطء			
توصیف	ردیف	دسته بندی	دوره بازگشت سیلاب	Elw (Elr=۵.۵۲)	ELW-Elr(m)	
ندارد	ندارد	بدون صدمه (آسیب)		Elw < ۴.۷۶	Elw-Elr < -۰.۷۶ حداکثر یک سوم ضخامت لایه خاک بستر مستغرق است	۱
صدمه به آسفالت ناشی از آبرفتگی خاک بستر و از بین رفتن تراکم آن	۱*	صدمه (آسیب) جزئی	۲۵	۴.۷۶ < Elw < ۵.۰۶	-۰.۷۶ < ELW-ELr < -۰.۴۶ حداکثر کل ضخامت خاک بستر مستغرق شده است	۲
صدمه به آسفالت	۱	صدمه (آسیب) کلی	۵۰ ۱۰۰	۵.۰۶ < Elw < ۵.۵۲	-۰.۴۶ < ELW-ELr < ۰ حداکثر تراز آب به تراز جاده رسیده است	۳
صدمه به اساس و زیر اساس	۲					
صدمه به شانه راه	۳					
صدمه به لایه محافظ شیروانی	۴					
صدمه به لایه خاک بستر	۵					
آبشستگی لایه آسفالت	۶	تخریب و خروج از خدمت	۲۰۰ ۳۰۰ ۵۰۰	Elw > ۵.۵۲	. < Elw-Elr روگذری اتفاق می افتد	۴
آبشستگی اساس و زیراساس	۷					
آبشستگی لایه محافظ شیروانی	۸					
آبشستگی لایه خاک بستر	۹					
عدم دسترسی به موقع برای حوادث	۱۱					
خروج تولید نفت از مدار	۱۰					
گیر کردن دکل حفاری	۱۲					
کورشدن دید راننده وقتی ضخامت لایه آب روی جاده بیشتر از ۵ سانتیمتر باشد.	۱۳					

در ادامه و با توجه به دسته بندی هر کدام از دوره بازگشت ها مقادیر شدت پیامد ها اختصاص داده می شود. جدول ۳-۹ شدت پیامدها و نیز احتمال وقوع سیلاب به ازای دوره بازگشت های مختلف برای جاده شط علی را گزارش می دهد.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۳-۹: محاسبه احتمال وقوع و نحوه اختصاص شدت پیامد خرابی در جاده نمونه شماره ۲ در دوره بازگشت سیلاب ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

داده های جاده				POF		شدت پیامد خرابی جاده شط علی															
فرض تراز جاده (متر)	عمر مفید سازه (سال)	دوره بازگشت سیلاب (سال)	ارتفاع آب (متر)	ارتفاع آب نسبت به سطح جاده (متر)	احتمال وقوع	pe10	۱'	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	
۵.۵۲	۲۵	۲	۳.۰۰	-۲.۵۲	۱	۱۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۵.۵۲	۲۵	۱۰	۴.۰۰	-۱.۵۲	۰.۹۲	۹.۲۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۵.۵۲	۲۵	۲۵	۴.۹۵	-۰.۵۷	۰.۹۲	۹.۲۸	۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۵.۵۲	۲۵	۵۰	۵.۲۴	-۰.۲۸	۰.۶۴	۶.۴۰	۴	۷.۵	۶.۵	۶.۰	۶.۵	۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۵.۵۲	۲۵	۱۰۰	۵.۵۱	-۰.۰۱	۰.۴۰	۳.۹۷	۴	۷.۵	۶.۵	۶	۶.۵	۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۵.۵۲	۲۵	۲۰۰	۵.۵۷	۰.۰۵	۰.۲۲	۲.۲۲	۴	۷.۵	۶.۵	۶	۶.۵	۷	۸	۷	۸	۸	۹	۹	۸	۷.۵	۷.۵
۵.۵۲	۲۵	۳۰۰	۵.۶۰	۰.۰۸	۰.۱۲	۱.۱۸	۴	۸	۷	۶	۶.۵	۷	۸	۸	۸.۵	۸	۹	۹	۸	۷.۵	۷.۵
۵.۵۲	۲۵	۵۰۰	۵.۶۳	۰.۱۱	۰.۰۵	۰.۴۹	۴	۸	۷.۵	۶	۶.۵	۷	۸	۸	۸.۵	۸.۵	۹	۹	۸	۷.۵	۷.۵
۵.۵۲	۲۵	۱۰۰۰	۵.۶۷	۰.۱۵	۰.۰۲	۰.۲۵	۴	۸	۸	۶	۶.۵	۷	۸	۸	۸.۵	۸.۵	۹	۹	۸	۷.۵	۷.۵

در نهایت و با ضرب مقادیر شدت پیامد در احتمال وقوع به ازای سیلاب با دوره بازگشت های مختلف مقادیر اعداد ریسک محاسبه می شود. در جدول ۳-۱۰ اعداد ریسک به ازای هر خرابی و دوره بازگشت سیلاب محاسبه شده است. تفاضل بزرگترین عدد جاده نمونه شماره ۱ و نمونه شماره ۲ از کوچکترین عدد ریسک این دو جاده محاسبه می شود و این بازه به سه قسمت مساوی تقسیم می گردد. در این بازه یک سوم بالایی اعداد ریسک به رنگ قرمز و با ریسک بالا، یک سوم میانی با رنگ زرد و ریسک متوسط و یک سوم پایینی با رنگ سبز و به معنای ریسک پایین تعیین گردیده است.

جدول ۳-۱۰: اعداد ریسک محاسبه شده برای جاده نمونه شماره ۲ به ازای ۱+۱۳ مورد خرابی و اختصاص سه رنگ قرمز، زرد و سبز به ترتیب برای ریسک بالا، متوسط و پایین برای دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

دوره بازگشت سیلاب (سال)	ریسک خرابی ها (PeS)													
	۱'	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۲	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۱۰	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸
۲۵	۳۷.۱۳	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸	۹.۲۸
۵۰	۲۵.۵۸	۴۷.۹۷	۴۱.۵۷	۳۸.۳۸	۴۱.۵۷	۴۴.۷۷	۶.۴۰	۶.۴۰	۶.۴۰	۶.۴۰	۶.۴۰	۶.۴۰	۶.۴۰	۶.۴۰
۱۰۰	۱۵.۸۶	۲۹.۷۴	۲۵.۷۷	۲۳.۷۹	۲۵.۷۷	۲۷.۷۶	۳.۹۷	۳.۹۷	۳.۹۷	۳.۹۷	۳.۹۷	۳.۹۷	۳.۹۷	۳.۹۷
۲۰۰	۸.۸۹	۱۶.۶۶	۱۴.۴۴	۱۳.۳۳	۱۴.۴۴	۱۵.۵۵	۱۷.۷۷	۱۵.۵۵	۱۷.۷۷	۱۷.۷۷	۲۰.۰۰	۲۰.۰۰	۱۷.۷۷	۱۶.۶۶
۳۰۰	۴.۷۱	۹.۴۲	۸.۲۴	۷.۰۷	۷.۶۶	۸.۳۴	۹.۴۲	۹.۴۲	۱۰.۰۱	۹.۴۲	۱۰.۶۰	۱۰.۶۰	۹.۴۲	۸.۸۳
۵۰۰	۱.۹۵	۳.۹۱	۳.۶۶	۲.۹۳	۳.۱۷	۳.۴۲	۳.۹۱	۳.۹۱	۴.۱۵	۴.۱۵	۴.۳۹	۴.۳۹	۳.۹۱	۳.۶۶
۱۰۰۰	۰.۹۹	۱.۹۸	۱.۹۸	۱.۴۸	۱.۶۱	۱.۷۳	۱.۹۸	۱.۹۸	۲.۱۰	۲.۱۰	۲.۲۲	۲.۲۲	۱.۹۸	۱.۹۵

۳-۳-۳- نتایج محاسبات ریسک جاده های نمونه های شماره های ۱ و ۲ بر اساس سیلاب با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

هدف از نتایج محاسبات ریسک شرح اعداد ریسک خروجی حاصل از آن است. خروجی محاسبات ریسک سیلاب برای جاده ها در جدول های ۳-۷ و ۳-۱۰ گزارش شده است. در این جدول ها تفاضل بیشترین و کمترین اعداد ریسک در دو جاده نمونه شماره ۱ و نمونه شماره ۲ به سه قسمت مساوی تقسیم شده است و مقادیر یک سوم پایینی به رنگ سبز و به معنای ریسک پایین، مقادیر یک سوم میانی به رنگ زرد و به معنای ریسک متوسط و یک سوم بالایی به رنگ قرمز و به معنای ریسک بالا تلقی می شود.

الف- جاده نمونه شماره ۱

- (۱) در جاده اکتشافات شمالی با توجه به خروجی اعداد ریسک به دلیل وجود ریسک بالا در دوره بازگشت‌های ۲۵ ساله و ۵۰ ساله با اعداد ریسک در محدوده ۴۱٪ تا ۵۷٪، نیاز به بررسی‌های مرتبط با کاهش ریسک است. به این منظور و برای کاهش عدد ریسک لازم است تا یکی از پارامترهای احتمال وقوع سیلاب یا شدت پیامد ناشی از خرابی کاهش یابد. به دلیل عدم امکان کاهش احتمال وقوع سیلاب، لازم است شدت پیامد خرابی ناشی از سیلاب کاهش یابد. شدت پیامد خرابی از طریق مقایسه تراز آب و جاده مشخص می‌گردد. لذا برای کاهش شدت پیامد خرابی لازم است تا تراز جاده در صورت ساخت با دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله افزایش یابد.
- (۲) سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲ ساله و ۱۰ ساله احتمال وقوع‌های بالایی دارند ولی به دلیل شدت پیامد کم و قرارگرفتن در ناحیه بدون آسیب، ریسک پایینی را به خود اختصاص داده‌اند. حداکثر اعداد ریسک در این دوره بازگشت‌ها، برابر ۱۰٪ است.
- (۳) در سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ ساله اعداد ریسک بالایی وجود دارد که نشان دهنده اهمیت بالای این دوره‌های بازگشت به ازای عمر مفید ۲۵ ساله جاده است. حداکثر اعداد ریسک در این دوره بازگشت‌ها برابر ۵۷٪ است.
- (۴) به ازای دوره بازگشت‌های ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله ریسک متوسط ایجاد شد. حداکثر اعداد ریسک در این دوره بازگشت‌ها برابر ۳۷٪ است.
- (۵) در دوره بازگشت‌های ۳۰۰ و ۵۰۰ ساله اعداد ریسک پایینی مشاهده می‌شود. احتمال وقوع پایین در این دوره بازگشت‌ها در بازه عمر مفید جاده موردنظر، علت پایین بودن این اعداد ریسک است. حداکثر اعداد ریسک در این دوره بازگشت‌ها برابر ۱۰٪ است.
- (۶) در جاده نمونه شماره ۱ خرابی‌های دسته بندی تخریب و خروج از خدمت و همچنین آسیب کلی در محدوده ریسک بالا قرار دارند و نیازمند بررسی برای کاهش ریسک است.
- (۷) تراز جاده نمونه شماره ۱ ۵/۲۲ متر و تراز سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله ۵/۲۴ متر است. جاده نمونه شماره ۱ در سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله، روگذری ۲ سانتی متری از جاده را دارا است. به همین علت خرابی‌هایی که روگذری در جاده ایجاد می‌کند در اعداد ریسک جدول ۸ قابل مشاهده است. در صورت افزایش تراز جاده، روگذری در سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله اتفاق نمی‌افتد و در نتیجه دسته‌بندی خرابی تغییر می‌کند. در تراز فعلی جاده دسته‌بندی خرابی در بالاترین حد یعنی دسته‌بندی تخریب و خروج از خدمت قرار داد، ولی اگر تراز جاده به مقدار ۲ سانتی متر افزایش یابد وارد دسته‌بندی خرابی آسیب کلی می‌گردد. در صورت افزایش بیشتر تراز جاده شدت پیامدهای اختصاص یافته کاهش می‌یابد و در نتیجه اعداد ریسک نیز کوچکتر می‌شوند.

ب- جاده نمونه شماره ۲

- (۱) در جاده نمونه شماره ۲ با توجه به خروجی اعداد ریسک به دلیل وجود ریسک بالا در دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ ساله با اعداد ریسک در محدوده ۳۷٪ تا ۴۷٪، نیاز به بررسی‌های مرتبط با کاهش ریسک است. به این منظور و برای کاهش عدد ریسک لازم است تا یکی از پارامترهای احتمال وقوع سیلاب یا شدت پیامد ناشی از خرابی کاهش یابد. به دلیل عدم امکان کاهش احتمال وقوع سیلاب، لازم است شدت پیامد خرابی ناشی از سیلاب کاهش یابد. شدت پیامد خرابی

از طریق مقایسه تراز آب و جاده مشخص می‌گردد. لذا برای کاهش شدت پیامد خرابی لازم است تا تراز جاده افزایش یابد.

۲) سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲ ساله و ۱۰ ساله احتمال وقوع‌های بالایی دارند ولی به دلیل شدت پیامد کم و قرار گرفتن در ناحیه بدون آسیب، ریسک پایینی را به خود اختصاص داده‌اند. حداکثر اعداد ریسک در این دوره بازگشت ها، برابر ۱۰٪ است.

۳) در سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ ساله اعداد ریسک بالایی وجود دارد که نشان دهنده اهمیت بالای این دوره‌های بازگشت به ازای عمر مفید ۲۵ ساله جاده است. حداکثر اعداد ریسک در این دوره بازگشت ها برابر ۴۷٪ است.

۴) به ازای دوره بازگشت‌های ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله ریسک متوسط ایجاد شد. حداکثر اعداد ریسک در این دوره بازگشت ها برابر ۲۹٪ است.

۵) در دوره بازگشت‌های ۳۰۰ و ۵۰۰ ساله اعداد ریسک پایینی مشاهده می‌شود. احتمال وقوع پایین در این دوره بازگشت ها در بازه عمر مفید جاده موردنظر، علت پایین بودن این اعداد ریسک است. حداکثر اعداد ریسک در این دوره بازگشت ها برابر ۱۰٪ است.

۶) در جاده نمونه شماره ۲ خرابی‌های دسته بندی آسیب کلی در سیلاب ۵۰ ساله و همچنین آسیب جزئی در سیلاب ۲۵ ساله در محدوده ریسک بالا قرار دارند و نیازمند بررسی برای کاهش ریسک است.

۷) تراز جاده شطعلی ۵,۵۲ متر و تراز سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله ۵,۲۴ متر است. جاده شطعلی در سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله، در محدوده آسیب کلی قرار دارد و لذا خرابی‌های مربوط به ردیف ۱ تا ۵ در این دوره بازگشت اتفاق می‌افتد. در صورت ترفیع جاده به مقدار ۱۸ سانتی‌متر، دسته بندی خرابی در محدوده آسیب جزئی قرار می‌گیرد و اگر این جاده ۴۸ سانتی متر ترفیع یابد در دسته بدون آسیب قرار در سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله قرار می‌گیرد.

۳-۴- نحوه محاسبه دوره بازگشت سیلاب طرح به کمک نشریه شماره ۳۱۶ سازمان برنامه و بودجه

در نشریه شماره ۳۱۶ سازمان برنامه م بودجه کشور، با عنوان راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه، سه روش برای محاسبه دوره بازگشت سیلاب طرح در محیط‌های رودخانه‌ای پیشنهاد گردیده است. به کمک این سه روش می‌توان دوره بازگشت سیلاب طراحی را محاسبه نمود. در ادامه به بررسی این سه روش پرداخته می‌شود:

۱) تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح بر اساس تحلیل اقتصادی

۲) تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح بر اساس تحلیل خطرپذیری

۳) تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح بر اساس ملاحظات اجتماعی

در برخی از کشورها، بر اساس تجربه‌های به دست آمده از تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح بر اساس تحلیل اقتصادی در پروژه‌های مختلف و نیز ملاحظات اجتماعی و اقتصادی، جدول‌هایی نیز پیشنهاد شده است. البته باید توجه نمود که وجود چنین جدول‌هایی لزوم تحلیل‌های مختلف برای تعیین دوره بازگشت سیلاب طرح را نفی نکرده است. هرکدام از این روش‌ها در نشریه ۳۱۶ به طور کامل شرح گردیده است.

۳-۵- شرح مشخصات فنی و حفاظت در برابر خوردگی خطوط لوله

شایان ذکر است خوردگی و تعیین جنس خط لوله بحثی تخصصی است که در طراحی خط لوله باید در نظر گرفته شود که روش طراحی آن خارج از مبحث این ضابطه می‌باشد به گونه‌ای که استانداردهای جامعی برای مبحث خوردگی لوله‌های در خشکی، لوله‌های در معرض آب مانند (sea line) وجود دارد که رعایت آن‌ها در مباحث طراحی خط لوله در استانداردهای مرتبط آورده شده است لیکن استانداردهای مرتبط مانند ASME و DNV و غیره مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه برای شرح این بند توضیحاتی به صورت ترجمه مستقیم از استاندارد ASME B31.4 برای نمونه‌ای از بررسی‌های انجام شده آورده می‌شود:

۳-۵-۱- پوشش محافظ خوردگی

(۱) آماده سازی سطح باید با پوشش مورد استفاده سازگار باشد. سطح لوله باید عاری از مواد مضر مانند زنگ زدگی، رسوب، رطوبت، خاک، روغن، لاک و لاک باشد. سطح باید از نظر بی نظمی‌هایی که ممکن است از روی پوشش بیرون بزند، بررسی شود. هر گونه بی نظمی باید حذف شود. اطلاعات بیشتر را می‌توان از استانداردهای آماده سازی سطح مشترک NACE/SSPC بدست آورد.

(۲) پوشش‌های مناسب، از جمله پوشش‌های مفاصل و پوشش‌های وصله‌ای سازگار، باید با توجه به جابجایی، حمل و نقل، ذخیره‌سازی، ویژگی‌های چسبندگی، قدرت دی الکتریک، شرایط نصب، جذب رطوبت، دمای عملیاتی خط لوله، عوامل محیطی (از جمله ماهیت خاک یا آب در تماس با آن) انتخاب شوند. اطلاعات بیشتر را می‌توان از استانداردهای NACE SP 0185, SP0188, SP 0198, SP 0274, RP 0303, SP 0375, RP 0399, RP 0402, SP 0490 و RP 06 به دست آورد.

(۳) پوشش‌ها باید به گونه‌ای اعمال شوند که چسبندگی موثر به لوله را تضمین کند. از ایجاد فضای خالی، چین و چروک و گیر افتادن گاز باید اجتناب شود. در محیط‌های صخره‌ای، استفاده از پوشش محافظ بیرونی، پس‌پوش انتخابی، یا سایر اقدامات مناسب باید برای به حداقل رساندن آسیب فیزیکی به پوشش در نظر گرفته شود. باید توجه داشت که پوشش اضافی یا سایر محافظت‌ها از پوشش‌های موجود در انبار که مستعد تخریب UV هستند، ارائه شود.

(۴) پوشش باید به صورت بصری از نظر نقص قبل از پایین آوردن لوله در خندق بررسی شود. پوشش‌های عایق روی لوله‌ها و خطوط لوله باید همیشه با مناسب‌ترین روش بازرسی شوند. عیوب پوشش یا آسیبی که ممکن است کنترل موثر خوردگی را مختل کند باید قبل از نصب لوله در گودال تعمیر شوند. اطلاعات بیشتر را می‌توان از NACE SP 0490 دریافت کرد.

در جابجایی، ذخیره سازی، و نصب باید دقت شود تا از آسیب به پوشش جلوگیری شود.

کلیه خطوط لوله جدید مدفون یا مستغرق و پایانه‌ها و لوله‌کشی‌های ایستگاه پمپاژ مربوطه، به استثنای مواردی که طبق بند مجاز ۳، ۱، ۴۶۱ و بخش ۴۶۶، باید پوشش خارجی داشته باشند و به صورت کاتدی محافظت شوند، مگر اینکه با آزمایش یا تجربه ثابت شود که مواد در محیطی که در آن نصب شده‌اند در برابر خوردگی مقاوم هستند. هنگام انتخاب مواد پوشش، باید به حمل و نقل، ذخیره، شرایط نصب، و شرایط محیط خدمات و حفاظت کاتدی توجه شود. بررسی داده‌های خوردگی، منتشر شده توسط انجمن ملی مهندسی خوردگی بین‌المللی (NACE)، منبع اطلاعاتی در مورد عملکرد مواد در محیط‌های خورنده است.

۳-۵-۲- الزامات پوشش

۳-۵-۲-۱- انواع پوشش های محافظ

- ۱) پوشش قیری^۶ و قطران
- ۲) پوشش های سه لایه پلی اتیلن و پلی پروپیلن^۷
- ۳) پوشش اپوکسی چسبیده به روش مذاب^۸ (پیوند همجوشی)
- ۴) سامانه پوشش نوار پلاستیکی^۹
- ۵) سامانه های پوشش پلی اورتان فاقد حلال^{۱۰}
- ۶) سامانه پوشش پترولتم یا موم^{۱۱}
- ۷) بتن^{۱۲}
- ۸) پوشش خطوط لوله در بستر دریا^{۱۳}

۳-۵-۳- الزامات حفاظت کاتدی

همه خطوط لوله مدفون یا مستغرق با پوشش های محافظ، به استثنای تاسیسات نصب شده برای عمر مفید، پس از نصب، باید به محض اینکه امکان پذیر باشد، از نظر کاتدی محافظت شوند، سیستم های حفاظتی کاتدی باید به گونه ای طراحی شوند که از خط لوله مدفون یا غوطه ور به طور کامل محافظت کنند. برای حفاظت کاتدیک به استانداردهای NACE SP 0169-2007 ، ASME B31.4 و نشریه ۳۱۱ سازمان برنامه و بودجه و سایر استانداردهای معتبر مراجعه شود.

۳-۶- جنس خط لوله فولادی

در خطوط لوله فولادی خوردگی به دو بخش داخلی و خارجی تقسیم می شود که خوردگی داخلی ناشی از سیال عبوری، تعیین کننده جنس خط لوله است و خوردگی خارجی تاثیر کمتری بر انتخاب جنس خط لوله دارد. به طوری که در کتاب ها و آیین نامه های مختلف جنس خطوط لوله ابتدا بر اساس ویژگی های سیال مورد نظر طراحی و سپس برای مقابله با خوردگی خارجی و شرایط بیرونی از روش های مختلف محافظت و پوشش استفاده می گردد.

^۶Coal-tar enamel

^۷ Three Layer Polyethylene and Polypropylene (PE/PP) Coatings

^۸ Fusion-bonded epoxy coating (FBE)

^۹ Plastic Tape Coating System

^{۱۰} Polyurethane Solvent free Coating Systems

^{۱۱} Petrolatum or Wax Coating System

^{۱۲} Concrete

^{۱۳} Coating of Subsea Pipelines

۳-۶-۱- مواد و مشخصات قابل قبول

- (۱) طراح باید به اهمیت دما بر روی عملکرد ماده توجه کند. برخی از مواد مطابق با مشخصات ذکر شده برای استفاده در این کد ممکن است دارای خواص مناسب برای عملکرد در دماهای زیر ۲۰- درجه فارنهایت (۳۰- درجه سانتیگراد) نباشند. به کاربران این کد هشدار داده می شود که اثرات دمای پایین و تأثیر بالقوه بر عملکرد شکست در دماهای پایین را در نظر بگیرند.
- (۲) انتخاب مواد برای مقاومت در برابر خوردگی، فرسایش، و سایر خرابی‌ها در حین سرویس، در محدوده این آیین‌نامه نیست. این مسئولیت طراح است که مواد مناسب برای سرویس سیال یا دوغاب را تحت شرایط عملیاتی مورد نظر انتخاب کند. برای این مبحث باید به استانداردهای مرتبط مراجعه شود لیکن برای نمونه برخی از استانداردهای زیر در جدول ۳-۱۱ مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

Designation	Standard or Specification
	Pipe
API 5L	Line Pipe [Note (1)]
ASTM A53	Pipe, Steel, Black & Hot-Dipped, Zinc-Coated Welded & Seamless
ASTM A106	Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service
ASTM A134	Pipe, Steel, Electric-Fusion (Arc)-Welded (Sizes NPS 16 and Over)
ASTM A135	Electric-Resistance-Welded Steel Pipe
ASTM A139	Electric-Fusion (Arc)-Welded Steel Pipe (NPS 4 and Over)
ASTM A312	Seamless and Heavily Cold Worked Welded Austenitic Stainless Steel Pipe
ASTM A333	Seamless and Welded Steel Pipe for Low Temperature Service
ASTM A358	Electric Fusion Welded Austenitic Chromium Nickel Stainless Steel Pipe for High Temperature Service and General Application
ASTM A301	Metal-Arc-Welded Steel Pipe for Use With High-Pressure Transmission Systems
ASTM A409	Welded Large Diameter Austenitic Steel Pipe for Corrosive or High-Temperature Service
ASTM A524	Seamless Carbon Steel Pipe for Atmospheric and Lower Temperatures
ASTM A530	General Requirements for Specialized Carbon and Alloy Steel Pipe
ASTM A671	Electric-Fusion-Welded Steel Pipe for Atmospheric and Lower Temperatures
ASTM A672	Electric-Fusion-Welded Steel Pipe for High-Pressure Service at Moderate Temperatures
ASTM A790	Seamless and Welded Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe
ASTM A920	Ferritic/Austenitic (Duplex) Stainless Steel Pipe Electric Fusion Welded With Addition of Filler Metal

جدول ۳-۱۱- استانداردها و خصوصیات مواد (جدول شماره ۱، ۴۲۳-۱ در ASME B31.4)

برای تعیین جنس خط لوله فولادی با توجه به نوع سیال داخل آن از انواع مختلف زیر استفاده می شود (ASME B31.4)

- (۱) فولاد کربن^{۱۴}
- (۲) فولاد مارتنزیتی^{۱۵}
- (۳) فولاد ضد زنگ آستنیتی^{۱۶}
- (۴) فولاد ضد زنگ دوبلکس^{۱۷}
- (۵) آلیاژهای نیکل^{۱۸}.

¹⁴ Carbon steel

¹⁵ Martensitic steel

¹⁶ Austenitic stainless steel

¹⁷ Duplex stainless steel

¹⁸ Nickel alloys

۳-۷- انواع خطوط لوله انعطاف پذیر

دسته بندی انواع خطوط لوله انعطاف پذیر به شرح زیر است:

۳-۷-۱- لوله های انعطاف پذیر collapsible

این نوع از لوله های انعطاف پذیر به دلیل اینکه برای حالت های موقت طراحی می گردد (مشابه لوله های آتشنشانی که با فشار سیال باز می شوند) برای کاربری مورد نظر پروژه پیشنهاد نمی گردد و بیشتر برای زمان های تعمیرات و کاربری های bypass مورد استفاده قرار می گیرد. نمایی از آن‌ها در شکل ۳-۲ نشان داده شده است.



شکل ۳-۲: لوله های انعطاف پذیر collapsible

۳-۷-۲- لوله انعطاف پذیر bonded و un-bonded

لوله انعطاف پذیر un-bonded از لایه‌های پلیمری و فلزی غیر متصل و جدا تشکیل شده است که امکان حرکت نسبی بین لایه‌ها در این نوع خط لوله وجود دارد و لایه می توانند در کنار یکدیگر حرکت کنند.

لوله انعطاف پذیر bonded لوله انعطاف پذیری است که در آن آرماتور فولادی یکپارچه شده و به یک ماده الاستومری ولکانیزه متصل می شود که در آن مواد نساجی در ساختار گنجانده شده است. در ادامه شکل ۳-۳ تصویری از این دو خط لوله انعطاف پذیر آورده شده است.



شکل ۳-۳: تصاویر خطوط لوله انعطاف پذیر bonded و un-bonded

۳-۸-۱- خطوط لوله جدید الاحداث کف هور (لوله کف هور در آب های کم عمق)

این لوله ها برگرفته شده از لوله های کف دریا (Sea Line) می باشد به این تفاوت که استانداردها لوله های کف دریا اعم از DNV و غیره برای عمق آب مشخصی طراحی شده اند به صورتی که شناور لوله گذار امکان حرکت در آن دارد لیکن عمق آب کف هورالعظیم به گونه ای است که شناور لوله گذار در عمق هورالعظیم امکان حرکت و همچنین ورود ندارد از همین رو روشی ابداع شد که لوله های کف دریا بر روی جاده نصب و از طریق جرثقیل بر روی کف هور در فاصله مشخصی از پاشنه جاده قرار داده شود. برای استفاده از این لوله ها به استانداردهای مرتبط اعم از DNV و غیره باید مراجعه شود و به خاطر شرایط هورالعظیم شرایطی نسبت به آیین نامه مذکور ایجاد شده است که در ضابطه قید شده است.

۳-۸-۱- نحوه محاسبه شعاع انحنا الاستیک و دستورالعمل اجرایی در زمان نصب خط لوله

برای اجرای خط لوله باید ابتدا لوله های Coat شده بر روی جاده جوشکاری شوند و از طریق جرثقیل بر روی کف هور در فاصله مشخصی از پاشنه جاده قرار بگیرند. برای ادامه جوشکاری و نصب خطوط لوله بخشی ادامه لوله خوابیده در کف هور باید بر روی جاده منتقل شود تا عملیات اتصال لوله ها بر روی جاده انجام و مجددا توسط جرثقیل از روی جاده به کف هور منتقل شود. انحنایی که از کف هور تا روی جاده لازم است رعایت شود باید با استفاده از نرم افزارهای المان محدودی به طور دقیق محاسبه شود تا تنش مجاز رعایت شود. لیکن برای نمونه با استفاده از معادلات کلاسیک مثالی از محاسبه شعاع انحنای ایجاد شده لوله بین کف هور تا روی جاده آورده شده است تا امکان اجرای آن به خصوص برای لوله های با قطر کم نشان داده شود لیکن ارجحیت محاسبات با استفاده از نرم افزارهای المان محدودی است.

برای این انتقال لازم است کرنش موجود در دورترین تارهای خط لوله به حداکثر کرنش ناشی از تنش تسلیم با حفظ ضریب اطمینان برسد. به این منظور حداکثر کرنش ایجاد شده محاسبه می شود:

برای محاسبه شعاع متناظر با حداکثر کرنش اتفاق افتاده لازم است تا از طریق قوانین مقاومت مصالحی خمش که در ادامه

شرح داده شده است، رابطه بین شعاع انحنا و کرنش ایجاد شده در خط لوله را به دست آورد.

معادله ۳-۳

$$\partial_{allow} = \alpha * SYMS$$

در این رابطه SYMS تنش تسلیم، و ∂_{allow} تنش مجاز و α ضریب مطابق استاندارد می‌باشد.

$$\varepsilon_{max} = \frac{\partial_{allow}}{E}$$

$$\varepsilon_{max} = \frac{C}{\rho}$$

در معادله های بالا ρ شعاع انحنا و C فاصله تار خنثی تا دورترین تار کششی یا فشاری و ε_{max} حداکثر کرنش آخرین تار خط لوله می‌باشد.

با فرض مقادیر زیر برای ضریب کاهنده تنش مجاز، تنش مجاز و مدول الاستیسیته، داریم:

$$\alpha = 0.72$$

$$SYMS = 420 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$E = 2.07 * 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\partial_{allow} = 0.72 * SYMS = 302.4 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\varepsilon_{max} = \frac{\partial_{allow}}{E} = 0.00203$$

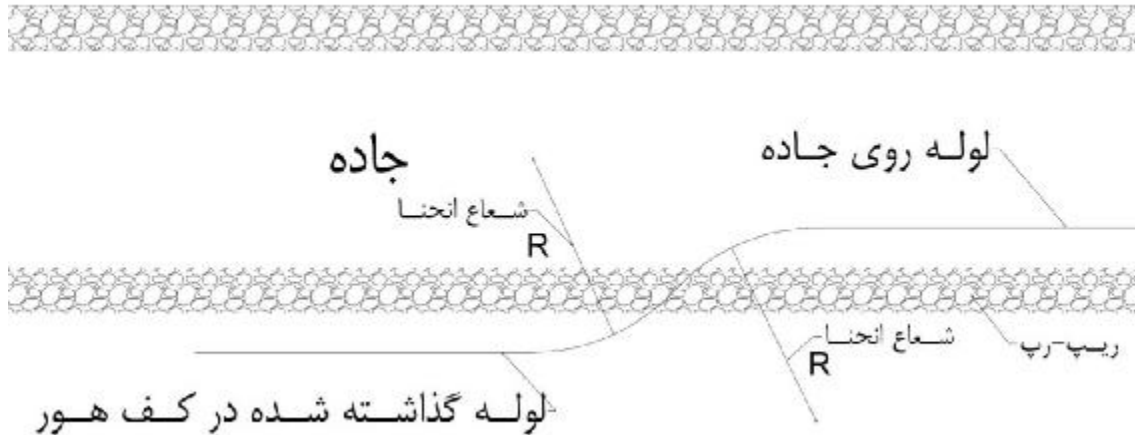
رابطه کرنش و شعاع انحنا به صورت معادله $\varepsilon_{max} = \frac{C}{\rho}$ است. در ادامه برای محاسبه شعاع انحنا با فرض خط لوله ای

به قطر ۱۰ اینچ داریم:

$$\varepsilon_{max} = \frac{C}{\rho} \rightarrow \rho = \frac{0.125}{0.00203} = 61.57m$$

در نتیجه شعاع انحنا حداقل حدوداً ۶۲ متر در نظر گرفته می شود.

در شکل ۳-۴ پلانی از لوله بین کف هور تا روی جاده آورده شده است.



شکل ۳-۴: پلان روش اجرای بین لوله گذاشته شده در کف هور و لوله روی جاده منتظر برای ادامه اتصال

برای بلند کردن خط لوله و جایگذاری آن در تالاب لازم است محاسبات لازم انجام شود تا جرثقیل‌ها بتوانند لوله را از روی جاده به کف هور منتقل کنند لیکن برای مثال نمونه‌ای آورده شده است. ابتدا خط لوله را به ارتفاع ۱ متر از روی جاده با جرثقیلی با شعاع کاری حداقل ۱۵ متر بلند کرد و به سمت تالاب پیش برد و سپس جرثقیل دوم با شعاع کاری حداقل ۸ متر با فاصله طولی ۲۵ متر از جرثقیل اول خط لوله را همزمان با جرثقیل اول به سمت تالاب پیش برد. جرثقیل سوم هم مجدداً با فاصله ۲۵ متر از جرثقیل دوم از روی جاده خط لوله را بلند می‌کند. در نهایت لازم است ۳ جرثقیل با فواصل ۲۵ متر از یکدیگر با تسمه های دوار که خط لوله را بلند می‌کند، خط لوله را داخل ترانشه قرار دهند.

خط لوله با فرض ۱۰ اینچ قطر و ضخامت ۴ میلی متر به ازای هر متر ۲۵ کیلوگرم جرم دارد با فرض ۵ سانتی متر پوشش بتن دور خط لوله این مقدار به ۱۲۲ کیلوگرم بر متر افزایش می‌یابد و برای بلند کردن ۵۰ متر از خط لوله حدوداً ۷۵۰۰ کیلوگرم جرم باید بین ۳ جرثقیل و دوتکیه گاه ابتدا و انتهای خط لوله (جاده و تالاب) تقسیم گردد.

در ادامه لازم به ذکر است با توجه به تحقیقات انجام شده جرثقیلی باید برای جایگذاری خطوط لوله استفاده شود که همزمان با بلند کردن خط لوله بتواند جابجا شود. به این نوع جرثقیل‌ها که همزمان با بلند کردن خط لوله امکان جابجایی خود را دارد باید بوم^{۱۹} گفته می‌شود

در صورت وجود پوشش بتنی در مقطع مرکب رویه بتنی هم در برابر تنش مجاز بتن بایستی کنترل شود.

۳-۸-۲- حداکثر طول دهانه آزاد بین تکیه گاه‌ها

برای محاسبه حداکثر طول آزاد بین تکیه گاه‌ها باید تنش در دورترین المان خط لوله به تنش تسلیم برسد. در ادامه به محاسبه تنش ماکزیمم ایجاد شده در دهانه بین دو تکیه گاه پرداخته می‌شود:

معادله ۳-۴

$$\sigma_{allow} = \frac{M_{max} * C}{I}$$

^{۱۹}Side boom

SYMS: تنش تسلیم خط لوله

با فرض ضریب ۰/۷۲ برای تنش مجاز از استاندارد ASME B31.4

$$\sigma_{allow} = 0.72 * SYMS$$

M: لنگر خمشی

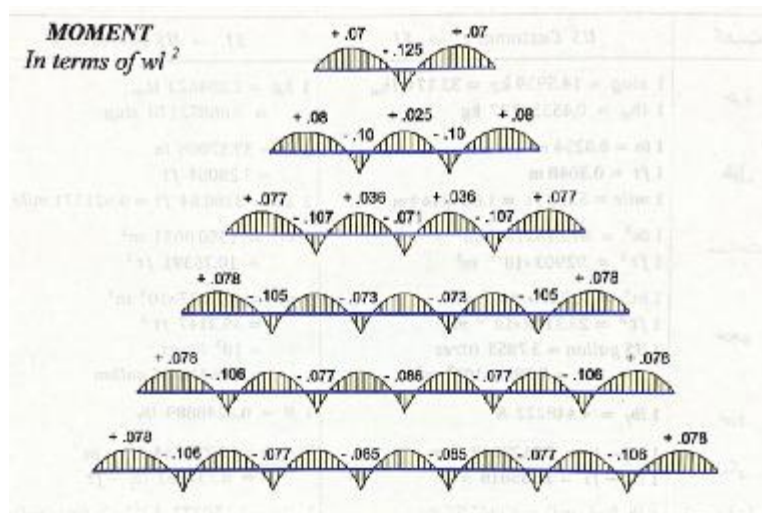
y: فاصله هر المان تار خنثی

C: فاصله دورترین المان خط لوله تا تار خنثی

I: ممان اینرسی مقطع خط لوله حول تار خنثی

در ادامه مقدار ماکزیمم لنگر خمشی با توجه به نوع تکیه گاه های غلتکی و نمودار لنگر ۳-۵ را بر $0.85wL^2$ در نظر

گرفته می شود.



شکل ۳-۵: نمودار لنگر خمشی در طول تکیه گاه های غلتکی دو سر مفصل

با جایگذاری مقدار لنگر حداکثر در معادله ۳-۴ مقدار طول حداکثر بین دو تکیه گاه با فرض الاستیک بودن رابطه بین تنش

و کرنش محاسبه می شود.

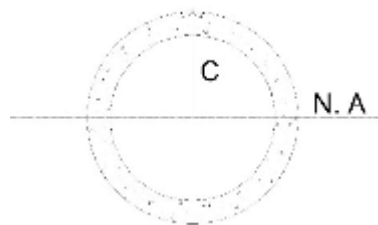
معادله ۳-۵

$$\sigma_{allow} = \frac{0.085wL^2 * C}{I} \rightarrow L = \sqrt{\frac{\sigma_{allow} * I}{0.085 * W * C}}$$

W: بارگسترده وزنی خط لوله در راستای قائم

C: فاصله دورترین المان خط لوله تا تار خنثی که در شکل ۳-۷ نشان داده شده است

I: ممان اینرسی مقطع خط لوله حول تار خنثی



شکل ۳-۷: مقطع خط لوله و محل دورترین المان خط لوله از تار خشی

فصل چهارم
شرح روش مورد استفاده در ارزیابی ارزش
مالی ترمیم

فصل چهارم-شرح روش مورد استفاده در ارزیابی ارزش مالی ترمیم

۴-۱- شرح روش مورد استفاده در ارزیابی ارزش مالی ترمیم

در استاندارد DNV-RP-F107 با عنوان "ارزیابی ریسک محافظت از خطوط لوله"، برای ارزیابی اثرات هرگونه فعالیتی که منجر به کاهش ریسک در پروژه خط لوله می‌گردد یک ارزش هزینه به فایده^{۲۰} در نظر گرفته می‌شود. تفاوت این روش در استاندارد DNV با روش‌های دیگر محاسبه‌های اقتصادی در این است که این روش مقدار هزینه اولیه لازم برای ترفیع جاده را با مقدار هزینه خرابی، که توسط ضرایبی تغییر یافته است، مقایسه می‌کند و اقتصادی بودن طرح و یا غیر اقتصادی بودن آن را مشخص می‌کند.

هزینه‌ای که برای ترفیع جاده در ابتدای پروژه اختصاص داده می‌شود به صورت پیش فرض به قیمت روز پروژه محاسبه می‌گردد ولی برای خسارت‌هایی که در آینده ممکن است اتفاق بیفتند، لازم است تا به کمک دو پارامتر زمان وقوع خرابی و نرخ بهره، مقدار دقیق هزینه را بر حسب نرخ روز محاسبه کرد. در حقیقت برای برقراری تعادل بین هزینه ترفیع و هزینه خسارت وارده ناشی از سیلاب در آینده باید هر دو هزینه به نرخ روز تبدیل شوند تا بتوان مقایسه را انجام داد. ضمناً وقوع خرابی سازه با عمر مفید معلوم تحت اثر سیلاب با دوره بازگشت مشخص یک پدیده‌ی احتمالاتی است و لازم است یک ضریب کاهش بر روی محاسبات مربوط به هزینه‌های خسارت وارده منظور گردد تا نسبت بین هزینه به منافع به درستی محاسبه شود. این ضریب کاهش همان احتمال وقوع پدیده است که در معادله مربوطه، نحوه محاسبه آن از روی عمر مفید سازه و دوره بازگشت سیلاب شرح گردید.

در معادله ۴-۱ ارائه شده توسط استاندارد DNV-RP-F107 موارد تشریح شده نرخ بهره و نیز احتمال وقوع خرابی در معادله مربوط به ضریب هزینه به منافع وجود دارد. در ادامه به بررسی این معادله و نحوه استفاده از آن برای انجام محاسبات هزینه به منافع ترفیع جاده پرداخته می‌شود:

^{۲۰} Cost-benefit value (CBV)

$$CBV = \frac{Cm}{\sum_n \frac{\Delta Cr + \Delta Cp}{(1+r)^n}} \times POF$$

CBV = نسبت هزینه به فایده

Cm = هزینه ترمیم در زمان حال (مثلا هزینه ترفیع جاده و محاظت جداره آن)

Cr = هزینه ترمیم پس از وقوع و فروکش کردن سیلاب در آینده در صورتیکه ترمیم در حال حاضر انجام نشده باشد

Cp = هزینه قطع تولید، خواب دکل و خسارات محیط زیستی به هور العظیم (مقدار کاهش قطع تولیدات نفتی جاده ترفیع شده به نسبت جاده اولیه)

PoF = احتمال وقوع سیلاب

r = نرخ بهره

n = عمر مفید میدان نفتی

برای توضیح بیشتر پارامتر های این معادله لازم به ذکر است که صورت کسر CBV مربوط به هزینه ترفیع و هزینه‌هایی که در زمان حال و در ابتدای شروع فعالیت اقتصادی انجام می‌شود، است و چون به نرخ روز است، نیازی به ضرب ضریب کاهش یا افزایشی نیست ولی مخرج کسر مربوط به هزینه‌هایی است که در طول عمر مفید جاده و در زمان آینده با فرض وقوع احتمالاتی سیلاب اتفاق می‌افتد، لذا دو پارامتر نرخ بهره و احتمال وقوع در این عدد به عنوان ضرایب کاهش ضرب می‌شوند تا اول اینکه نرخ هزینه‌ها به نرخ روز محاسبه شود و دوم پدیده احتمالاتی سیلاب در خسارت های مالی ناشی از آن گنجانده شود.

۴-۲- محاسبه و نتایج ارزش هزینه به منافع ترفیع جاده نمونه شماره ۱ نوع ۱ بر اساس دوره بازگشت سیلاب ۱۰۰ و ۲۰۰ سال در فصل سوم

۴-۲-۱- محاسبه ارزش هزینه به منافع ترفیع جاده نمونه شماره ۱

محاسبه ارزش هزینه به منافع در جاده نمونه شماره ۱ در سه مرحله به شرح زیر انجام می‌شود:

۱) برآورد مالی هزینه های ترفیع (Cm)

برای محاسبه ارزش هزینه به منافع جاده، جاده نمونه شماره ۱ به عنوان نمونه با طول ۱۴ کیلومتر در نظر گرفته می‌شود. تراز ارتفاعی جاده از گروه نقشه برداری دریافت می‌شود و با توجه به فرضیات صورت گرفته، برآورد مالی احداث جاده‌ی موجود با توجه به فهرست بهای راه و راه‌آهن سال ۱۴۰۱ انجام می‌شود. در جدول ۴-۱ نمونه ای از فرضیات موجود در برآورد احداث جاده موجود آورده شده است.

جدول ۴-۱: فرضیات جاده موجود جاده نوع ۱ نیازمند ترمیم

جاده موجود نیازمند ترمیم		
عرض کل سواره رو آسفالتی	۷.۲	m
عرض شانه خاکی راه در هر طرف	۱.۲۵	m
ارتفاع جاده	۵.۲۲	m
شیب کناره جاده (قائم به ۳ افقی)	۳	
طول جاده	۱۴۰۰۰	m
نرخ تبدیل دلار به ریال مورخ فروردین ۱۴۰۱	۲۶۰۰۰۰	rial
طول سطح لایه محافظ	۱۶.۵۱	m
عرض کل جاده	۹.۷	m

پس از در نظر گرفتن فرضیات برای اجرای جاده مورد نظر با توجه به فهرست بهای راه و راه‌آهن مصوب سال ۱۴۰۱ به برآورد مالی ناشی از تامین مصالح، حمل و اجرای آن پرداخته می‌شود. در اینجا فاصله حمل مصالح بصورت فرضی در جدول ۴-۲ در نظر گرفته شده است.

جدول ۴-۲: ارزش مالی کل نمونه جاده شماره ۱ با فرضیات ذکر شده

هزینه‌ها بر اساس فهرست بهای راه، راه آهن ۱۴۰۱							
معادل هزینه کل به هزار دلار	کل هزینه با ضرایب (میلیون ریال)	تیه و اجرا با ضرایب (میلیون ریال)	حمل با ضرایب (میلیون ریال)	ضریب بالاسری	ضریب منقله ای	ارتفاع لایه (متر)	هزینه‌ها
							مجموع
۵۵۷	۱۴۴,۸۳۷	۱۴۴,۸۳۷	۰	۴۱٪	۲۰٪	۰.۷	پرده‌اش لجن کف هور
۷,۴۳۸	۱,۹۳۳,۸۶۰	۴۱۶,۶۰۸	۱,۵۱۷,۲۵۲	۴۱٪	۲۰٪	۵.۰۱	لایه با مصالح خاکی (فیلر)
۲۵۵	۶۶,۱۸۰	۱۴,۳۳۲	۵۱,۸۴۸	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	خاک بستر ۱
۲۳۹	۶۲,۱۳۱	۱۳,۴۵۵	۴۸,۶۷۶	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	خاک بستر ۲
۲۲۳	۵۸,۰۸۲	۱۲,۵۷۸	۴۵,۵۰۴	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	خاک بستر ۳
۴۱۸	۱۰۸,۷۶۳	۲۴,۱۰۰	۸۴,۶۶۳	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	زیر اساس
۵۴۶	۱۴۱,۹۰۳	۴۴,۷۸۶	۹۷,۱۱۷	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	اساس
۱,۸۷۲	۴۸۶,۶۰۴	۴۲۱,۹۴۹	۶۴,۶۵۶	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۶	آسفالت
۵,۱۱۵	۱,۳۲۹,۹۶۳	۲۹۵,۶۰۹	۱,۰۳۴,۳۵۴	۴۱٪	۲۰٪	۰.۵	لایه محافظ (سنگ لانه)
۷۱	۱۸,۵۲۹	۱۸,۵۲۹	۰	۴۱٪	۲۰٪	۰	ژئوتکستایل
۱۶,۷۳۴	۴,۳۵۰,۸۵۱	۱,۴۰۶,۷۸۲	۲,۹۴۴,۰۷۰	۰	۰	۵.۲۲	مجموع

بر اساس محاسبات انجام گرفته هزینه ساخت جاده نمونه شماره ۱ با طول ۱۴ کیلومتر با تراز موجود ۵,۲۲ حدوداً ۱۶,۷ میلیون دلار است که در جدول ۴-۲ آورده شده است. برای ترفیع جاده ارتفاع جدید جاده از اهمیت بالایی برخوردار است. ارتفاع ترفیع جاده بر اساس رقوم آب سیلاب با دوره بازگشت معیار تعیین می‌گردد. به این صورت که باید مقدار مجموع ضخامت لایه‌های آسفالت، اساس، زیراساس و مقدار دو سوم لایه خاک بستر را به تراز سیلاب طراحی اضافه کرد و تراز حاصل شده را معادل تراز جاده ترفیع شده در نظر گرفت. برای مثال در صورتی که تراز آب در سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۵/۲۳ متر باشد باید ۰/۷۶ متر (مجموع ضخامت لایه‌های آسفالتی، اساس، زیراساس و دو سوم لایه خاک بستر) به این مقدار اضافه گردد تا در صورت وقوع

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

سیلاب ۱۰۰ ساله تنها یک سوم از ضخامت خاک بستر مستغرق شود که در فرضیات و جلسات صورت گرفته با کارشناسان تجربی در این زمینه این تراز آب حالت بدون خرابی در نظر گرفته شده است و جاده در سیلاب ۱۰۰ ساله در ناحیه بدون آسیب قرار بگیرد.

جدول ۴-۳: فرضیات جاده ترفیع شده بر اساس دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در جاده نمونه شماره ۱

جاده ترفیع شده بر اساس دوره بازگشت طراحی ۱۰۰ ساله		
m	۰.۷۶	اختلاف ارتفاع قائم تراز جاده جدید و تراز سیلاب طراحی
m	۵.۲۳	تراز سیلاب با دوره بازگشت طراحی پایه ۱۰۰ ساله
m	۵.۹۹	ارتفاع جاده
m	۰.۷۷	ارتفاع ترفیع نسبت به جاده موجود نیازمند ترمیم
m	۷.۲	عرض کل سواره رو آسفالتی
m	۱.۲۵	عرض شانه خاکی راه در هر طرف
	۳	شیب کناره جاده (۱ قائم به ۳ افقی)
m	۱۴۰۰۰	طول جاده
m	۱۸.۹۴	طول سطح لایه محافظ
m	۹.۷	عرض کل جاده

این فرضیات از تفاوت بین تراز جاده ترفیع شده و جاده اولیه نمونه شماره ۱ مقدار تراز قائم ترفیع قابل محاسبه است که در جدول ۳-۴ نشان داده شده است. اگر ارتفاع ترفیع کمتر از مجموع ضخامت های لایه خاک بستر، لایه زیر اساس، اساس و آسفالتی باشد، برای ترفیع نیازی به اضافه کردن لایه با مصالح خاکی نیست و ترفیع بر روی لایه آسفالتی جاده اولیه انجام می شود ولی اگر تراز ترفیع بیشتر از مجموع تراز های خاک بستر، زیراساس، اساس و آسفالت باشد لازم است تا برای حفظ شیب کناره جاده از کف تالاب مجدداً به خاکریزی مصالح خاکی یا فیلر اقدام نمود. در هر حالت (نیاز به فیلر و عدم نیاز به فیلر) مقدار هزینه هر لایه با توجه به حجم مصالح مورد نیاز و هزینه های برآورد شده با فهرست بهای سال ۱۴۰۱ محاسبه می گردد. در ادامه برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، مقدار هزینه ترفیع جاده نمونه شماره ۱ در جدول ۴-۴ محاسبه شده است. لازم به ذکر است که در ترفیع برای این دوره های بازگشت نیازی به لایه فیلر و تعریض نیست و لایه های خاک بستر (سه لایه خاک ساب گرید)، زیراساس، اساس و آسفالت بر روی جاده اولیه اجرا می شود.

جدول ۴-۴: برآورد هزینه ترفیع جاده نمونه شماره ۱ برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله

هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (میلیون ریال)	درصد نیاز هر لایه برای ترفیع	مصارف لایه های لازم برای ترفیع جاده موجود	طول لایه موجود	ارتفاع لایه (متر)
۳۳۱۲	۶.۷٪	۰.۰۱	-	۰.۱۵
۲۲۱۳۱	۱۰۰.۰٪	۰.۱۵	-	۰.۱۵
۵۸۰۸۳	۱۰۰.۰٪	۰.۱۵	-	۰.۱۵
۱۰۰۸۶۳۳	۱۰۰.۰٪	۰.۱۵	-	۰.۱۵
۱۳۱۸۰۳	۱۰۰.۰٪	۰.۱۵	-	۰.۱۵
-	۱۰۰.۰٪	۰.۱۵	-	۰.۱۵
۱۷۳۰۳۵	۱۲.۸٪	-	۲.۳۳	۱۸.۹۴ (بستک لایه) و ژئوتکستایل
۲۰۱۱۰	۵۳۸.۳۳۶	۰.۷۷	-	۰.۸۱

هزینه ترفیع جاده نمونه شماره ۱ از تراز ۵,۳۲ متر به تراز ۵,۹۹ متر در سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با توجه به جدول ۴-۴ تقریباً ۲ میلیون و ۱۱۰ هزار دلار برآورد گردید.

۲) برآورد هزینه‌های خسارت ناشی از سیلاب (Cp + Cr)

هر سیلاب با دوره بازگشت مشخص، دارای تراز آب معادلی است که از روی تراز آب و ارتفاع جاده مورد نظر می‌توان مقدار خسارت وارده را بصورت تقریبی برآورد کرد. به این منظور چهار دسته بندی باتوجه به موقعیت تراز آب سیلاب در جاده موجود می‌توان مشخص کرد که دسته بندی های آن موقعیت ترازى بدون آسیب، آسیب جزئی، آسیب کلی و تخریب و خروج از خدمت است که بر اساس تراز های مختلف پیش تر هر دسته بندی از خرابی مشخص شده است. برای هر کدام از دسته بندی‌های خرابی با استفاده از نظر کارشناس مربوطه در این زمینه مقدار حجم خرابی هر یک از لایه های جاده به صورت درصدی بیان شده است. با ضرب این درصدها در مقادیر قیمت‌های برآورد شده هر لایه از جاده اولیه و جمع هزینه‌های اختصاص یافته به هر لایه می‌توان کل هزینه ترمیم جاده را محاسبه کرد. ضمناً خسارت‌های ناشی از هزینه توقف تولید و نیز گیر کردن دکل حفاری برای دسته بندی خرابی از نوع تخریب در نظر گرفته شده است که با توجه به موقعیت جاده و تعداد سلر های فعال و سلرهای در حال حفاری قابل برآورد است. فرضیات انجام شده مربوط به هزینه توقف تولید و گیر کردن دکل حفاری در جدول ۴-۵ خلاصه شده است.

جدول ۴-۵- برآورد خسارت ناشی از توقف تولید و گیر کردن دکل حفاری

کل خسارت توقف تولید (میلیون ریال)	نرخ تبدیل دلار به ریال مورخ فروردین ۱۴۰۱	تعداد سلر های خارج شده از مدار تولید	قیمت هر بشکه نفت (دلار)	حجم عدم تولید روزانه نفت (بشکه)	زمان توقف تولید (روز)	خروج تولید نفت از مدار
۲۹۴,۸۴۰,۰۰۰	۲۶,۰۰۰	۷	۹۰	۱,۰۰۰	۱۸۰	
کل خسارت گیر کردن دکل حفاری (میلیون ریال)	نرخ تبدیل دلار به ریال مورخ فروردین ۱۴۰۱	تعداد دکل حفاری گیر کرده	خسارت اجاره روزانه هر دکل حفاری (دلار)	زمان گیر کردن دکل حفاری (روز)	گیر کردن دکل حفاری	
۷۴۸,۸۰۰	۲۶,۰۰۰	۲	۸,۰۰۰	۱۸۰		

جدول ۴-۷- مقدار ارزش هزینه به ازای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در جاده نمونه شماره ۱

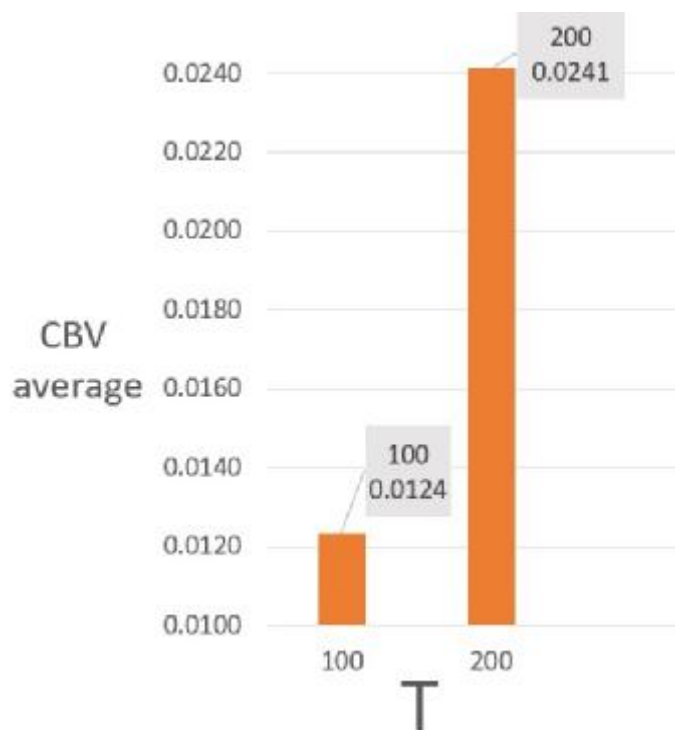
دوره بازگشت سیلاب				مقدار CBV به ازای دوره بازگشت سیلاب با توجه به سال وقوع خرابی (y) در عمر مفید جاده	
۲۰۰		۱۰۰			
٪	r	٪	r	هزینه خسارت سیلاب (دلار)	
n	n	n	n		
۰.۱۱۸	POF	۰.۲۲۲	POF	y	
۲,۱۸۳,۵۶۹	Cm	۲,۱۱۰,۱۳۷	Cm		
CBV	$\sum(Cr+Cp)((1+r)^y)^{POF}$	CBV	$\sum(Cr+Cp)((1+r)^y)^{POF}$	(Cr+Cp)۱۰۰,۲۰۰	
۰.۰۱۶۶	۱۳۱,۹۱۴,۹۳۴	۰.۰۰۸۵	۲۴۸,۸۴۳,۱۰۷	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱
۰.۰۱۷۰	۱۲۸,۰۷۲,۷۵۱	۰.۰۰۸۷	۲۴۱,۵۹۵,۳۴۹	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۲
۰.۰۱۷۶	۱۲۴,۳۴۲,۴۷۷	۰.۰۰۹۰	۲۳۴,۵۵۸,۴۹۴	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۳
۰.۰۱۸۱	۱۲۰,۷۳۰,۸۵۱	۰.۰۰۹۳	۲۲۷,۷۲۶,۶۹۴	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۴
۰.۰۱۸۶	۱۱۷,۲۰۴,۷۱۰	۰.۰۰۹۵	۲۲۱,۰۹۳,۸۷۷	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۵
۰.۰۱۹۲	۱۱۳,۷۹۰,۹۸۱	۰.۰۰۹۸	۲۱۴,۶۵۴,۳۵۰	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۶
۰.۰۱۹۸	۱۱۰,۴۷۶,۶۸۰	۰.۰۱۰۱	۲۰۸,۴۰۲,۱۸۴	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۷
۰.۰۲۰۴	۱۰۷,۲۵۸,۹۱۳	۰.۰۱۰۴	۲۰۲,۳۲۲,۲۱۸	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۸
۰.۰۲۱۰	۱۰۴,۱۳۴,۸۶۷	۰.۰۱۰۷	۱۹۶,۴۳۹,۰۴۶	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۹
۰.۰۲۱۶	۱۰۱,۱۰۱,۸۱۲	۰.۰۱۱۱	۱۹۰,۷۱۷,۵۲۱	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱۰
۰.۰۲۲۲	۹۸,۱۵۷,۱۰۰	۰.۰۱۱۴	۱۸۵,۱۶۲,۶۴۲	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱۱
۰.۰۲۲۹	۹۵,۲۹۸,۱۵۵	۰.۰۱۱۷	۱۷۹,۷۶۹,۵۵۵	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱۲
۰.۰۲۳۶	۹۲,۵۲۲,۴۸۰	۰.۰۱۲۱	۱۷۴,۵۲۳,۵۴۸	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱۳
۰.۰۲۴۳	۸۹,۸۱۷,۶۵۱	۰.۰۱۲۵	۱۶۹,۴۵۰,۰۴۷	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱۴
۰.۰۲۵۰	۸۷,۲۱۱,۳۱۲	۰.۰۱۲۸	۱۶۴,۵۱۴,۶۰۹	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱۵
۰.۰۲۵۸	۸۴,۶۷۱,۱۷۶	۰.۰۱۳۲	۱۵۹,۷۲۲,۹۲۱	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱۶
۰.۰۲۶۶	۸۲,۲۰۵,۰۲۶	۰.۰۱۳۶	۱۵۵,۰۷۰,۷۹۷	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱۷
۰.۰۲۷۴	۷۹,۸۱۰,۷۰۴	۰.۰۱۴۰	۱۵۰,۵۵۴,۱۷۲	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱۸
۰.۰۲۸۲	۷۷,۴۸۶,۱۲۱	۰.۰۱۴۴	۱۴۶,۱۶۹,۰۹۹	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۱۹
۰.۰۲۹۰	۷۵,۲۲۹,۲۴۳	۰.۰۱۴۹	۱۴۱,۹۱۱,۷۴۷	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۲۰
۰.۰۲۹۹	۷۳,۰۲۸,۱۰۰	۰.۰۱۵۳	۱۳۷,۷۷۸,۳۹۵	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۲۱
۰.۰۳۰۸	۷۰,۹۱۰,۷۷۷	۰.۰۱۵۸	۱۳۳,۷۶۵,۴۳۲	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۲۲
۰.۰۳۱۷	۶۸,۸۴۵,۴۱۵	۰.۰۱۶۲	۱۲۹,۸۶۹,۳۵۱	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۲۳
۰.۰۳۲۷	۶۶,۸۴۰,۲۰۸	۰.۰۱۶۷	۱۲۶,۰۸۶,۷۴۹	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۲۴
۰.۰۳۳۶	۶۴,۸۹۳,۴۰۶	۰.۰۱۷۲	۱۲۲,۴۱۴,۳۱۹	۱,۱۵۳,۶۱۴,۰۴۴	۲۵
۰.۰۲۴۱		۰.۰۱۲۴		میانگین CBV	

۴-۲-۲- نتایج محاسبات ارزش هزینه به منافع برای ترفیع جاده نمونه شماره ۱ در دوره بازگشت سیلاب ۱۰۰ ساله

در جاده‌های موجود، موضوع هزینه به فایده برای ترفیع یا عدم ترفیع از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین تمامی پروژه‌ها قبل از اجرا باید از نظر صرفه اقتصادی مورد بررسی قرار گیرند. در ادامه نتیجه جاده نمونه شماره ۱ تشریح شده است.

(۱) نتایج به دست آمده از ارزش هزینه به منافع هرچقدر عدد کوچکتری شود از نظر اقتصادی صرفه بیشتری دارد. در برآورد اقتصادی صورت گرفته برای ترفیع جاده مورد نظر همانطور که در شکل ۴-۱ مشاهده می‌شود کمترین و اقتصادی ترین مقدار میانگین نسبت CBV، به ازای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با میانگین ارزش هزینه به منافع ۱/۲٪ است. این عدد به این معنی است که هزینه‌های این فعالیت اقتصادی برابر با ۰,۰۱۲٪ منافع آن است. به بیان کامل‌تر هزینه‌های ترفیع جاده نمونه شماره ۱ بر مبنای دوره بازگشت سیلاب ۱۰۰ ساله، برابر با ۱/۲٪ خسارت‌های عدم ترفیع جاده در برابر

- همین سیلاب است. به دلیل تفاوت زیاد بین هزینه و منافع و پایین بودن مقدار هزینه در مقابل منافی که می‌تواند این ترفیع در برابر خرابی‌ها و قطع تولید نفت خام داشته باشد اقدام به ترفیع این پروژه، اقتصادی تلقی می‌شود.
- (۲) به ازای دوره بازگشت ۲۰۰ ساله مقدار ارزش هزینه به منافع کمتر از عدد یک و اقتصادی است ولی از لحاظ ارزش هزینه به فایده نقطه بهینه تر دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با ارزش هزینه به منافع ۱/۲٪ است.
- (۳) علی‌رغم اعمال ضرایب کاهنده احتمالاتی و نرخ تورم برای منافع ناشی از ترفیع، ارزش هزینه به منافع در دوره بازگشت های ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله کمتر از یک و مقدار هزینه‌ها بسیار کمتر از منافع کاهش یافته، به دست آمد.
- (۴) ترفیع جاده نمونه شماره ۱ از نظر ارزش هزینه به منافع برای هر دو سیلاب با دوره های بازگشت های ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله اقتصادی می‌باشد.



شکل ۴-۱- مقدار میانگین ارزش هزینه به منافع در دوره بازگشت های ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله برای جاده نمونه شماره ۱

۳-۴- محاسبه و نتایج ارزش هزینه به منافع ترفیع جاده نمونه شماره ۱ و نمونه شماره ۲ بر اساس دوره بازگشت سیلاب ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

۳-۴-۱- محاسبه ارزش هزینه به منافع ترفیع جاده نمونه شماره ۱

محاسبه ارزش هزینه به منافع در جاده نمونه شماره ۱ در سه مرحله به شرح زیر انجام می شود:

الف- برآورد مالی هزینه های ترفیع (Cm)

برای محاسبه ارزش هزینه به منافع جاده، نمونه شماره ۱ به عنوان نمونه با طول ۱۴ کیلومتر در نظر گرفته می شود. تراز ارتفاعی جاده را از گروه نقشه برداری دریافت و با توجه به فرضیات صورت گرفته، برآورد مالی احداث جاده‌ی موجود با توجه به فهرست بهای راه و راه‌آهن سال ۱۴۰۱ انجام می شود. در جدول ۴-۸ نمونه ای از فرضیات موجود در برآورد احداث جاده موجود آورده شده است.

جدول ۴-۸: فرضیات جاده نمونه شماره ۱ نیازمند ترمیم

جاده موجود نیازمند ترمیم		
عرض کل سواره رو آسفالتی	۷.۲	m
عرض شانه خاکی راه در هر طرف	۱.۲۵	m
ارتفاع جاده	۵.۲۲	m
شیب کناره جاده (۱ قائم به ۳ افقی)	۳	
طول جاده	۱۴۰۰۰	m
نرخ تبدیل دلار به ریال مورخ فروردین ۱۴۰۱	۲۶۰۰۰۰	rial
طول سطح لایه محافظ	۱۶.۵۱	m
عرض کل جاده	۹.۷	m

پس از در نظر گرفتن فرضیات برای اجرای جاده مورد نظر با توجه به فهرست بهای راه و راه‌آهن مصوب سال ۱۴۰۱ به برآورد مالی ناشی از تامین مصالح، حمل و اجرای آن پرداخته می شود. در اینجا فاصله حمل مصالح بصورت فرضی در نظر گرفته شده است.

جدول ۴-۹: ارزش مالی کل جاده نمونه شماره ۱ با فرضیات ذکر شده

هزینه ها بر اساس فهرست بهای راه، راه آهن ۱۴۰۱							
معادل هزینه کل به هزار دلار	کل هزینه با ضرایب (میلیون ریال)	تیبه و اجرا با ضرایب (میلیون ریال)	حمل با ضرایب (میلیون ریال)	ضریب بالاسری	ضریب منطقه ای	ارتفاع لایه (متر)	
۵۵۷	۱۴۴,۸۳۷	۱۴۴,۸۳۷	۰	۴۱٪	۲۰٪	۰.۷	پوداشت لجن کف هور
۷,۴۳۸	۱,۹۳۳,۸۶۰	۴۱۶,۶۰۸	۱,۵۱۷,۲۵۲	۴۱٪	۲۰٪	۵.۰۱	لایه با مصالح خاکی (فیلر)
۲۵۵	۶۶,۱۸۰	۱۴,۳۳۲	۵۱,۸۴۸	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	خاک بستر ۱
۲۳۹	۶۲,۱۳۱	۱۳,۴۵۵	۴۸,۶۷۶	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	خاک بستر ۲
۲۲۳	۵۸,۰۸۲	۱۲,۵۷۸	۴۵,۵۰۴	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	خاک بستر ۳
۴۱۸	۱۰۸,۷۶۳	۲۴,۱۰۰	۸۴,۶۶۳	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	زیر اساس
۵۴۶	۱۴۱,۹۰۳	۴۴,۷۸۶	۹۷,۱۱۷	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	اساس
۱,۸۷۲	۴۸۶,۶۰۴	۴۲۱,۹۴۹	۶۴,۶۵۶	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۶	آسفالت
۵,۱۱۵	۱,۳۲۹,۹۶۳	۲۹۵,۶۰۹	۱,۰۳۴,۳۵۴	۴۱٪	۲۰٪	۰.۵	لایه محافظ (سنگ لانه)
۷۱	۱۸,۵۲۹	۱۸,۵۲۹	۰	۴۱٪	۲۰٪	۰	ژئوتکستایل
۱۶,۷۳۴	۴,۳۵۰,۸۵۱	۱,۴۰۶,۷۸۲	۲,۹۴۴,۰۷۰	۰	۰	۵.۲۲	مجموع

بر اساس محاسبات انجام گرفته هزینه ساخت جاده اکتشافات شمالی با تراز موجود ۵/۵۵ حدوداً ۱۶/۷ میلیون دلار است که در جدول ۴-۹ نشان داده شده است. برای ترفیع جاده ارتفاع جدید جاده از اهمیت بالایی برخوردار است. ارتفاع ترفیع جاده بر اساس تراز آب سیلاب با دوره بازگشت معیار تعیین می‌گردد. به این صورت که به مقدار مجموع ضخامت لایه های آسفالت، اساس، زیراساس و مقدار دو سوم لایه خاک بستر به تراز آب سیلاب طراحی اضافه کرد و تراز حاصله را معادل تراز جاده ترفیع شده در نظر گرفت. برای مثال در صورتی که تراز آب در سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله ۴/۹۵ متر باشد باید ۰/۷۶ متر (مجموع ضخامت لایه های آسفالتی، اساس، زیراساس و دو سوم لایه خاک بستر) به این مقدار اضافه گردد تا در صورت وقوع سیلاب ۲۵ ساله تنها یک سوم از ضخامت خاک بستر مستغرق شود که در فرضیات و جلسات صورت گرفته با کارشناسان تجربی در این زمینه این تراز آب حالت بدون خرابی در نظر گرفته شده است که در جدول ۴-۱۰ نشان داده شده است

جدول ۴-۱۰: فرضیات جاده ترفیع شده بر اساس دوره بازگشت ۲۵ ساله در جاده نمونه شماره ۱

جاده ترفیع شده نمونه شماره ۱ بر اساس رقوم دوره بازگشت سیلاب طراحی ۲۵ ساله		
اختلاف ارتفاع قائم تراز جاده جدید و تراز سیلاب طراحی	۰.۷۶	m
تراز سیلاب با دوره بازگشت طراحی ۲۵ ساله	۴.۹۵	m
ارتفاع جاده	۵.۷۱	m
ارتفاع ترفیع نسبت به جاده موجود نیازمند ترمیم	۰.۴۹	m
عرض کل سواره رو آسفالتی	۷.۲	m
عرض شانه خاکی راه در هر طرف	۱.۲۵	m
شیب کناره جاده (۱ قائم به ۳ افقی)	۳	
طول جاده	۱۴۰۰۰	m
طول سطح لایه محافظ	۱۸.۰۶	m
عرض کل جاده	۹.۷	m

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

از تفاوت بین تراز جاده ترفیع شده و جاده اولیه نمونه شماره ۱ مقدار تراز قائم ترفیع قابل محاسبه است. اگر ارتفاع ترفیع کمتر از مجموع ضخامت های لایه خاک بستر، لایه زیر اساس، اساس و آسفالتی باشد، برای ترفیع نیازی به اضافه کردن لایه با مصالح خاکی نیست و ترفیع بر روی لایه آسفالتی جاده اولیه انجام می شود ولی اگر تراز ترفیع بیشتر از مجموع تراز های خاک بستر، زیراساس، اساس و آسفالت باشد لازم است تا برای حفظ شیب کناره جاده از کف تالاب مجدداً به خاکریزی مصالح خاکی یا فیلر اقدام نمود. در هر حالت (نیاز به فیلر و عدم نیاز به فیلر) مقدار هزینه هر لایه با توجه به حجم مصالح موردنیاز و هزینه های برآورد شده با فهرست بهای سال ۱۴۰۱ محاسبه می گردد.

در ادامه برای دوره بازگشت ۲۵ ساله و نیز ۱۰۰ ساله مقدار هزینه ترفیع جاده نمونه شماره ۱ محاسبه شده است. لازم به ذکر است که در ترفیع برای دوره بازگشت ۲۵ ساله به دلیل کمتر بودن ارتفاع ترفیع از ۹۱ سانتی متر (مجموع ضخامت سه لایه خاک بستر، لایه زیراساس، لایه اساس و لایه آسفالتی) نیازی به اجرای فیلر نیست ولی برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به اجرای فیلر در جاده برای ترفیع نیاز است که در جدول ۴-۱۱ و ۴-۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۱: برآورد هزینه ترفیع جاده نمونه شماره ۱ برای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله

هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (هزار دلار)	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (میلیون ریال)	درصد نیاز هر لایه برای ترفیع	ضخامت لایه های لازم برای ترفیع جاده موجود	طول لایه محافظ	ارتفاع لایه (متر)	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (هزار دلار)	
						هزینه کل ترفیع:	۳,۳۲۵
۰	۰	۰٪	۰	۰	۰.۱۵	خاک بستر ۱	۰
۰	۰	۰٪	۰	۰	۰.۱۵	خاک بستر ۲	۰
۴۵	۱۱,۶۱۶	۲۰٪	۰.۰۳	۰	۰.۱۵	خاک بستر ۳	۴۵
۴۱۸	۱۰,۸۷۶۳	۱۰۰٪	۰.۱۵	۰	۰.۱۵	زیر اساس	۴۱۸
۵۴۶	۱۴۱,۹۰۳	۱۰۰٪	۰.۱۵	۰	۰.۱۵	اساس	۵۴۶
۱,۸۷۲	۴۸۶,۶۰۴	۱۰۰٪	۰.۱۶	۰	۰.۱۶	آسفالت	۱,۸۷۲
۴۴۵	۱۱۵,۷۲۰	۸۶٪	۰	۱.۵۵	۱۸.۰۶	لایه محافظ (سنگ لاشه) و زونکتسنایل	۴۴۵
۳,۳۲۵	۸۶۴,۶۰۶		۰.۴۹		۰.۹۱	مجموع	۳,۳۲۵

هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (هزار دلار)	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (میلیون ریال)	حجم هر لایه برای ترفیع	ضخامت لایه های لازم برای ترفیع جاده موجود	طول لایه محافظ	ارتفاع لایه (متر)	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (هزار دلار)	
						هزینه کل ترفیع:	۳,۳۲۵
۰	۰	۰	۰.۰۰	۰	۵.۵	لایه با مصالح خاکی (فیلر)	۰
۰	۰	۰	۰.۰۰	۰	۰.۱۵	خاک بستر ۱	۰
۰	۰	۰	۰.۰۰	۰	۰.۱۵	خاک بستر ۲	۰
۰	۰	۰	۰.۰۰	۰	۰.۱۵	خاک بستر ۳	۰
۰	۰	۰	۰.۰۰	۰	۰.۱۵	زیر اساس	۰
۰	۰	۰	۰.۰۰	۰	۰.۱۵	اساس	۰
۰	۰	۰	۰.۰۰	۰	۰.۱۶	آسفالت	۰
۰	۰	۰	۰.۰۰	۰	۱۸.۰۶	لایه محافظ (سنگ لاشه) و زونکتسنایل	۰
۰	۰	۰	۰.۰۰	۰	۰.۹۱	مجموع	۰

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۴-۱۲: برآورد هزینه ترفیع جاده اکتشافات شمالی برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله

هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (هزار دلار)	درصد نیاز هر لایه برای ترفیع	سخت‌ترین لایه های لازم برای ترفیع جاده موجود	طول لایه محافظ	ارتفاع لایه (متر)	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (میلیون ریال)	
					حجم هر لایه برای ترفیع	هزینه کل ترفیع
۰	۰٪	۰	۰	۰.۱۵	۰	۰
۰	۰٪	۰	۰	۰.۱۵	۰	۰
۰	۰٪	۰	۰	۰.۱۵	۰	۰
۰	۰٪	۰	۰	۰.۱۵	۰	۰
۰	۰٪	۰	۰	۰.۱۵	۰	۰
۰	۰٪	۰	۰	۰.۱۶	۰	۰
۰	۰٪	۰	۰.۰۰	۱۸.۰۶	۰	۰
۰	۰	۱.۰۵	۰	۰.۹۱	۰	۰
۱،۱۴۵	۲۶،۹۱۷	۶،۰۶	۰	۶،۰۶	۲۹۷،۶۹۴	۱،۱۴۵
۲۵۵	۳۰،۸۹۱	۰.۱۵	۰	۰.۱۵	۶۶،۱۸۰	۲۵۵
۲۳۹	۲۹،۰۰۱	۰.۱۵	۰	۰.۱۵	۶۲،۱۳۱	۲۳۹
۲۳۳	۲۷،۱۱۱	۰.۱۵	۰	۰.۱۵	۵۸،۰۸۲	۲۳۳
۴۱۸	۲۵،۲۲۱	۰.۱۵	۰	۰.۱۵	۱۰۸،۷۶۳	۴۱۸
۵۴۶	۲۸،۹۳۱	۰.۱۵	۰	۰.۱۵	۱۴۱،۹۰۳	۵۴۶
۱،۸۷۲	۱۶،۱۳۸	۰.۱۶	۰	۰.۱۶	۴۸۶،۶۰۴	۱،۸۷۲
۶،۳۳۰	۲۷۷،۵۸۵	۱۹،۸۳	۱۹،۸۳	۱۹،۸۳	۱،۶۱۹،۳۴۱	۶،۳۳۰
۱۰،۹۲۷						۱۰،۹۲۷
					هزینه کل ترفیع:	۱۰،۹۲۷

ب- برآورد هزینه‌های خسارت ناشی از سیلاب (Cp + Cr)

هر سیلاب با دوره بازگشت مشخص، دارای تراز آب معادلی است که از روی تراز آب وارترتفاع جاده مورد نظر می‌توان مقدار خسارت وارده را محاسبه کرد. به این منظور چهار دسته بندی باتوجه به موقعیت تراز آب سیلاب در جاده موجود می‌توان مشخص کرد که دسته بندی های آن موقعیت ترازى بدون آسیب، آسیب جزئی، آسیب کلی و تخریب و خروج از خدمت است که در جدول ۴-۱۳ بر اساس تراز های مختلف هر دسته بندی از خرابی مشخص شده است. برای هر کدام از دسته بندی های خرابی با استفاده از نظر کارشناس مربوطه در این زمینه مقدار حجم خرابی هر یک از لایه های جاده به صورت درصدی بیان شده است. با ضرب این درصد ها در مقادیر قیمت های برآورد شده هر لایه از جاده اولیه و جمع هزینه های اختصاص یافته به هر لایه می‌توان کل هزینه ترمیم جاده را محاسبه کرد. ضمناً خسارت های ناشی از هزینه توقف تولید و نیز گیر کردن دکل حفاری برای دسته بندی خرابی از نوع تخریب در نظر گرفته شده است که با توجه به موقعیت جاده و تعداد سله های فعال و سله های در حال حفاری قابل برآورد است. فرضیات انجام شده مربوط به هزینه توقف تولید و گیر کردن دکل حفاری جدول ۴-۱۴ شرح داده شده است.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۴-۱۳: خرابی های جاده نمونه شماره ۱ و حالات حدی وقوع خرابی

هزینه خسارت ها				درصد هزینه ترمیم مورد نیاز در هر دسته بندی خرابی										خرابی		سیلاب		تراز آب نسبت به جاده	
جمع کل هزینه خسارت سیلاب (هزار دلار)	جمع کل هزینه خسارت سیلاب (میلیون ریال)	هزینه گیر کردن دکل حفاری (میلیون ریال)	هزینه توقف تولید (میلیون ریال)	هزینه ترمیم (میلیون ریال)	حفاظت کاره جاده		خاک بستر		اساس و زیراساس		اسفالت		توصیف	دیف	دسته بندی	دوره بازگشت (معادل با تراز آب (سال))	ELw-Elr (m)	ELw-Elr < -۰.۷۶	
					اجرا	اصالح	اجرا	اصالح	اجرا	اصالح	اجرا	اصالح							
۰	۰	۰	۰	۰	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	ندارد	ندارد	بدون آسیب		ELw < ۴.۶	ELw-Elr < -۰.۷۶	
۵۶۱	۱۴۵,۹۸۱	۰	۰	۱۴۵,۹۸۱	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۳۰٪	۳۰٪	صدمه به اسفالت ناشی از آبگرفتگی خاک بستر و از بین رفتن تراکم آن	۱	آسیب جزئی	۴.۶ < ELw < ۴.۶	ELw-Elr < -۰.۷۶	
۴,۷۱۵	۱,۲۲۵,۹۹۱	۰	۰	۱,۲۲۵,۹۹۱	۰٪	۳٪	۳٪	۱۰٪	۳۰٪	۱۰٪	۱۰٪	۱۰٪	۱۰٪	۱	آسیب کلی	۲۵	۴.۶ < ELw < ۵.۲۲	ELw < -۰.۴۶	
														۲					
														۳					
														۴					
۱,۱۵۲,۶۱۴	۲۹۹,۹۳۶,۶۵۱	۷۴۸,۸۰۰	۲۹۴,۸۴۰,۰۰۰	۴,۳۵۰,۸۵۱	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۵	تخریب و خروج از خدمت	۵۰ ۱۰۰ ۲۰۰ ۳۰۰ ۵۰۰	ELw > ۵.۲۲	ELw-Elr < -۰.۴۶	
														۶					
														۷					
														۸					
														۹					
														۱۰					
														۱۱					
														۱۲					
														۱۳					

جدول ۴-۱۴: برآورد خسارت ناشی از توقف تولید و گیر کردن دکل حفاری در جاده نمونه شماره ۱

خروج تولید نفت از مدار	زمان توقف تولید (روز)	حجم عدم تولید روزانه نفت (بشکه)	قیمت هر بشکه نفت (دلار)	تعداد سله های خارج شده از مدار تولید	نرخ تبدیل دلار به ریال مورخ فروردین ۱۴۰۱	کل خسارت توقف تولید (میلیون ریال)
گیر کردن دکل حفاری	زمان گیر کردن دکل حفاری (روز)	خسارت اجاره روزانه هر دکل حفاری (دلار)	تعداد دکل حفاری گیر کرده	نرخ تبدیل دلار به ریال مورخ فروردین ۱۴۰۱	کل خسارت گیر کردن دکل حفاری (میلیون ریال)	
						۱۸۰

با توجه به تراز سیلاب در دوره بازگشت های مختلف و تراز هر یک از دسته بندی های خرابی، سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله در دسته بندی آسیب کلی و سیلاب با دوره بازگشت ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ در دسته بندی تخریب و خروج از خدمت در جاده نمونه شماره ۱ قرار می گیرد. سپس میزان خسارات ناشی از هر سیلاب با توجه به دسته بندی هر خرابی محاسبه می گردد.

پ- محاسبه ارزش هزینه به منافع

برای محاسبه ارزش هزینه به منافع، هزینه ترفیع جاده باید نسبت به هزینه خسارتی که سیلاب بر جاده ترفیع نشده (جاده اولیه) بر جای می گذارد در یک دوره بازگشت ثابت مقایسه شود. در این بخش ابتدا یک دوره بازگشت مشخص در نظر گرفته می شود. سپس هزینه ترفیع جاده اولیه بنا محاسبه می گردد و در مرحله بعد مقدار خسارتی که همان سیلاب بر جاده اولیه بدون ترفیع وارد می کند، محاسبه می شود. لازم به ذکر است که هزینه خسارت ناشی از سیلاب همان منافی است که در صورت ترفیع از این خسارت جلوگیری می شود. در نهایت هم با جایگذاری هزینه های برآورد شده و اعمال نرخ بهره و نیز عمر مفید جاده مقدار پارامتر CBV محاسبه می شود.

در جدول ۴-۱۵ مقدار CBV در ۲۵ سال عمر مفید سازه به ازای دوره بازگشت های مختلف ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ ساله با فرض نرخ بهره دلاری ۳٪ بر روی جاده نمونه شماره ۱ محاسبه شده است.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۴-۱۵: مقدار ارزش هزینه به منافع به ازای دوره بازگشت های مختلف در جاده نمونه شماره ۱

دوره بازگشت سیلاب (سال)												مقدار CBV به ازای دوره بازگشت سیلاب با توجه به سال وقوع خرابی (y) در عمر مفید جاده		
۵۰۰		۳۰۰		۲۰۰		۱۰۰		۵۰		۲۵		هزینه خسارت سیلاب (دلار)		y
%	r	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r	Cr-Cp	Cr-Cp	
Ta	n	Ta	n	Ta	n	Ta	n	Ta	n	Ta	n	Cr-Cp	Cr-Cp	
POF	POF	POF	POF	POF	POF	POF	POF	POF	POF	POF	POF	Cr-Cp	Cr-Cp	
Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cr-Cp	Cr-Cp	
۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱۱,۳۹۸,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱
۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۲۴,۶۹۰,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۲
۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۳۸,۰۸۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۳
۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۵۱,۴۷۴,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۴
۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۶۴,۸۶۶,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۵
۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۷۸,۲۵۸,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۶
۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۹۱,۶۵۰,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۷
۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱۰۵,۰۴۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۸
۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱۱۸,۴۳۴,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۹
۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱۳۱,۸۲۶,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱۰
۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱۴۵,۲۱۸,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱۱
۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱۵۸,۶۱۰,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱۲
۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱۷۲,۰۰۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱۳
۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱۸۵,۳۹۴,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱۴
۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱۹۸,۷۸۶,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱۵
۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۲۱۲,۱۷۸,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱۶
۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۲۲۵,۵۷۰,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱۷
۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۲۳۸,۹۶۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱۸
۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۲۵۲,۳۵۴,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱۹
۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۲۶۵,۷۴۶,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۲۰
۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۲۷۹,۱۳۸,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۲۱
۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۹۲,۵۳۰,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۲۲
۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۳۰۵,۹۲۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۲۳
۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۳۱۹,۳۱۴,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۲۴
۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۳۳۲,۷۰۶,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۲۵
۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۳۴۶,۰۹۸,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	۱,۵۳۲,۰۰۰	میانگین CBV

۴-۳-۲- محاسبه ارزش هزینه به منافع ترفیع جاده نمونه شماره ۲

در نمونه شماره ۲ نیز مشابه جاده نمونه شماره ۱ در سه مرحله ابتدا هزینه ترفیع جاده محاسبه می‌گردد. سپس مقدار هزینه خسارت ناشی از سیلاب به ازای دوره بازگشت های مختلف با توجه به عدم وجود دکل حفاری و یک سلر در این جاده برآورد می‌شود. در نهایت مقدار ارزش هزینه به منافع با استفاده از معادله مربوطه در آیین نامه DNV محاسبه می‌شود. در ادامه تمامی مطالب شرح داده شده برای جاده شماره ۲ مشابه با جاده شماره ۱ به شرح جدول های زیر تکرار می‌شود.

جدول ۴-۱۶: فرضیات جاده موجود نیازمند ترمیم جاده نمونه شماره ۲

جاده موجود نیازمند ترمیم (شط علی)		
عرض کل سواره رو آسفالتی	۷.۲	m
عرض شانه خاکی راه در هر طرف	۱.۲۵	m
ارتفاع جاده	۵.۵۲	m
شیب کناره جاده (قائم به ۳ افقی)	۳	
طول جاده	۱۲۰۰۰	m
نرخ تبدیل دلار به ریال مورخ فروردین ۱۴۰۱	۲۶۰۰۰۰	rial
طول سطح لایه محافظ	۱۷.۴۶	m
عرض کل جاده	۹.۷	m

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۴-۱۷: ارزش مالی کل جاده نمونه شماره ۲ با فرضیات ذکر شده

هزینه ها بر اساس فهرست پهای راه، راه آهن ۱۴۰۱							
معادل هزینه کل به هزار دلار	کل هزینه با ضرایب (میلیون ریال)	تهیه و اجرا با ضرایب (میلیون ریال)	حمل با ضرایب (میلیون ریال)	ضریب بالاسری	ضریب منقذه ای	ارتفاع لایه (متر)	
						یرواشت لجن کف هور	لایه با مصالح خاکی (فیلر)
۴۹۶	۱۲۹,۰۸۷	۱۲۹,۰۸۷	۰	۴۱٪	۲۰٪	۰.۷	یرواشت لجن کف هور
۷,۰۳۸	۱,۸۲۹,۷۷۷	۳۹۴,۱۸۵	۱,۴۳۵,۵۹۲	۴۱٪	۲۰٪	۵.۳۱	لایه با مصالح خاکی (فیلر)
۲۱۸	۵۶,۷۲۶	۱۲,۲۸۴	۴۴,۴۴۱	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	خاک بستر ۱
۲۰۵	۵۳,۲۵۵	۱۱,۵۳۳	۴۱,۷۲۲	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	خاک بستر ۲
۱۹۱	۴۹,۷۸۴	۱۰,۷۸۱	۳۹,۰۰۳	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	خاک بستر ۳
۳۵۹	۹۳,۲۲۵	۲۰,۶۵۷	۷۲,۵۶۸	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	زیر اساس
۴۶۸	۱۲۱,۶۳۱	۳۸,۳۸۸	۸۳,۲۴۳	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۵	اساس
۱,۶۰۴	۴۱۷,۰۸۹	۳۶۱,۶۷۰	۵۵,۴۱۹	۴۱٪	۲۰٪	۰.۱۶	آسفالت
۴,۶۳۶	۱,۲۰۵,۴۸۴	۲۶۷,۹۴۲	۹۳۷,۵۴۳	۴۱٪	۲۰٪	۰.۵	لایه محافظ (سنگ لانه)
۶۵	۱۶,۷۹۵	۱۶,۷۹۵	۰	۴۱٪	۲۰٪	۰	ژئوتکستایل
۱۵,۲۸۰	۳,۹۷۲,۸۵۵	۱,۲۶۳,۳۲۲	۲,۷۰۹,۵۳۲	۰	۰	۵.۵۲	مجموع

جدول ۴-۱۸: رضیات جاده ترفیع شده بر اساس دوره بازگشت ۲۵ساله در جاده نمونه شماره ۲

جاده ترفیع شده نمونه شماره ۲ بر اساس تراز دوره بازگشت سیلاب طراحی ۲۵ ساله		
اختلاف ارتفاع قائم تراز جاده جدید و تراز سیلاب طراحی	۰.۷۶	m
تراز سیلاب با دوره بازگشت طراحی ۲۵ ساله	۴.۹۵	m
ارتفاع جاده	۵.۷۱	m
ارتفاع ترفیع نسبت به جاده موجود نیازمند ترمیم	۰.۱۹	m
عرض کل سواره رو آسفالتی	۷.۲	m
عرض شانه خاکی راه در هر طرف	۱.۲۵	m
شیب کناره جاده (قائم به ۳ افقی)	۳	
طول جاده	۱۲۰۰۰	m
طول سطح لایه محافظ	۱۸.۰۶	m
عرض کل جاده	۹.۷	m

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۴-۱۹: برآورد هزینه ترفیع جاده نمونه شماره ۲ برای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله

هزینه ترفیع در صورت عدم نیاز به فیلر	ارتفاع لایه (متر)	طول لایه محافظ	ضخامت لایه های لازم برای ترفیع جاده موجود	درصد نیاز هر لایه برای ترفیع	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (میلیون ریال)	
					حجم هر لایه برای ترفیع	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (هزار دلار)
خاک بستر ۱	۰.۱۵	۰	۰	۰.۰٪	-	-
خاک بستر ۲	۰.۱۵	۰	۰	۰.۰٪	-	-
خاک بستر ۳	۰.۱۵	۰	۰	۰.۰٪	-	-
زیر اساس	۰.۱۵	۰	۰	۰.۰٪	-	-
اساس	۰.۱۵	۰	۰.۰۳	۲۰.۰٪	۲۴,۳۲۶	۹۴
اسفالت	۰.۱۶	۰	۰.۱۶	۱۰۰.۰٪	۴۱۷,۰۸۹	۱,۶۰۴
لایه محافظ (سنگ لاشه) و زئوتکستایل	۱۸.۰۶	۰.۶۰	۰	۳.۳٪	۴۰,۶۷۱	۱۵۶
مجموع	۰.۹۱	۰.۱۹	۰.۱۹		۴۸۲,۰۸۷	۱,۸۵۴

هزینه ترفیع در صورت نیاز به فیلر	ارتفاع لایه (متر)	طول لایه محافظ	ضخامت لایه های لازم برای ترفیع جاده موجود	درصد نیاز هر لایه برای ترفیع	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (میلیون ریال)	
					حجم هر لایه برای ترفیع	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (هزار دلار)
لایه با مصالح خاکی (فیلر)	۵.۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
خاک بستر ۱	۰.۱۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
خاک بستر ۲	۰.۱۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
خاک بستر ۳	۰.۱۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
زیر اساس	۰.۱۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
اساس	۰.۱۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
اسفالت	۰.۱۶	۰	۰.۰۰	-	-	-
لایه محافظ (سنگ لاشه) و زئوتکستایل	۱۸.۰۶	۰.۰۰	۰.۰۰	-	-	-
مجموع						۱,۸۵۴

جدول ۴-۲۰: برآورد هزینه ترفیع جاده نمونه شماره ۲ برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله

هزینه ترفیع در صورت عدم نیاز به فیلر	ارتفاع لایه (متر)	طول لایه محافظ	ضخامت لایه های لازم برای ترفیع جاده موجود	درصد نیاز هر لایه برای ترفیع	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (میلیون ریال)	
					حجم هر لایه برای ترفیع	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (هزار دلار)
خاک بستر ۱	۰.۱۵	۰	۰	۰.۰٪	-	-
خاک بستر ۲	۰.۱۵	۰	۰.۱۴	۹۳.۳٪	۴۹,۷۰۵	۱۹۱
خاک بستر ۳	۰.۱۵	۰	۰.۱۵	۱۰۰.۰٪	۴۹,۷۸۴	۱۹۱
زیر اساس	۰.۱۵	۰	۰.۱۵	۱۰۰.۰٪	۹۳,۲۲۵	۳۵۹
اساس	۰.۱۵	۰	۰.۱۵	۱۰۰.۰٪	۱۲۱,۶۳۱	۴۶۸
اسفالت	۰.۱۶	۰	۰.۱۶	۱۰۰.۰٪	-	-
لایه محافظ (سنگ لاشه) و زئوتکستایل	۱۸.۰۶	۲.۱۶	۰	۱۲.۰٪	۱۴۶,۲۰۶	۵۶۲
مجموع	۰.۹۱	۰.۷۵	۰.۷۵		۴۶۰,۵۵۱	۱,۷۷۱

هزینه ترفیع در صورت نیاز به فیلر	ارتفاع لایه (متر)	طول لایه محافظ	ضخامت لایه های لازم برای ترفیع جاده موجود	درصد نیاز هر لایه برای ترفیع	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (میلیون ریال)	
					حجم هر لایه برای ترفیع	هزینه، حمل و اجرا و تهیه برای هر لایه (هزار دلار)
لایه با مصالح خاکی (فیلر)	۶.۰۶	۰	۰.۰۰	-	-	-
خاک بستر ۱	۰.۱۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
خاک بستر ۲	۰.۱۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
خاک بستر ۳	۰.۱۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
زیر اساس	۰.۱۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
اساس	۰.۱۵	۰	۰.۰۰	-	-	-
اسفالت	۰.۱۶	۰	۰.۰۰	-	-	-
لایه محافظ (سنگ لاشه) و زئوتکستایل	۱۹.۸۳	۰.۰۰	۰.۰۰	-	-	-
مجموع						۱,۷۷۱

جدول ۴-۲۱: برآورد خسارت ناشی از توقف تولید و گیر کردن دکل حفاری در جاده نمونه شماره ۲

کل خسارت توقف تولید (میلیون ریال)	نرخ تبدیل دلار به ریال مورخ فروردین ۱۴۰۱	تعداد سله های خارج شده از مدار تولید	قیمت هر بشکه نفت (دلار)	حجم عدم تولید روزانه نفت (بشکه)	زمان توقف تولید (روز)	خروج تولید نفت از مدار
۴۲,۱۲۰,۰۰۰	۲۶۰,۰۰۰	۱	۹۰	۱,۰۰۰	۱۸۰	
۰	۲۶۰,۰۰۰	۰	۸,۰۰۰	خسارت اجاره روزانه هر دکل حفاری (دلار)	زمان گیر کردن دکل حفاری (روز)	گیر کردن دکل حفاری

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۴-۲۲: خرابی های جاده نمونه شماره ۲ و حالت های حدی وقوع خرابی

سیلاب		تراز آب نسبت به جاده		خرابی								خرابه		خرابه		خرابه	
دوره بازگشت (معادل با تراز آب (سال))	دسته بندی	ردیف	توصیف	مصلح	اجرا	مصلح	اجرا	مصلح	اجرا	مصلح	اجرا	مصلح	اجرا	مصلح	اجرا	مصلح	اجرا
۲۵	بدون آسیب	۱	نداره	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪
۲۵	آسیب جزئی	۲	ندمه به اسفالت ناشی از انقباض خاک ستر و از بین رفتن تراکم آن	۳٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪
۵۰ ۱۰۰	آسیب کفی	۱ ۲ ۳ ۴ ۵	ندمه به اسفالت سده به آسفالته و زیر آسفالته سده به شسته روک سده به لایه محافظ شیبوری سده به لایه خاک ستر	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪
۲۰۰ ۳۰۰ ۵۰۰	تخریب و خروج از خدمت	۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳	لنتکی لایه اسفالت لنتکی آسفالته و زیر آسفالته لنتکی لایه محافظ شیبوری لنتکی لایه خاک ستر عدم دسترسی به موج برای جوانات خروج تولید نفت از ستر گستر گزند رگن خطی گورشنی دید راننده وقتی مسافت آنرا ل روی جاده بیشتر از ۵ سانتیمتر باشد	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪

جدول ۴-۲۳: مقدار ارزش هزینه به منافع به ازای دوره بازگشت های مختلف در جاده نمونه شماره ۲

دوره بازگشت سیلاب (سال)		۵۰۰		۳۰۰		۲۰۰		۱۰۰		۵۰		۲۵		مقدار CBV به ازای دوره بازگشت سیلاب با توجه به سال وقوع خرابی (Y) در عمر مفید جاده	Y
Ts	n	Ts	n	Ts	n	Ts	n	Ts	n	Ts	n	Ts	n		
POF	Cm	POF	Cm	POF	Cm	POF	Cm	POF	Cm	POF	Cm	POF	Cm		
۰.۰۴۹	۰.۰۹۹	۰.۰۲۹	۰.۰۵۸	۰.۰۱۹	۰.۰۳۸	۰.۰۰۹	۰.۰۱۹	۰.۰۰۴	۰.۰۰۹	۰.۰۰۲	۰.۰۰۴	۰.۰۰۱	۰.۰۰۲	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۱
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۲
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۳
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۴
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۵
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۶
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۷
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۸
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۹
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱۰
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱۱
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱۲
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱۳
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱۴
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱۵
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱۶
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱۷
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱۸
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۱۹
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۲۰
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۲۱
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۲۲
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۲۳
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۲۴
۳۶۷۰.۰۰۰	۳۶۷۰.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۱۸۳۵.۰۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۹۱۷.۵۰۰	۴۵۸.۷۵۰	۴۵۸.۷۵۰	۲۲۹.۳۷۵	۲۲۹.۳۷۵	۱۱۴.۶۸۷	۱۱۴.۶۸۷	۵۷.۳۴۳	۵۷.۳۴۳	۱۵۳۵۰۰۰	۲۵
۰.۰۵۴۰	۰.۰۳۱۶	۰.۰۲۱۰	۰.۰۱۰۴	۰.۰۰۴۰	۰.۰۲۳۶	۰.۰۰۰۰	۰.۰۱۰۴	۰.۰۰۰۰	۰.۰۲۳۶	۰.۰۰۰۰	۰.۰۱۰۴	۰.۰۰۰۰	۰.۰۲۳۶	۰.۰۰۰۰	۰.۰۲۳۶

۳-۳-۴- نتایج محاسبات ارزش هزینه به منافع برای ترفیع جاده های نمونه شماره ۱ و ۲ بر اساس دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله

در جاده های موجود، موضوع هزینه به فایده برای ترفیع یا عدم ترفیع از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین تمامی پروژه ها قبل از اجرا باید از نظر صرفه اقتصادی مورد بررسی قرار گیرند. در ادامه نتایج هر کدام از جاده های نمونه شماره ۱ و ۲ مورد ارزیابی قرار می گیرد.

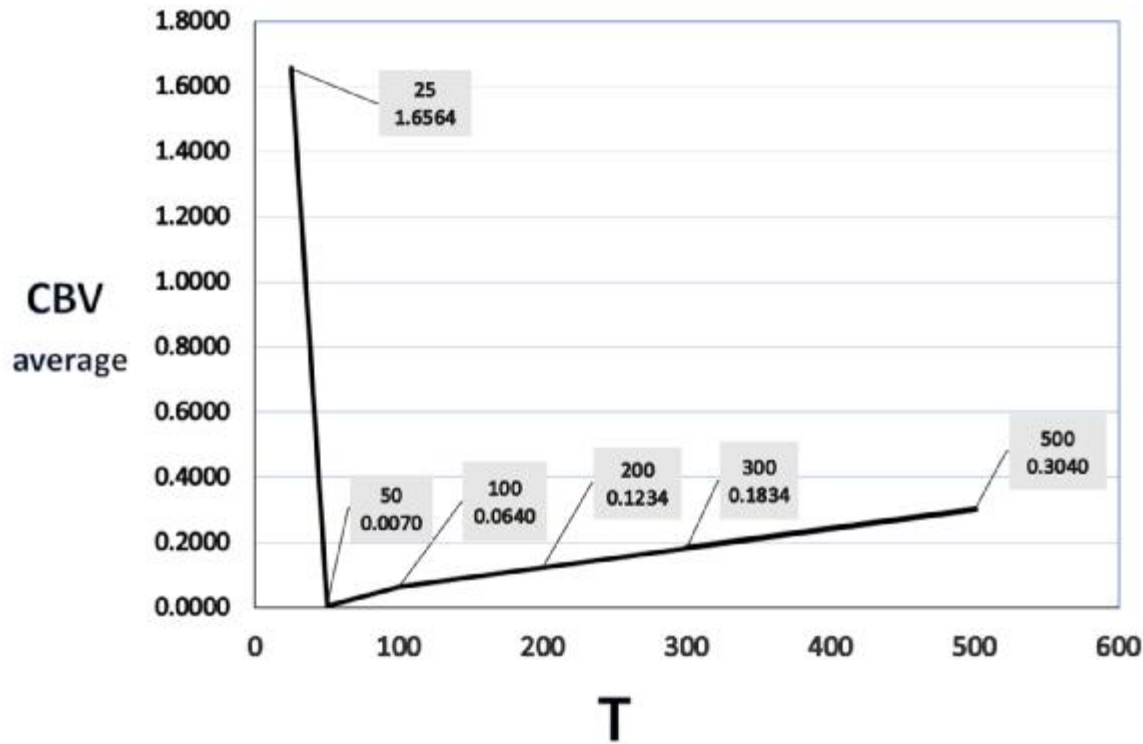
الف- جاده نمونه شماره ۱

(۱) بر اساس آنالیز ارزش هزینه به منافع:

- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۱۶۵٪ است. (هزینه ترمیم غیر اقتصادی)
- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۰/۷٪ است. (هزینه ترمیم اقتصادی)
- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۶/۴٪ است. (هزینه ترمیم اقتصادی)
- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۱۲/۳٪ است. (هزینه ترمیم اقتصادی)
- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۳۰۰ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۱۹/۳٪ است. (هزینه ترمیم اقتصادی)
- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۵۰۰ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۳۰/۴٪ است. (هزینه ترمیم اقتصادی)

نتایج در شکل ۴-۲۴ نشان داده شده است.

(۲) نتایج به دست آمده از ارزش هزینه به منافع هرچقدر عدد کوچکتری شود از نظر اقتصادی صرفه بیشتری دارد. در برآورد اقتصادی صورت گرفته برای ترفیع جاده های موجود کمترین و اقتصادی ترین مقدار میانگین نسبت CBV ، به ازای دوره بازگشت ۵۰ ساله با میانگین ارزش هزینه به منافع ۰/۷٪ است. این عدد به این معنی است که هزینه های این فعالیت اقتصادی برابر با ۰,۰۰۷ منافع آن است. به بیان کامل تر هزینه های ترفیع جاده اکتشافات برمبنای دوره بازگشت سیلاب ۵۰ ساله، برابر با ۰/۷٪ خسارت های عدم ترفیع جاده در برابر همین سیلاب است. به دلیل تفاوت زیاد بین هزینه و منافع و پایین بودن مقدار هزینه در مقابل منافی که می تواند این ترفیع در برابر خرابی ها و قطع تولید نفت خام داشته باشد اقدام به ترفیع این پروژه، اقتصادی تلقی می شود.



جدول ۴-۲۴: نمودار مقدار میانگین ارزش هزینه به منافع در دوره بازگشت های مختلف برای جاده نمونه

شماره ۱

(۳) همانطور که در شکل ۴-۲۴ مشاهده می‌شود، به ازای دوره بازگشت ۲۵ ساله پروژه از نظر اقتصادی توجیه ندارد و هزینه‌های ناشی از خسارت سیلاب ۲۵ ساله کمتر از هزینه های ترفیع جاده است و از نظر ارزش هزینه به منافع بهتر است هیچگونه هزینه ای برای ترفیع صورت نگیرد و در صورت خرابی، جاده ترمیم شود. در نتیجه ترفیع به ازای دوره بازگشت ۲۵ ساله به دلیل عدم اقتصادی بودن آن پیشنهاد نمی‌گردد.

(۴) به ازای دوره بازگشت های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ همگی مقدار ارزش هزینه به فایده کمتر از عدد یک است ولی از لحاظ ارزش هزینه به فایده نقطه بهینه دوره بازگشت ۵۰ ساله با نسبت ۰/۷٪ است.

(۵) از دوره بازگشت ۵۰ ساله تا ۵۰۰ ساله به دلیل قرار گرفتن سیلاب ها در دسته بندی تخریب و قطع تولید نفت خام در تمامی این دوره بازگشت ها از نظر خسارت وارده ناشی از سیلاب برابر هستند. هزینه‌های ترفیع نیز با افزایش دوره بازگشت سیلاب افزایش می‌یابد. بنابراین با افزایش دوره بازگشت از ۵۰ ساله به ۵۰۰ ساله، دو مقدار احتمال وقوع سیلاب و هزینه ترفیع جاده به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد که این امر باعث افزایش نسبت میانگین CBV می‌گردد.

(۶) علی‌رغم اعمال ضرایب کاهنده و نرخ تورم برای منافع ناشی از ترفیع، ارزش هزینه به منافع در دوره بازگشت های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ ساله کمتر از یک و مقدار هزینه‌ها بسیار کمتر از منافع کاهش یافته، به دست آمد.

(۷) در برآورد خسارت های ناشی از سیلاب در دسته بندی خرابی تخریب و خروج از خدمت، خسارت مالی قطع تولید نفت خام حدودا برابر ۱ میلیارد و ۱۰۰ میلیون دلار و خسارت ناشی از ترمیم جاده حدودا برابر ۱۶ میلیون دلار برآورد شده است. با توجه به

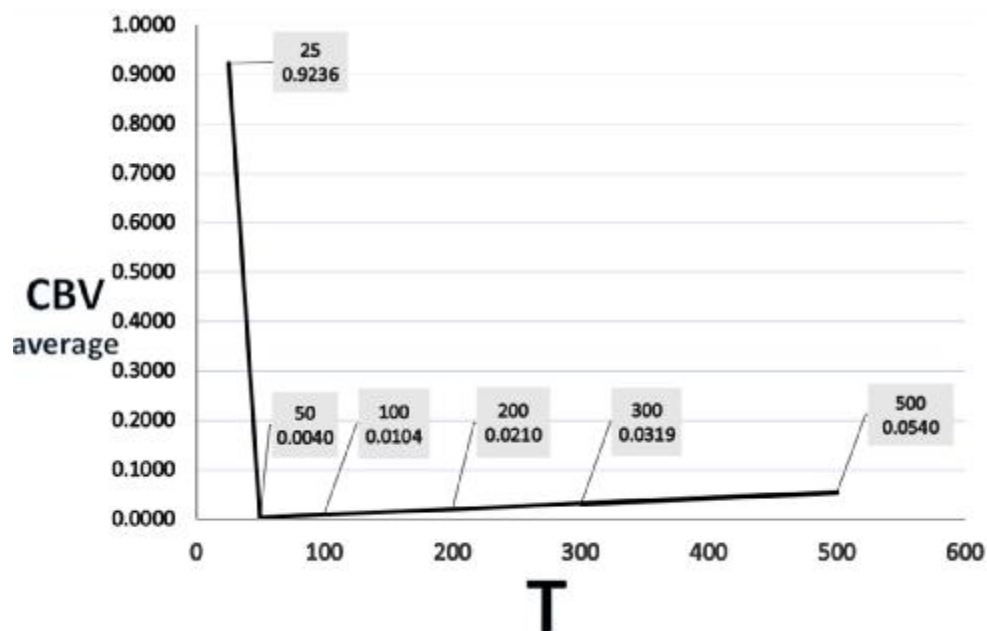
سهم زیاد خسارت ناشی از قطع تولید به نسبت خسارت های دیگر سیلاب، باید حتی الامکان تراز جاده به صورتی تعیین گردد که این نوع خرابی و قطع تولید نفت اتفاق نیفتد.

الف-جاده نمونه شماره ۲

(۱) بر اساس آنالیز ارزش هزینه به منافع:

- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۹۲,۳٪ است. (هزینه ترمیم اقتصادی)
- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۰,۴٪ است. (هزینه ترمیم اقتصادی)
- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۱٪ است. (هزینه ترمیم اقتصادی)
- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۲٪ است. (هزینه ترمیم اقتصادی)
- ✓ به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۳۰۰ ساله ارزش هزینه به منافع برابر ۳,۲٪ است. (هزینه ترمیم اقتصادی)

(۲) نتایج به دست آمده از ارزش هزینه به منافع هرچقدر عدد کوچکتری شود از نظر اقتصادی صرفه بیشتری دارد. در برآورد اقتصادی صورت گرفته برای ترفیع جاده های موجود همانطور که در شکل ۴-۲۵ مشاهده می شود کمترین و اقتصادی ترین مقدار میانگین نسبت CBV، به ازای دوره بازگشت ۵۰ ساله با میانگین ارزش هزینه به منافع ۰,۴٪ است. این عدد به این معنی است که هزینه های این فعالیت اقتصادی برابر با ۰,۰۰۴ منافع آن است. به بیان کامل تر هزینه های ترفیع جاده اکتشافات بر مبنای دوره بازگشت سیلاب ۵۰ ساله، برابر با ۰,۴٪ خسارت های عدم ترفیع جاده در برابر همین سیلاب است. به دلیل تفاوت زیاد بین هزینه و منافع و پایین بودن مقدار هزینه در مقابل منافی که می تواند این ترفیع در برابر خرابی ها و قطع تولید نفت خام داشته باشد اقدام به ترفیع این پروژه، اقتصادی تلقی می شود.



جدول ۴-۲۵: نمودار مقدار میانگین ارزش هزینه به منافع در دوره بازگشت های مختلف برای جاده نمونه شماره ۲

- (۳) به ازای دوره بازگشت های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ همگی مقدار ارزش هزینه به منافع کمتر از عدد یک است با این حال، از لحاظ ارزش هزینه به منافع نقطه بهینه دوره بازگشت ۵۰ ساله با نسبت ۰,۴٪ است.
- (۴) به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ساله، با ارزش هزینه به منافع ۹۲٪ ترفیع جاده اقتصادی است ولی ترفیع به ازای دوره بازگشت های دیگر سیلاب اقتصادی تر است.
- (۵) علی رغم اعمال ضرایب کاهنده و نرخ تورم برای منافع ناشی از ترفیع، ارزش هزینه به منافع در دوره بازگشت های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ساله کمتر از یک و مقدار هزینه ها بسیار کمتر از منافع کاهش یافته، به دست آمد.

فصل پنجم

**بررسی میادین نفتی غرب کارون از دیدگاه
مشکلات مهندسی آب و هیدرولوژی،
سازه‌های انتقال آب در داخل هورالعظیم،
کالورت‌های داخل هورالعظیم و رودخانه‌ها و
کانال‌های انتقال آب در منطقه بیرون
هورالعظیم**

فصل پنجم- بررسی میدین نفتی غرب کارون از دیدگاه مشکلات مهندسی آب و هیدرولوژی، سازه‌های انتقال آب در داخل هورالعظیم، کالورت‌های داخل هورالعظیم و رودخانه‌ها و کانال‌های انتقال آب در منطقه بیرون هورالعظیم

۵-۱- هدف مطالعه

هدف مطالعه تدوین ضوابط فنی و مهندسی برای طراحی، اجرا، ایمنی و حفاظت سلرها، جاده‌ها، و تاسیسات صنعت نفت در میدین نفتی غرب کارون در برابر آب و سیلاب در حوزه مطالعات هیدرولوژی و مهندسی آب سامانه کرخه با تأکید بر منطقه و تالاب هورالعظیم می‌باشد.

۵-۲- معرفی سامانه مورد مطالعه

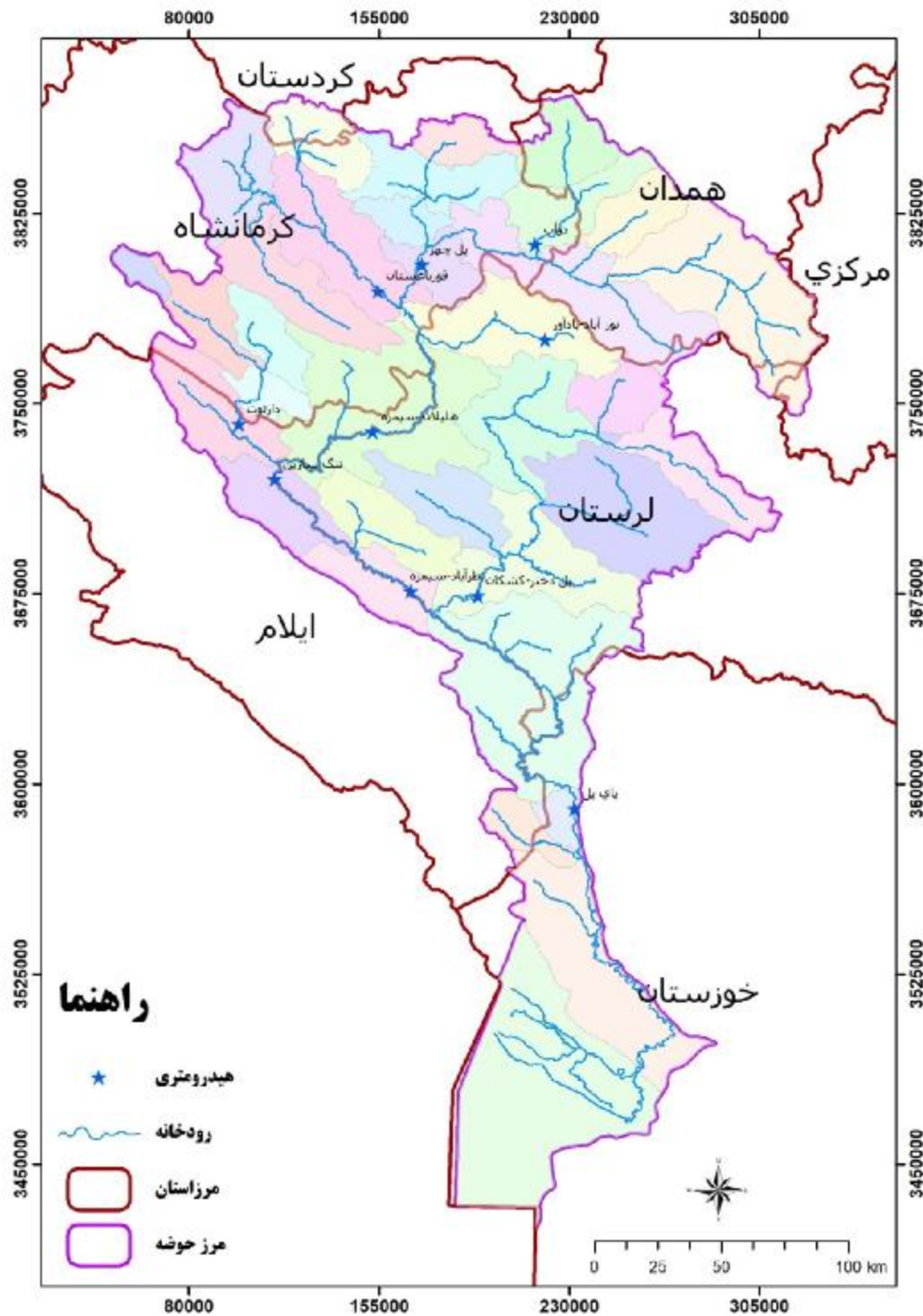
سامانه مورد مطالعه بخش‌های رودخانه‌ای، سد مخزنی کرخه، تالاب هورالعظیم و میدین نفتی غرب کارون را در بر می‌گیرد. در همین راستا موقعیت عمومی منطقه مورد مطالعه مرور می‌شود.

۵-۲-۱- رودخانه‌ی کرخه

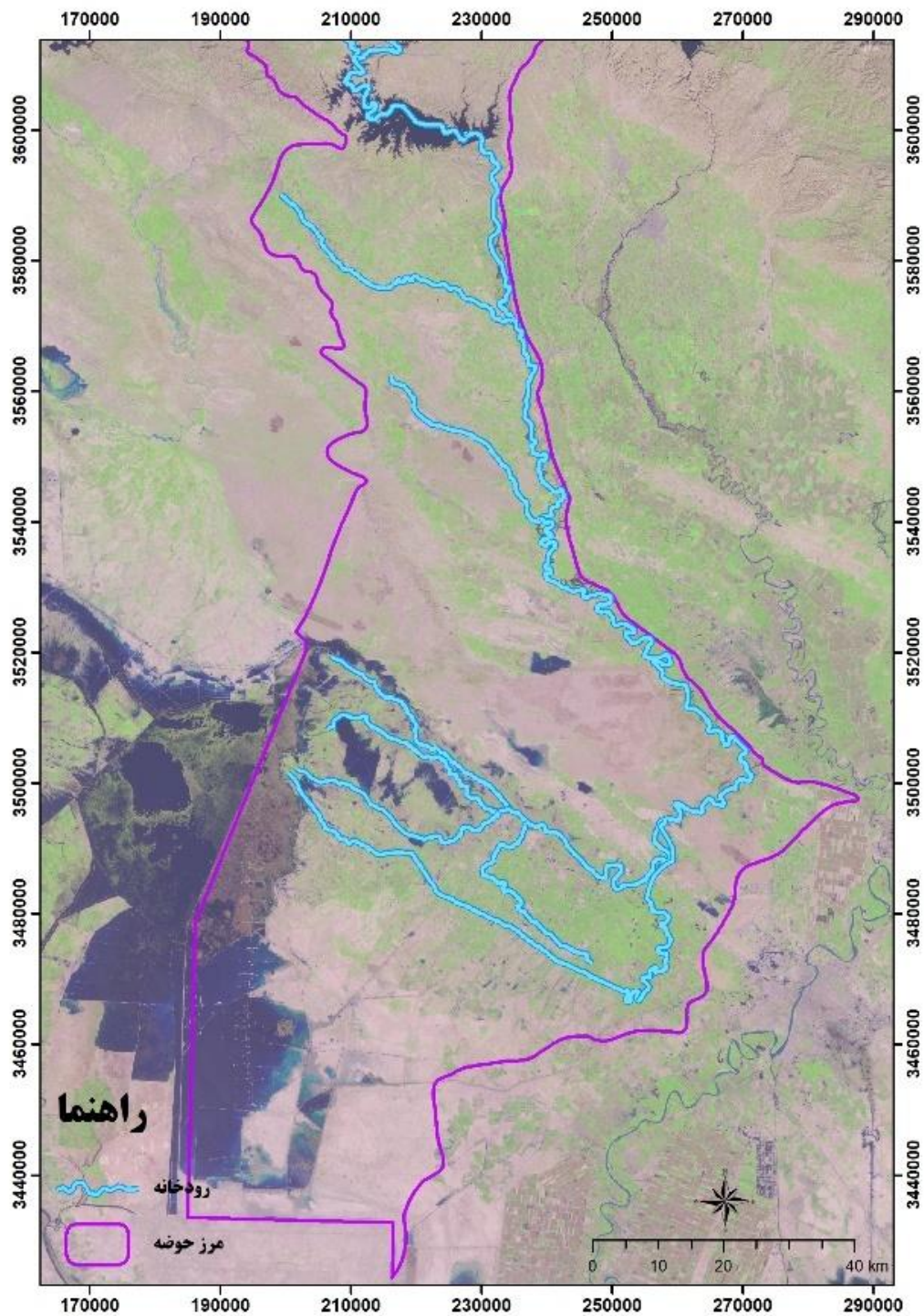
رودخانه کرخه از چند شاخه اصلی به نام‌های گاماسیاب، قره سو، سیمره، کشکان و تعداد زیادی شاخه‌های کوچک و بزرگ تشکیل شده است که تا ۳۰ کیلومتری جنوب خاوری کرمانشاه که محل تلاقی گاماسیاب با قره سو می‌باشد (منطقه گله جار)، گاماسیاب خوانده می‌شود. بعد از آن سیمره خوانده شده و از محل تلاقی سیمره با کشکان (منطقه کله سفید)، کرخه نامیده می‌شود. رودخانه گاماسیاب از دامنه‌های جنوبی رشته کوه‌های الوند (بخش شمالی شرقی حوضه)، رودخانه قره سو از شمال کرمانشاه (شمال غربی حوضه) و رودخانه کشکان از ارتفاعات شمالی و خاوری خرم آباد (بخش غربی حوضه) سرچشمه می‌گیرد. علت تغییر نام رودخانه گاماسیاب به سیمره این است که در این منطقه، رودخانه از کنار شهر باستانی سیمره عبور می‌کند. رودخانه در این قسمت از دره‌ای پهن و عمیق می‌گذرد و پس از مشروب نمودن قسمت‌های جنوبی استان کرمانشاه و دریافت

شعباتی مانند گزرو، کشانی، آب هومیان، چزمان رود (هلبلان) و چندین شاخه کوچک دیگر در محلی بنام جولابی، جاده اسلام آباد به ملاوی را قطع نموده و وارد شهرستان لومار از استان ایلام می‌گردد. سپس در بستری سنگی و عمیق در پای کبیرکوه به جریان خود ادامه داده و بعنوان خط مرزی دو استان لرستان و ایلام محسوب می‌شود. از ویژگی‌های هیدرولوژیکی این رودخانه چند شاخه بودن آن است که برخی از شاخه‌های آن دارای رژیم برفی بوده و بقیه رژیم بارانی دارند. بدین ترتیب که رژیم رودخانه در بالادست حوضه که کوهستانی است، برفی و در میانه حوضه، بارانی است.

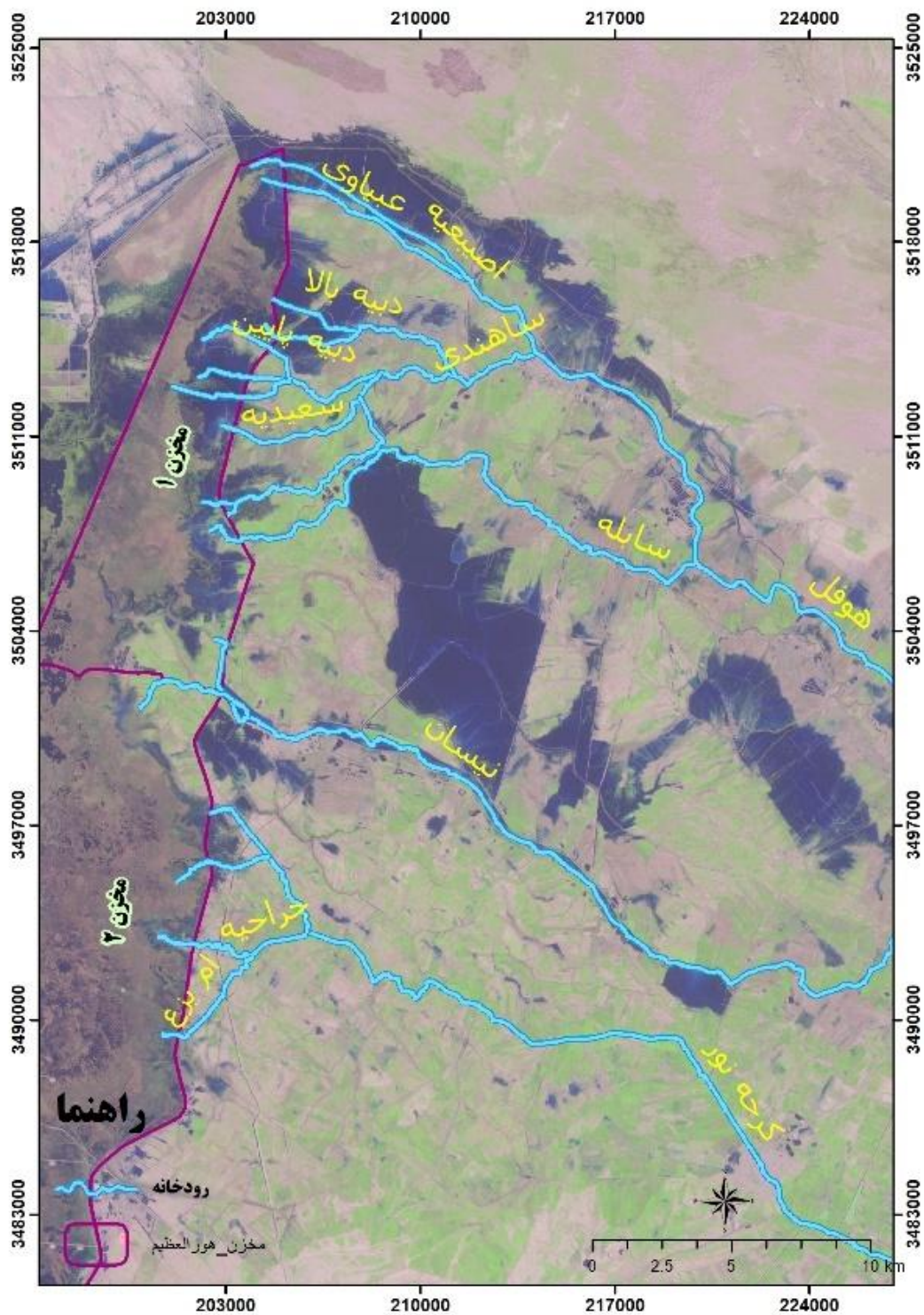
رودخانه کرخه سومین رودخانه پر آب کشور بعد از رودخانه‌های کارون و دز و از نظر طول سومین رود ایران بعد از رودخانه‌های کارون و سفیدرود محسوب می‌گردد. سامانه رودخانه‌ی کرخه یکی از مهمترین رودخانه‌های حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد که مساحت حوضه آن حدود ۵۰۷۲۷ کیلومترمربع است. سرشاخه‌های رودخانه کرخه آب‌های مناطق وسیعی از استان‌های ایلام، کرمانشاه، لرستان، همدان و مناطق محدودی از استان‌های کردستان و خوزستان را زهکشی و وارد هورالعظیم می‌نماید (شکل ۵-۱). شاخه اصلی رودخانه کرخه تا شهر حمیدیه امتداد دارد. این رودخانه در شهر سوسنگرد به دو شاخه هوفل و نیسان تقسیم می‌شود. رودخانه هوفل در ادامه به رودخانه‌های سابله، دیبه، ساهندی و خرابه تقسیم و در نهایت به تالاب هورالعظیم منتهی می‌گردد (شکل ۵-۲). رودخانه سابله در پایین دست روستای دهلاویه و در بالادست روستای قدرت آباد (آلبوحمادی) از رودخانه هوفل منشعب می‌شود. رودخانه‌های سعیدیه و دیبه در پایین دست روستای رمیم از رودخانه هوفل جدا می‌شوند. و در انتها به تالاب هورالعظیم وارد می‌شوند. رودخانه ساهندی تنها شاخه منشعب شده از رودخانه سعیدیه است که در انتها به تالاب هورالعظیم ختم می‌شود. رودخانه خرابه در شهر بستان از رودخانه هوفل جدا می‌شود و در پایان مسیرش به تالاب هورالعظیم منتهی می‌شود. رودخانه نیسان از شهر سوسنگرد تا پایین دست شهر رفیع ادامه می‌یابد و به تالاب هورالعظیم ختم می‌شود. همچنین در بالادست شهر رفیع رودخانه عمه از رودخانه نیسان منشعب و جریان آن وارد تالاب هورالعظیم می‌شود (شکل ۵-۳). طول شبکه رودخانه‌های سامانه حدود ۳۵۰ کیلومتر می‌باشد. حوضه آبریز کرخه دارای تغییرات ارتفاعی قابل توجه است و از حداقل ۳ متر (در تالاب هورالعظیم) تا حداکثر ۳۶۴۵ متر (در ارتفاعات گرین) تغییر می‌کند. شیب متوسط حوضه آبریز کرخه حدود ۱۶ درصد می‌باشد. شیب خالص رودخانه‌های این حوضه بین ۰/۱۲ تا ۱۲/۶ درصد متغیر می‌باشد. حداکثر شیب مربوط به رودخانه آب گاماسیاب و حداقل شیب مربوط به رودخانه کرخه در پایین دست می‌باشد. بخش مولد رواناب حوضه تقریباً تا محل سد کرخه است که وسعت آن حدود ۴۳۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. در جدول ۵-۱ و جدول ۵-۲ مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز کرخه در در محل پای پل و حمیدیه منطبق با اهداف مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱: حوزه آبریز رودخانه کرخه



شکل ۵-۲: بخشی از رودخانه‌ی اصلی کرخه و انشعابات آن در پایین دست
سد مخزنی کرخه



شکل ۵-۳: انشعابات انتهایی رودخانه کرخه در محل ورود به تالاب هورالعظیم

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۵-۱: مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل

مقدار	پارامتر	مقدار	پارامتر
0.30	شیب خالص آبراهه اصلی (درصد)	43347	سطح حوضه آبریز (کیلومتر مربع)
2.00	ضریب فشردگی حوضه آبریز	1488	محیط حوضه آبریز (کیلومتر)
0.25	نسبت دایره ای حوضه آبریز	3615	ارتفاع حداکثر حوضه آبریز (متر)
0.31	نسبت کشیدگی حوضه آبریز	101	ارتفاع حداقل حوضه آبریز (متر)
680	طول مستطیل معادل حوضه آبریز (کیلومتر)	1551	ارتفاع متوسط حوضه آبریز (متر)
64	عرض مستطیل معادل حوضه آبریز (کیلومتر)	1561	ارتفاع میانه حوضه آبریز (متر)
88.7	زمان تمرکز (ساعت)	770	طول شاخه اصلی حوضه آبریز (کیلومتر)
53.2	زمان تأخیر (ساعت)	0.23	شیب متوسط آبراهه اصلی (درصد)

جدول ۵-۲: مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز دز در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه

مقدار	پارامتر	مقدار	پارامتر
0.05	ضریب شکل حوضه آبریز	46654	سطح حوضه آبریز (کیلومتر مربع)
2.32	ضریب فشردگی حوضه آبریز	1788	محیط حوضه آبریز (کیلومتر)
0.19	نسبت دایره ای حوضه آبریز	3615	ارتفاع حداکثر حوضه آبریز (متر)
0.96	نسبت کشیدگی حوضه آبریز	4	ارتفاع حداقل حوضه آبریز (متر)
838.4	طول مستطیل معادل حوضه (کیلومتر)	1447	ارتفاع متوسط حوضه آبریز (متر)
55.6	عرض مستطیل معادل حوضه (کیلومتر)	1521	ارتفاع میانه حوضه آبریز (متر)
113.7	زمان تمرکز (ساعت)	981	طول شاخه اصلی حوضه (کیلومتر)
68.2	زمان تأخیر (ساعت)	0.15	شیب متوسط آبراهه اصلی (درصد)

تصاویری از رودخانه کرخه در شکل ۵-۴ و شکل ۵-۵ ارائه شده‌اند.



شکل ۴-۵: تصویری از رودخانه کرخه در بالادست شهید ناجیان



شکل ۵-۵: تصویری از کناره‌ها و بستر رودخانه کرخه در مجاورت روستای حلاف

۵-۲-۲- سدهای سامانه کرخه در استان خوزستان

○ سد مخزنی کرخه

سد کرخه یکی از بزرگ‌ترین سدهای خاکی دنیا و بزرگ‌ترین سد خاکی ایران و خاورمیانه است که بر روی رودخانه کرخه در ۲۲ کیلومتری شمال غربی شهرستان اندیمشک در استان خوزستان ساخته شده است. سد مخزنی کرخه با تاجی به طول ۳۰۳۰ متر و ارتفاع ۱۲۷ متر از لحاظ حجم بدنه بزرگترین سد تاریخ ایران است و با حجم مخزنی به میزان ۷ میلیارد و ۳۰۰ میلیون مترمکعب، بزرگترین دریاچه مصنوعی ایران را پدید آورده است (جدول ۵-۳). ساخت این سد در سال ۱۳۷۰ آغاز و در سال ۱۳۸۰ به پایان رسیده است از جمله پروژه‌های مهمی که در کنار این طرح اجرا شده احداث تونل دشت عباس است. این تونل به منظور انتقال آب مورد نیاز برای آبیاری اراضی دشت‌عباس از دریاچه سد کرخه، به صورت تحت فشار، به طول ۶۰۹۷ متر و قطر داخلی ۵/۵ متر احداث شده است. از اهداف سد مذکور می‌توان به تأمین و تنظیم آب جهت آبیاری بیش از ۳۲۰ هزار هکتار از اراضی پایین دست، دشتهای پای پل (اوان، ارایض، دوسالق و باغه) و همچنین دشتهای حمیدیه، قدس، دشت آزادگان، دشت عباس، فکه و عین خوش و همچنین تولید انرژی برقابی به میزان ۹۳۴ گیگا وات ساعت در سال و کنترل سیلاب‌های مخرب و جلوگیری از خسارات وارده ناشی از آنها اشاره نمود.

سد کرخه از نوع خاکی با هسته رسی با ارتفاع ۱۲۷ متر (از پی) بوده و حداکثر عرض آن در پی ۱۱۰۰ متر، حجم کل مخزن ۷/۳ میلیارد مترمکعب، حجم مخزن در تراز بهره‌برداری ۲۲۰ متری برابر ۵۵۷۲ میلیون مترمکعب (قبل از رسوب گذاری)، حجم مخزن در حداقل تراز بهره‌برداری (۱۶۰ متر) ۴۳۰ میلیون مترمکعب و بالاخره حجم مفید مخزن برابر ۳۸۳۰ میلیون مترمکعب (بعد از رسوب گذاری) می‌باشد. همانگونه که قبلاً اشاره شد سد از نوع خاکی با هسته رسی می‌باشد. سازه‌های هیدرولیکی وابسته و نیروگاه شامل: سرریز شوت دریچه‌دار در تکیه‌گاه جناح راست، چهار مجرای کالورت انحراف در جناح راست رودخانه که سه کالورت به سه مجرای تخلیه‌کننده تحتانی تبدیل شده و یک کالورت به راه دسترسی تبدیل می‌گردد. نیروگاه نیز به صورت سطحی در آبراهه پایاب سد در جناح چپ قرار دارد.

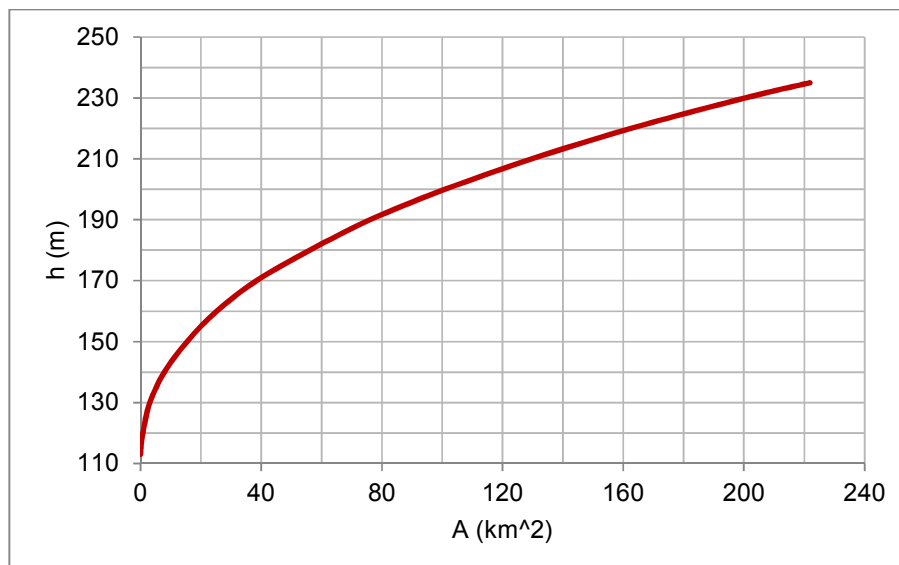
جدول ۵-۳: برخی مشخصات سد و سرریز سد مخزنی کرخه

سنگریزه‌ای با هسته رسی	نوع سد
۴۰ کیلومتری غرب شهرستان اندیمشک	موقعیت سد
۱۲۷ متر	ارتفاع
۳۰۳۰ متر	طول تاج
۱۲ متر	عرض تاج
۲۳۴ متر بالاتر از سطح دریا	رقوم تاج
۲۲۰ متر بالاتر از سطح دریا	رقوم نرمال سطح آب مخزن
۵۲۷۴ میلیون مترمکعب	کل حجم مخزن در رقوم نرمال (بهنگام شده)
۱۶۰ کیلومتر مربع	مساحت مخزن در رقوم نرمال
۶۶ کیلومتر	حداکثر طول مخزن در رقوم نرمال
۱۷۸ متر بالاتر از سطح دریا	حداقل رقوم بهره‌برداری از نیروگاه
۱۶۵ مترمکعب در ثانیه	دبی متوسط سالانه رودخانه در محل سد (بهنگام شده)
۲۲۶ متر بالاتر از سطح دریا	حداکثر رقوم کنترل سیلاب مخزن
۱۰۵۷ میلیون مترمکعب	حجم اختصاص یافته جهت کنترل سیلاب
۱۰۷ متر بالاتر از سطح دریا	تراز بستر رودخانه در محل سد
۱۶۰ متر بالاتر از سطح دریا	حداقل تراز بهره‌برداری از سد
۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه	حداکثر دبی از سرریز در سیلاب تا دوره بازگشت ۲۵ ساله
۲۲۶ متر بالاتر از سطح دریا	حداکثر رقوم در وقوع سیلاب تا دوره بازگشت ۲۵ ساله
۱۴۴۵۰ متر مکعب در ثانیه	حداکثر دبی از سرریز در حالت وقوع سیل ۱۰۰۰۰ ساله
۲۲۸ متر بالاتر از سطح دریا	حداکثر رقوم سطح آب مخزن در حالت وقوع سیل ۱۰۰۰۰ ساله
۱۸۲۶۰ مترمکعب در ثانیه	حداکثر دبی از سرریز در صورت وقوع حداکثر سیل محتمل (P.M.F)
۲۳۰/۹۰ متر بالاتر از سطح دریا	حداکثر رقوم سطح آب در صورت وقوع حداکثر سیل محتمل (P.M.F)

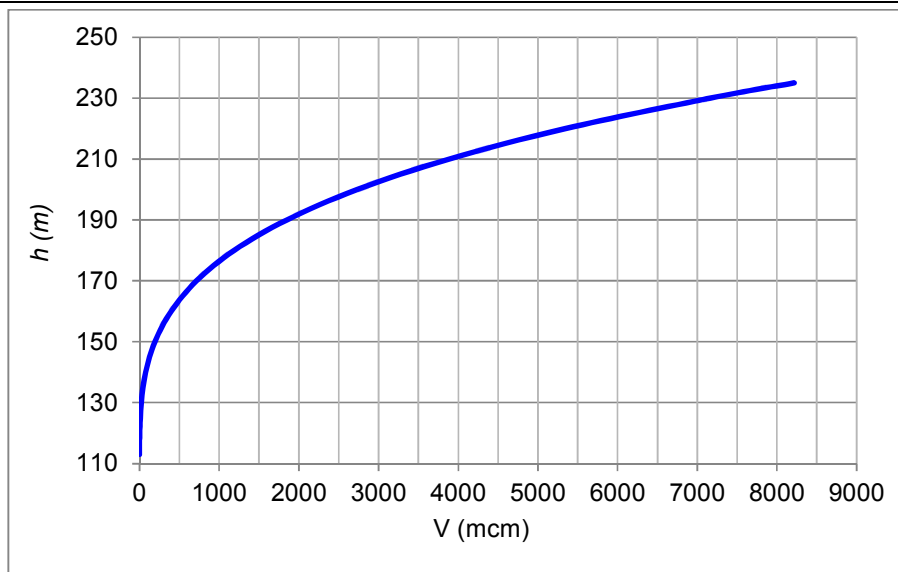
اطلاعات مربوط به روابط سطح، حجم، ارتفاع سد در جدول ۵-۴ و شکل‌های ۵-۶ تا ۵-۸ منعکس شده است.

جدول ۵-۴: مشخصات روابط سطح، حجم با ارتفاع سد مخزنی کرخه

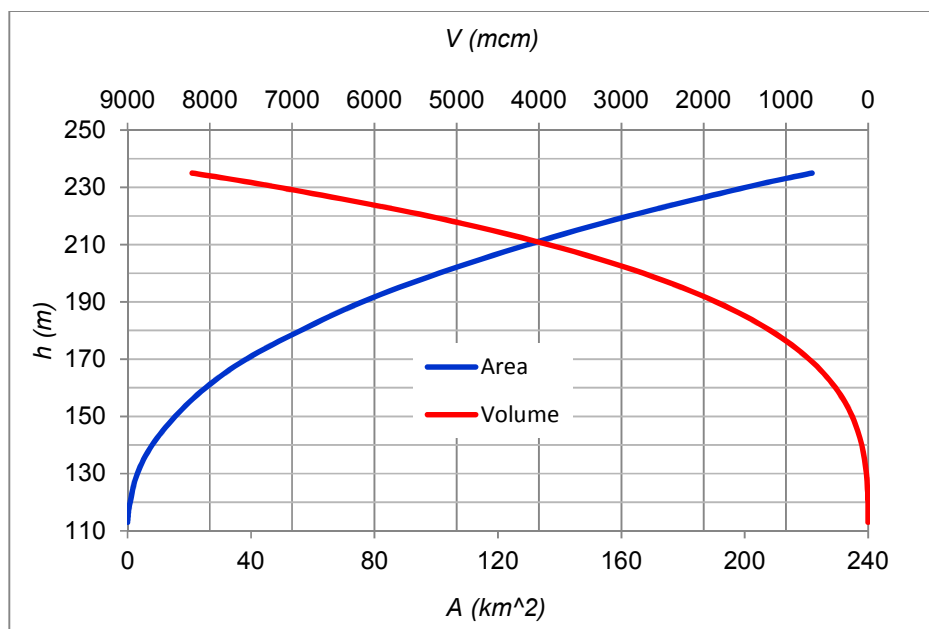
ارتفاع از سطح دریا (m.a.s.l.)	سطح دریاچه (Km ²)	حجم (mcm)
113	0	0
115	0.143	0.143
120	0.781	2.45
130	3.117	21.94
140	7.912	77.09
150	15.412	193.7
160	25.269	397.11
170	38.419	715.55
180	56.076	1188.03
190	76.03	1848.53
200	100.91	2733.2
210	129.67	3886.1
220	162.47	5346.8
230	200.3	7160.66
235	221.82	8215.97



شکل ۵-۶: منحنی ارتفاع - سطح دریاچه سد مخزنی کرخه



شکل ۵-۷: منحنی ارتفاع - حجم دریاچه سد مخزنی کرخه



شکل ۵-۸: منحنی ارتفاع، سطح و حجم دریاچه سد مخزنی کرخه

○ سد تنظیمی - انحرافی پای پل

سد تنظیمی انحرافی کرخه در فاصله ده کیلومتری پائین دست سد مخزنی و ۱/۵ کیلومتری بالادست پل نادری بر روی کرخه بوده و این سد از نوع بتنی - خاکی و دارای سرریز دریاچه دارمی باشد.

عرض تاج سد ۸ متر و طول تاج ۳۵۰ متر بتنی و ۷۳۰ متر خاکی است، ارتفاع از پی ۳۴ متر و حجم مخزن ۱۰/۲ میلیون مترمکعب، حداکثر تراز بهره‌برداری به ترتیب ۱۱۰/۷۰ و ۱۱۵/۳۰ متر و ظرفیت آبیگری در تراز حداقل بهره‌برداری ۸۲

مترمکعب در ثانیه می‌باشد که با اهداف انحراف آب به کانال پای پل برای آبیاری اراضی دشتهای پای پل (غرب رودخانه کرخه)، تنظیم آب خروجی از سد مخزنی کرخه و تولید انرژی برق آبی به میزان هشت مگاوات احداث شده است. آغاز بهره‌برداری کانال پای پل در سال ۱۳۸۸ بوده و لیکن سد تنظیمی از سال ۱۳۸۵ در مدار جریان بوده و آمار ثبت شده رقوم و جریان‌های خروجی آن از سال ۱۳۸۵ در دسترس می‌باشد. این سد دارای ۱۹ دستگاه دریچه بوده که توانایی عبور حداکثر ۱۲۰۰۰ مترمکعب در ثانیه را به سد داده‌اند (شکل ۵-۹).

می‌توان گفت که مخازن تأخیری نیاز به برنامه بهره‌برداری یا تخلیه ویژه ندارد چرا که سیستم خروجی جریان در نوع اخیر ثابت و به صورت خودکار می‌باشد. سد تنظیمی انحرافی کرخه موجود و در حال بهره‌برداری بر کاهش جریان سیلاب رودخانه و خسارات ناشی از سیل اثر مثبت دارد. این سد بر کاهش دبی اوج و حجم سیلاب اثر بسیار جزیی دارد و معمولاً در برآوردها ممکن است نادیده گرفته شود اما در تأخیر سیلاب و انحراف بخشی از سیلاب به سمت کانال‌های آبیاری نقش دارد. انحراف دبی سیلابی گرچه نسبت به دبی جریان سیل اندک است اما در مواقعی که دبی خروجی سد مخزنی کرخه در آستانه تحمل رودخانه یا دبی ایمن پایین دست باشد، انحراف این بخش از سیلاب مهم قلمداد می‌شود.



شکل ۵-۹: نمایی از سد تنظیمی - انحرافی رودخانه کرخه در محل پای پل

○ سد تنظیمی انحرافی حمیدیه

سد تنظیمی انحرافی کرخه (حمیدیه) در ۳۵ کیلومتری شمال غرب شهر اهواز بر روی رودخانه کرخه قرار گرفته است، عملیات ساختمانی این سد در سال ۱۳۲۹ آغاز و در سال ۱۳۳۶ سد به بهره‌برداری رسیده است. سد حمیدیه در ابتدا آب مورد نیاز ۱۰۰۰ هکتار از اراضی حمیدیه و ۲۴۰۰ هکتار اراضی قدس را تامین می‌نموده است، با تکمیل و اجرای شبکه آبیاری و زهکشی حمیدیه، قدس و زمزم در سطح ۱۸۵۰۰ هکتار این سد وظیفه انحراف و تامین آب مورد نیاز شبکه‌های مذکور را نیز بر عهده

گرفت. این سد از زمان بهره‌برداری تاکنون نقش بسیار مهمی در تنظیم و انحراف آب برای آبیاری مزارع پایین دست را بعهده داشته است (شکل ۵-۱۰). سد تنظیمی انحرافی حمیدیه همانند سد انحرافی کرخه بر کاهش جریان سیلاب رودخانه و خسارات ناشی از سیل اثر مثبت دارد. این سد بر کاهش دبی اوج و حجم سیلاب اثر جزئی دارد و معمولاً در برآوردها ممکن است نادیده گرفته شود اما در تأخیر سیلاب و انحراف بخشی از سیلاب به سمت کانال‌های آبیاری تحت پوشش خود نقش دارد. انحراف دبی سیلابی توسط سد انحرافی حمیدیه در مواقعی که دبی خروجی سد مخزنی کرخه در آستانه تحمل رودخانه یا دبی ایمن پایین دست باشد، مهم و می‌تواند تعیین کننده شرایط مدیریت سیلاب در پایین دست باشد.



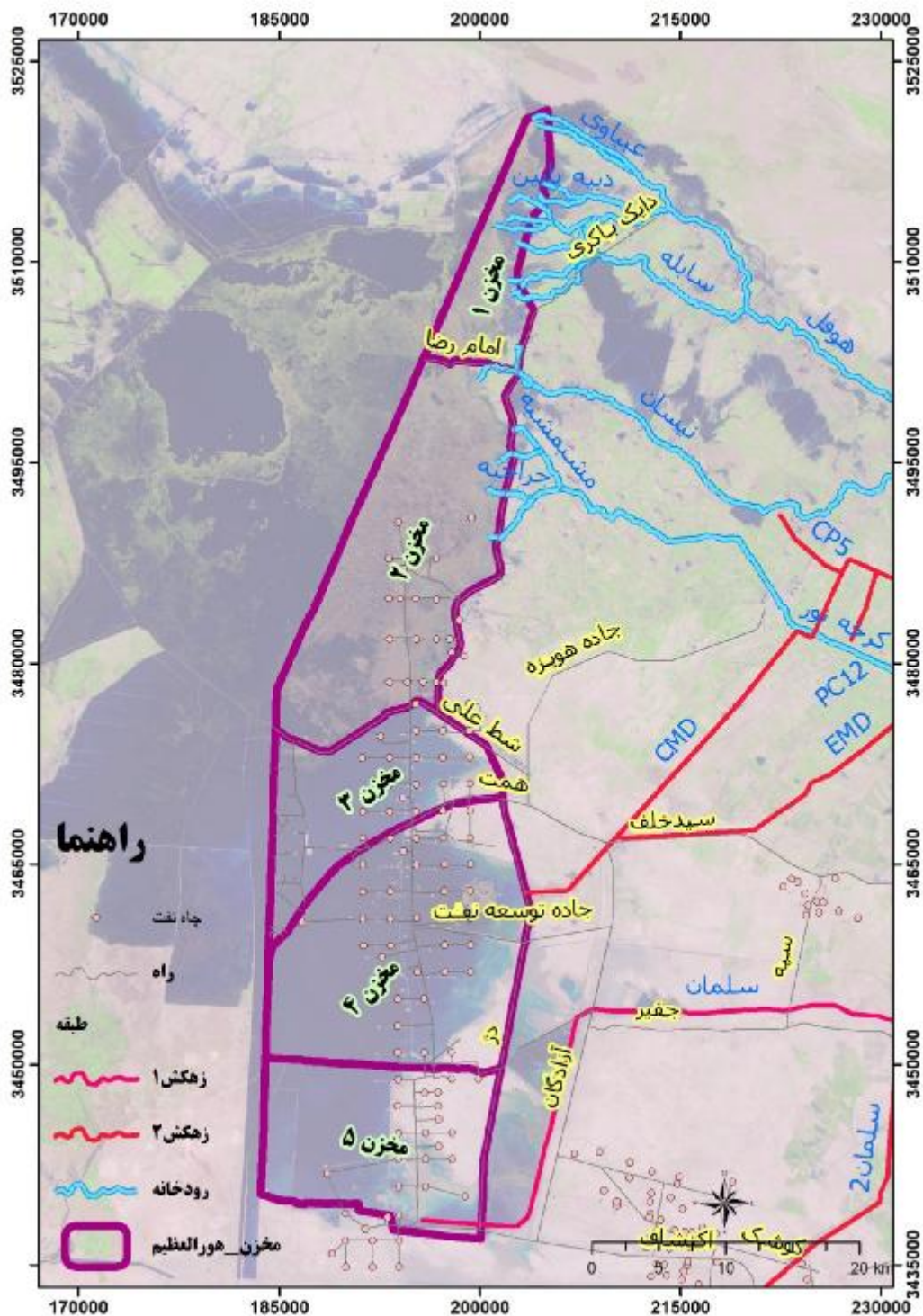
شکل ۵-۱۰: نمایی از سد تنظیمی انحرافی حمیدیه

۵-۲-۳- تالاب هورالعظیم و تأسیسات آبی آن

○ تالاب هورالعظیم

این تالاب بین دو کشور ایران و عراق که در شرق رود دجله قرار گرفته و در غرب مرز عراق بنام هورالهویزه و در قلمرو کشور ما به هورالعظیم شناخته می‌شود و مرز بین المللی صرفاً یک خط رسمی است که از شمال به جنوب و از شرق به غرب تالاب کشیده شده قرار گرفته است. به عبارت دیگر هور العظیم را می‌توان چاله پهناوری دانست که از شمال به هور السناف در خاک عراق و از جنوب به جلگه‌ها و دشت‌های کم ارتفاع دجله ختم می‌شود. حد شرقی هور در خاک ایران در شمال غرب شهرستان بستان در محل روستای چزابه با مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۸ دقیقه و حد غربی آن ۴۷ درجه و ۱۶ دقیقه در خاک عراق است. حد شمالی آن نیز ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه در خاک ایران در حوالی روستای سابله و حد جنوبی در حوالی عرض جغرافیایی ۴۱ درجه است. یال شرقی هورالعظیم تقریباً منتهی‌الیه مرز جنوب غرب ایران با کشور عراق است (شکل ۵-۱۱، شکل ۵-۱۲ و شکل

۵-۱۳). جاده‌های احداث شده در بخش ایرانی تالاب، هورالعظیم باعث گردیده که تالاب به پنج مخزن تبدیل شده و از طریق سازه‌هایی به صورت زیر گذر جاده‌ها با یکدیگر ارتباط داشته باشند.



شکل ۵-۱۱: موقعیت مخازن تالاب هورالعظیم و زهاب‌های ورودی



شکل ۵-۱۲: ارتباط مخزن ۲ با مخزن شماره ۳ تالاب هورالعظیم (حالت خالی)



شکل ۵-۱۳: ارتباط مخزن ۲ با مخزن شماره ۳ تالاب هورالعظیم (حالت جریان)

پنج مخزن مذکور به ترتیب از شمالی ترین قسمت تالاب هور در منطقه چذابه از مخزن ۱ شروع و تا منطقه طلائییه با مخزن پنج خاتمه می یابند. تالاب هورالعظیم در ارتفاع حدود ۴ متری از سطح دریا قرار گرفته و همانگونه که اشاره شد به طور فرضی به مخزن ۵ به نامهای مخزن شماره ۱ با مساحت ۸۴ کیلومتر مربع، مخزن شماره ۲ با مساحت ۲۹۳ کیلومتر مربع، مخزن شماره ۳

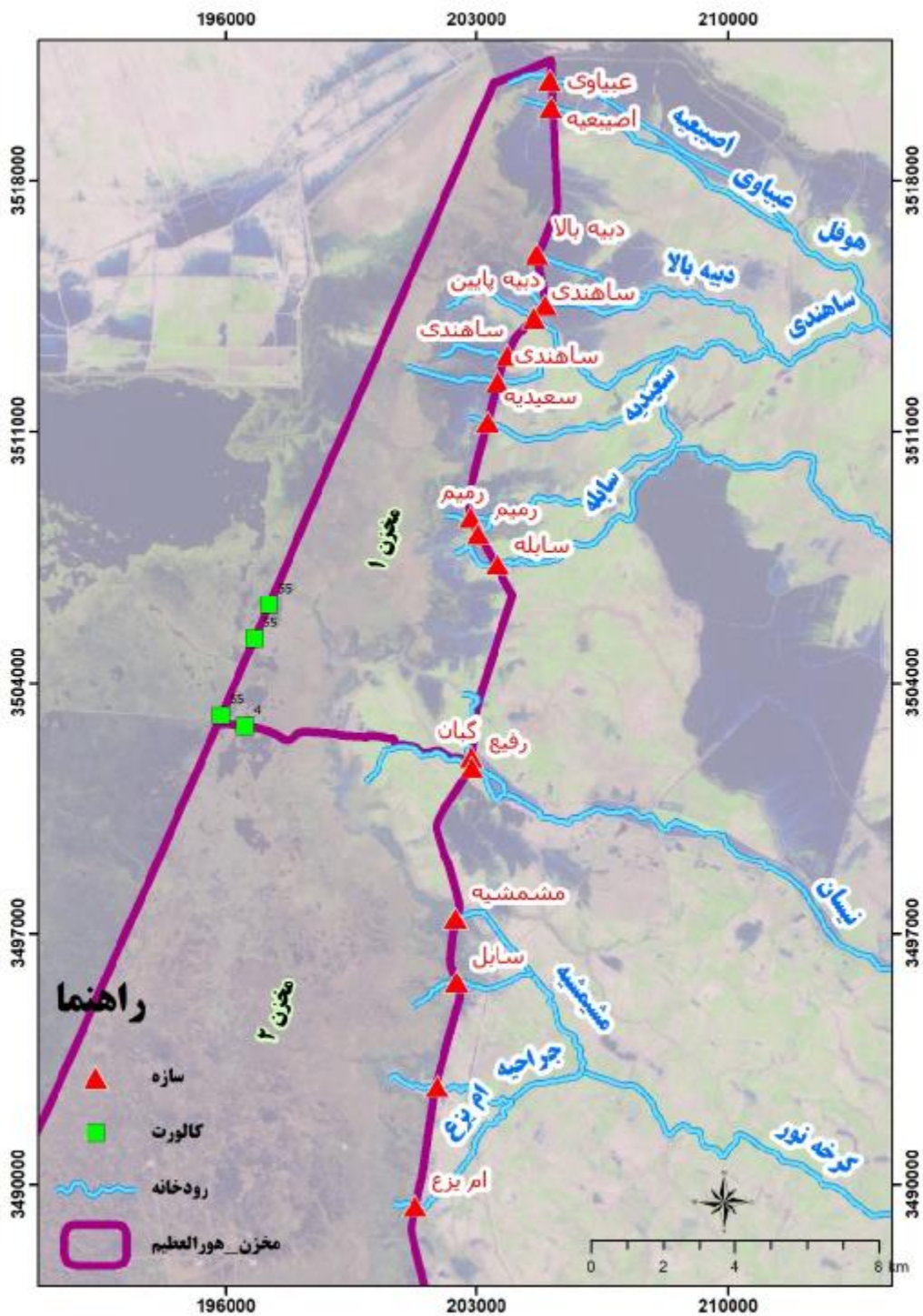
با مساحت ۱۴۷ کیلومتر مربع، مخزن شماره ۴ با مساحت ۳۰۴ کیلومتر مربع و مخزن شماره ۵ با مساحت ۱۸۲ کیلومتر مربع تقسیم شده است.

○ تاسیسات آبی تالاب

در طرح ساماندهی تالاب هورالعظیم سازه‌های هیدرولیکی متعددی در نظر گرفته شده است. هر یک از این سازه‌ها با توجه به موقعیت ساخت آن‌ها وظیفه انتقال سیلاب ۱۰ ساله و یا دبی ماهانه را به عهده دارند. در ادامه شرح عملکرد هر یک از این سازه‌ها بیان می‌گردد:

● سازه‌های هیدرولیکی بر روی دایک مرزی مخزن ۱

جهت تخلیه سیلاب ۱۰ ساله ورودی به مخزن یک که توسط شاخه‌های منشعب از رودخانه هوفل و سابله تغذیه می‌گردد، سه دستگاه سرریز آزاد ۵۵ دهانه، دبی مجموع ۶۶۶ متر مکعب بر ثانیه را به سمت کشور عراق تخلیه می‌نمایند. رقوم نرمال در مخزن یک $+۴/۰۰$ می‌باشد، لذا رقوم تاج هر یک از سرریزهای ۵۵ دهانه نیز $+۴/۰۰$ می‌باشد. در تراز بیش از $+۴/۰۰$ سیلاب به تدریج از مخزن یک به سمت عراق تخلیه می‌گردد. حداکثر رقوم سطح آب در مخزن شماره یک نیز حدودا $+۵/۰۰$ در نظر گرفته شده است. بر این اساس با در نظر گرفتن $۰/۵۰$ متر ارتفاع آزاد، رقوم بالای سرریز $+۵/۵$ بدست می‌آید. شکل ۵-۱۴ و جدول ۵-۵ مشخصات و موقعیت هر یک از سرریزها را نشان می‌دهد. همچنین جهت ارتباطی آبی دایمی میان مخزن شماره ۱ و مخزن شماره ۲ یک پل ارتباطی با ۴ دهانه بر روی جاده امام رضا احداث گردید. این پل توانایی انتقال دبی ۵۰ مترمکعب بر ثانیه را در شرایط حداکثر تراز سطح آب ($+۵/۰۰$) دارد. مشخصات و موقعیت این پل به شکل و جدول فوق الذکر اضافه شده است.



شکل ۵-۱۴: موقعیت مخزن شماره ۱ تالاب هورالعظیم و سازه‌های هیدرولیکی آن

جدول ۵-۵: مشخصات سازه‌های هیدرولیکی بر روی دایک مرزی مخزن شماره ۱ و جاده امام رضا

نام سازه	سرریز	سرریز	سرریز	پل
تعداد دهانه	55	55	55	4
ارتفاع هر دهانه (m)	1.5	1.5	1.5	3.0
عرض هر دهانه (m)	3.0	3.0	3.0	8.0
رقوم لبه پایین سرریز (m)	4.0	4.0	4.0	-
رقوم نرمال سطح آب (m)	4.0	4.0	4.0	4.0
رقوم حداکثر تخلیه سیلاب	5.0	5.0	5.0	5.0
نوع کنترل در هنگام بهره‌برداری	آزاد (بدون دریچه)	آزاد (بدون دریچه)	آزاد (بدون دریچه)	آزاد (بدون دریچه)
دبی خروجی سازه (cms)	222	222	222	50
مدت بهره‌برداری	دائمی	دائمی	دائمی	دائمی

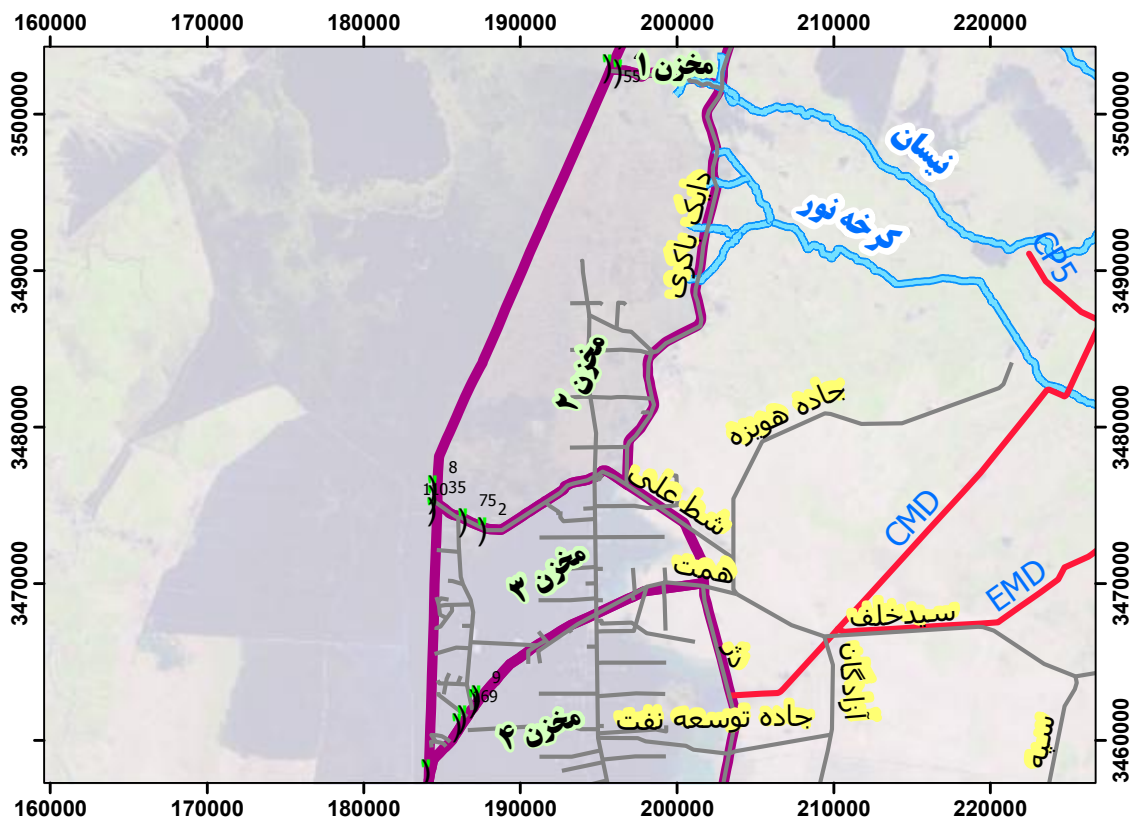
● سازه‌های هیدرولیکی بر روی دایک مرزی مخزن ۲

سازه‌های هیدرولیکی که بر روی دایک مرزی مخزن ۲ متشکل از یک سرریز آزاد ۳۵ دهانه و یک سازه تخلیه تحتانی ۸ دهانه می‌باشند. در زمان ساخت سازه‌های طرح ساماندهی تالاب هورالعظیم مساله‌ای خارج از برنامه پیش‌بینی شده در بهره‌برداری مخزن ۳ مطرح گردید. این مساله عبارت بود از حفر و اکتشاف چاه‌های حوضه نفتی آزادگان در مخزن ۳ و عدم امکان رهاسازی آب و بهره‌برداری از این مخزن تا پایان کار شرکت نفت. بر این اساس با پیشنهاد مشاور و تایید کارفرما یک سرریز ۳۵ دهانه آزاد بر روی دایک مرزی مخزن ۲ جهت تخلیه بخشی از سیلاب ۱۰ ساله به سمت عراق در نظر گرفته شد. این سازه، بخشی از دبی سیلاب ۱۰ ساله را که به مخزن ۲ وارد می‌گردد، به سمت عراق منتقل می‌نماید. دبی طراحی این سازه ۱۰۹ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. مشخصات و موقعیت این سازه در شکل ۵-۱۵ و جدول ۵-۶ نشان داده شده است. شایان ذکر است با توجه به شرایط ساخت این سازه عملکرد آن موقت می‌باشد.

اما در خصوص کالورت تخلیه تحتانی ۸ دهانه، با توجه به این‌که سرریزهای تخلیه بر روی جاده شط علی و دایک مرزی مخزن ۱ و ۲، صرفاً در شرایط سیلابی و در رقوم بالای رقوم نرمال (+۴/۰۰) عمل می‌نماید، لذا به منظور تخلیه مقداری از دبی ماهانه مخازن یک و دو، به سمت کشور عراق، یک سازه تخلیه تحتانی دریچه‌دار با رقوم تخلیه +۲/۰۰ مورد توجه قرار گرفت. بر این اساس با توجه به بررسی مقادیر دبی‌های ماهانه، سازه تخلیه تحتانی ۸ دهانه با ظرفیت عبور ۴۰ مترمکعب در ثانیه طراحی گردید. این سازه بر حسب ضرورت‌های زمان بهره‌برداری و شرایط موجود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس ظرفیت طراحی این سازه، حداکثر دبی ۴۰ مترمکعب در ثانیه از مخزن ۲ به سمت کشور عراق می‌تواند هدایت گردد. با توجه به دریچه دار بودن این سازه امکان کنترل دبی خروجی نیز فراهم است.

● سازه‌های هیدرولیکی بر روی جاده شط علی

سازه‌های هیدرولیکی بر روی جاده شط علی شامل سرریز آزاد ۷۵ دهانه و سازه تخلیه تحتانی ۲ دهانه می‌باشند. سرریز آزاد ۷۵ دهانه جهت تخلیه سیلاب ۱۰ ساله با دبی ۳۰۶ مترمکعب بر ثانیه از مخزن ۲ به سمت مخزن ۳ طراحی شده است. رقوم تاج سرریز مطابق با رقوم نرمال مخزن شماره دو +۴/۰۰ می‌باشد. در شرایط سیلابی که رقوم مخزن دو از +۴/۰۰ بیشتر می‌گردد، دبی سیلاب به سمت مخزن ۳ هدایت می‌گردد. مطابق اصول طراحی، حداکثر رقوم تخلیه سیلاب +۵/۰۰ در نظر گرفته شده است. سازه تخلیه تحتانی ۲ دهانه به صورت یک کالورت ۲ دهانه مربعی در ابعاد ۱×۱ متر مربع و در کنار سرریز آزاد ۷۵ دهانه در نظر گرفته شده است. با توجه به ورود برخی از پساب‌ها به تالاب، این سازه به منظور ایجاد تعادل غلظت آبی میان مخازن ۲ و ۳ ساخته شده است. رقوم لبه پایین این سازه +۲/۵ می‌باشد که حداکثر دبی ۵/۳ متر مکعب در ثانیه را تخلیه می‌نماید. به منظور کنترل جریان تخلیه آب در این سازه، از استاپ لاگ (Stop Log) استفاده می‌شود.



شکل ۵-۱۵: موقعیت مخازن ۲ و ۳ تالاب در سازه‌های هیدرولیکی آن‌ها

جدول ۵-۶: مشخصات سازه‌های هیدرولیکی بر روی دایک مرزی مخزن شماره ۲ و جاده شط علی

نام سازه	سرریز	کالورت تخلیه تحتانی	سرریز	کالورت تخلیه تحتانی
تعداد دهانه	35	8	75	2
ارتفاع هر دهانه (m)	1.5	1.0	1.5	1.0
عرض هر دهانه (m)	3.0	2.0	3.0	1.0
رقوم لبه پایین سرریز (m)	4.0	2.0	4.0	2.5
رقوم نرمال سطح آب (m)	4.0	4.0	4.0	4.0
نحوه عملکرد سازه	در سیلاب ۱۰ ساله و در رقوم حداکثر ۵ سیلاب را به عراق تخلیه می‌نماید.	این سازه جهت تنظیم دبی خروجی ماهانه از مخزن ۲ استفاده می‌گردد.	در سیلاب ۱۰ ساله و در رقوم حداکثر ۵ سیلاب را به عراق تخلیه می‌نماید.	این سازه تنها جهت ارتباط آبی بین مخزن ۲ و ۳ مورد استفاده قرار می‌گیرد.
نوع کنترل در بهره‌برداری	آزاد و بدون دریچه	دریچه دار	آزاد و بدون دریچه	دریچه دار
دبی خروجی سازه (cms)	109	40	306	5.3
مدت بهره‌برداری	موقتی	دایمی	دایمی	دایمی
نحوه کنترل در صورت نیاز	نصب استاپ لاگ	باز و بسته نمودن دریچه	نصب استاپ لاگ	باز و بسته نمودن دریچه

● سازه‌های هیدرولیکی بر روی دایک مرزی مخزن ۳

جهت تخلیه بخشی از سیلاب ۱۰ ساله ورودی به مخزن شماره ۳ از سرریز ۱۱۰ دهانه استفاده می‌گردد. رقوم تاج این سرریز معادل رقوم نرمال تراز سطح آب در مخزن شماره سه، $3/00+$ می‌باشد. این سازه از رقوم $3/0+$ تا $3/5+$ دبی سیلابی ۱۹۷ متر مکعب در ثانیه را به سمت عراق تخلیه می‌نماید. با توجه به این که در زمان ساخت این سازه امکان بهره‌برداری آن در مخزن ۳ میسر نبوده است و می‌بایست بطور موقت در مخزن ۲ مورد استفاده قرار بگیرد، لذا نحوه بهره‌برداری آن به صورت دریچه‌دار در نظر گرفته شده است. بر این اساس تا مدت زمانی که در مخزن ۲ مورد استفاده قرار می‌گیرد از مجموع ۱۱۰ دهانه سرریز ۲۵ دهانه به صورت کاملاً باز و ۸۵ دهانه کاملاً بسته مورد استفاده قرار می‌گیرد اما در شرایط بهره‌برداری کامل در مخزن ۳ تمام دریچه‌ها باز می‌گردد. قابل ذکر است که بر اساس دریچه‌دار بودن دهانه‌ها، امکان تغییر تعداد دهانه‌های باز و بسته نیز میسر می‌باشد.

● سازه‌های هیدرولیکی بر روی جاده شهید همت

جهت تخلیه بخشی از سیلاب ۱۰ ساله از مخزن ۳ به سمت مخزن ۴ از کالورت‌های لوله‌ای بتنی به قطر ۱۲۰۰ میلی‌متر استفاده می‌گردد. لبه پایین کالورت‌ها در رقوم ۱۷/۰۰+ قرار دارد. این کالورت‌ها در رقوم ۳/۵+ که حداکثر رقوم سطح آب در مخزن ۳ می‌باشد، ۱۲۸ متر مکعب در ثانیه به سمت مخزن ۴ هدایت می‌کنند. عملکرد این کالورت‌های لوله‌ای بصورت تخلیه تحتانی بوده است. این سازه‌ها با توجه به نوع آن‌ها (کالورت لوله‌ای) بدون هیچ گونه کنترلی می‌باشند و تنها هدف آن‌ها، ایجاد ارتباط بین آب مخازن می‌باشد. لذا در مرحله بهره‌برداری، تنها کنترل وضعیت ظاهری آن‌ها از نظر خوردگی اطراف دهانه‌ها در اثر جریان آب و همچنین مسدود نشدن مسیر آن‌ها می‌بایست مورد بازدید مرتب و ماهانه قرار گیرد. (جدول ۵-۷)

● سازه‌های هیدرولیکی بر روی جاده سیدالشهدا

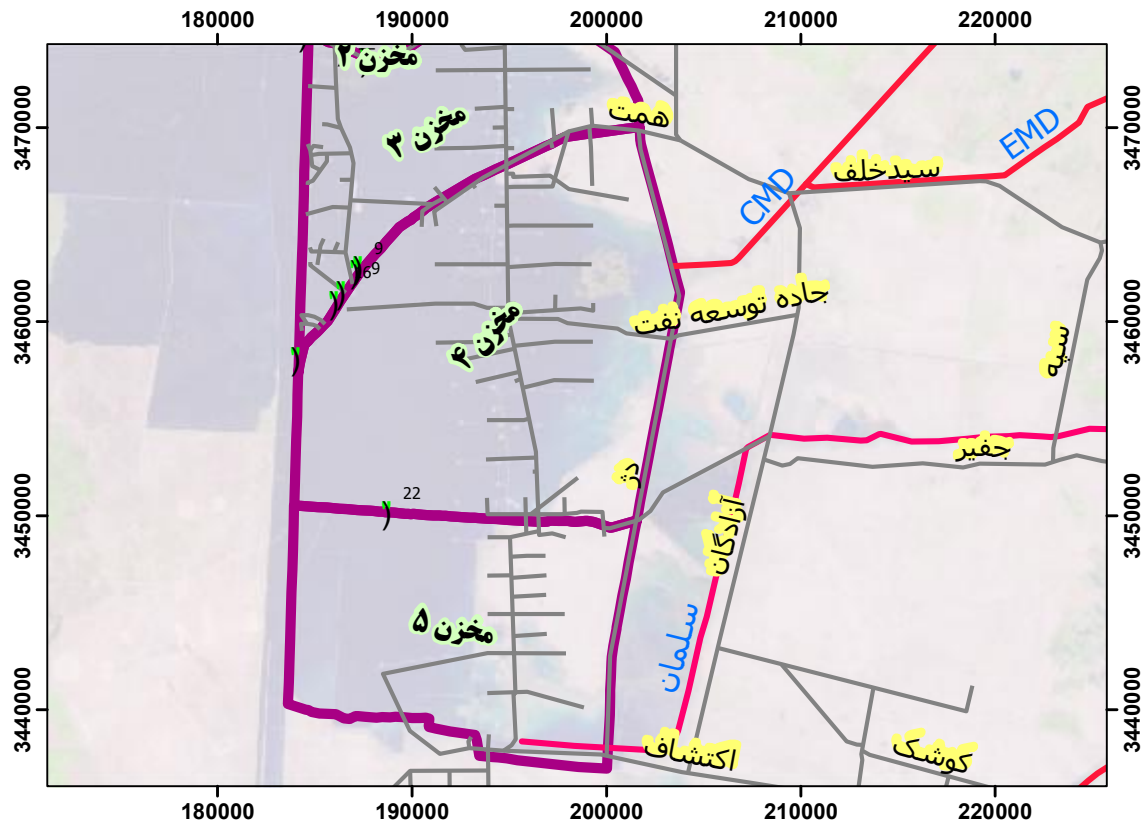
سیلاب ۱۰ ساله ورودی به مخزن ۴ پس از پر نمودن حجم این مخزن، دبی ۵۰ متر مکعب در ثانیه را به سمت مخزن ۵ هدایت می‌کند. بر این اساس یک کالورت لوله‌ای ۲۲ دهانه و با قطر لوله ۱۲۰۰ میلی‌متر، وظیفه انتقال سیلاب را انجام می‌دهد. این سازه‌ها با توجه به نوع آن‌ها (کالورت لوله‌ای) بدون هیچ‌گونه کنترلی می‌باشند و تنها هدف آن‌ها، ایجاد ارتباط بین آب مخازن می‌باشد. لذا در مرحله بهره‌برداری، نه تنها کنترل وضعیت ظاهری آن‌ها از نظر خوردگی اطراف دهانه‌ها در اثر جریان آب و همچنین مسدود نشدن مسیر آن‌ها می‌بایست مورد بازدید مرتب و ماهانه قرار گیرد. (جدول ۵-۸ و شکل ۵-۱۶)

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۵-۷: مشخصات سازه‌های هیدرولیکی بر روی دایک مرزی مخزن شماره ۳ و جاده شهید همت

نام سازه	سرریز	کالورت	کالورت	کالورت	کالورت	کالورت
تعداد دهانه	110	3	4	10	9	16
ارتفاع هر دهانه (m)	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
عرض هر دهانه (m)	3.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
رقوم لبه پایین سرریز (m)	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
رقوم نرمال سطح آب (m)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
رقوم حداکثر تخلیه سیلاب	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
نوع کنترل در بهره‌برداری	دریچه دار	آزاد	آزاد	آزاد	آزاد	آزاد
دبی خروجی سازه (cms)	197	9	12	30	27	48
مدت بهره‌برداری	دائمی	دائمی	دائمی	دائمی	دائمی	دائمی
نحوه کنترل در صورت نیاز	باز و بسته نمودن دریچه‌ها	آزاد	آزاد	آزاد	آزاد	آزاد

* کالورت‌ها از نوع لوله بتنی با قطر ۱۲۰۰ میلی‌متر



شکل ۵-۱۶: موقعیت مخازن ۴ و ۵ و تالاب و سازه‌های هیدرولیکی آن‌ها

جدول ۵-۸: مشخصات سازه‌های هیدرولیکی بر روی جاده سیدالشهداء

کالورت	نام سازه
22	تعداد دهانه
1200	قطر هر دهانه (mm)
1.0	رقوم لبه پایین سرریز (m)
3.0	رقوم نرمال سطح آب (m)
3.5	رقوم حداکثر تخلیه سیلاب
آزاد	نوع کنترل در هنگام بهره‌برداری
50	دبی خروجی سازه (S^3/m)
دائمی	مدت بهره‌برداری

● جاده‌های آنتنی و رقوم آن‌ها

مخازن شماره ۲ و ۳ تالاب هورالعظیم از طریق جاده شط علی از یکدیگر تفکیک شده‌اند. بر روی این جاده، سرریز آزاد ۷۵ دهانه (بدون دریچه) و کالورت تخلیه تحتانی ۲ دهانه مربعی (بدون دریچه) جهت تخلیه سیلاب از مخزن شماره ۲ به مخزن

شماره ۳ در نظر گرفته شده است. قبل از وقوع سیلاب، روانکاری، تعمیرات و آماده سازی استاپ لاگها انجام شد و نی‌زدایی در جلوی سازه‌های فوق‌الذکر ضرورت دارد.

جاده شهید همت، مخازن ۳ و ۴ تالاب هورالعظیم را از یکدیگر تفکیک می‌کند. بر روی این جاده، جهت تخلیه سیلاب از مخزن شماره ۳ به سمت مخزن شماره ۴ از کالورت‌های لوله‌ای بتنی (۳، ۴، ۹، ۱۰ و ۱۶ لوله‌ای) به قطر ۱۲۰۰ میلی‌متر استفاده می‌گردد. عملکرد این کالورت‌های لوله‌ای بصورت تخلیه تحتانی بوده است. این سازه‌ها با توجه به نوع آن‌ها (کالورت لوله‌ای) بدون هیچ گونه کنترلی می‌باشند و تنها هدف آن‌ها، ایجاد ارتباط آبی بین مخازن می‌باشد. قبل از وقوع سیلاب، در جلوی آن‌ها نی‌زدایی و بازگشایی لوله‌ها ضرورت دارد.

جاده سیدالشهدا مخازن ۴ و ۵ تالاب را به دو قسمت تقسیم می‌کند. بر روی این جاده، یک کالورت لوله‌ای ۲۲ دهانه (با قطر لوله ۱۲۰۰ میلی‌متر) وظیفه انتقال سیلاب از مخزن شماره ۴ به مخزن شماره ۵ تالاب را عهده‌دار است. این سازه‌ها با توجه به نوع آن‌ها (کالورت لوله‌ای) بدون هیچ‌گونه کنترلی می‌باشند و تنها هدف آن‌ها، ایجاد ارتباط آبی بین مخازن می‌باشد. قبل از وقوع سیلاب، در جلوی آن‌ها نی‌زدایی و بازگشایی لوله‌ها آن‌ها ضرورت دارد. مطابق بررسی نقشه‌های موجود رقوم جاده‌های آنتنی تالاب هورالعظیم مطابق جدول ۵-۹ می‌باشند.

جدول ۵-۹: رقوم جاده‌های آنتنی در تالاب هورالعظیم

ردیف	نام جاده آنتنی	رقوم (m)	موقعیت
1	امام رضا	6.0	بین مخزن ۱ و ۲
2	شط علی	5.5	بین مخزن ۲ و ۳
3	شهید همت	5.0	بین مخزن ۳ و ۴
4	سیدالشهدا	4.5	بین مخزن ۴ و ۵

○ **مقادیر عددی و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن تالاب به نقل از مطالعات پیشین**
مقادیر عددی و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن تالاب به نقل از مطالعات پیشین ساماندهی تالاب هورالعظیم و همچنین بررسی‌های تکمیلی مطالعات حاضر تهیه و ترسیم شده‌اند که در ادامه به ذکر هر کدام از آن‌ها پرداخته می‌شود.

● **مقادیر عددی و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن تالاب به نقل از مطالعات پیشین**
مقادیر عددی و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن تالاب به نقل از مطالعات پیشین یعنی مطالعات ساماندهی تالاب هورالعظیم و بهره‌برداری از آن در مخازن پنچگانه به صورت مجزا در جدول ۵-۱۰ تا جدول ۵-۱۳ و شکل ۵-۱۷ تا شکل ۵-۲۰ منعکس شده‌اند.

جدول ۵-۱۰: مقادیر عددی سطح-حجم-ارتفاع مخازن ۱ و ۲ تالاب

V (mcm)	A (km ²)	h (masl)	V (mcm)	A (km ²)	h (masl)
412	291	4.50	0	0	1.90
486	301	4.75	0	10	2.00
562	310	5.00	6	38	2.25
642	335	5.25	19	65	2.50
727	344	5.50	40	108	2.75
816	363	5.75	71	144	3.00
909	381	6.00	110	166	3.25
1004	381	6.25	156	199	3.50
1099	382	6.50	210	233	3.75
1195	382	6.75	272	267	4.00
1291	383	7.00	340	277	4.25

جدول ۵-۱۱: مقادیر عددی سطح-حجم-ارتفاع مخزن ۳ تالاب

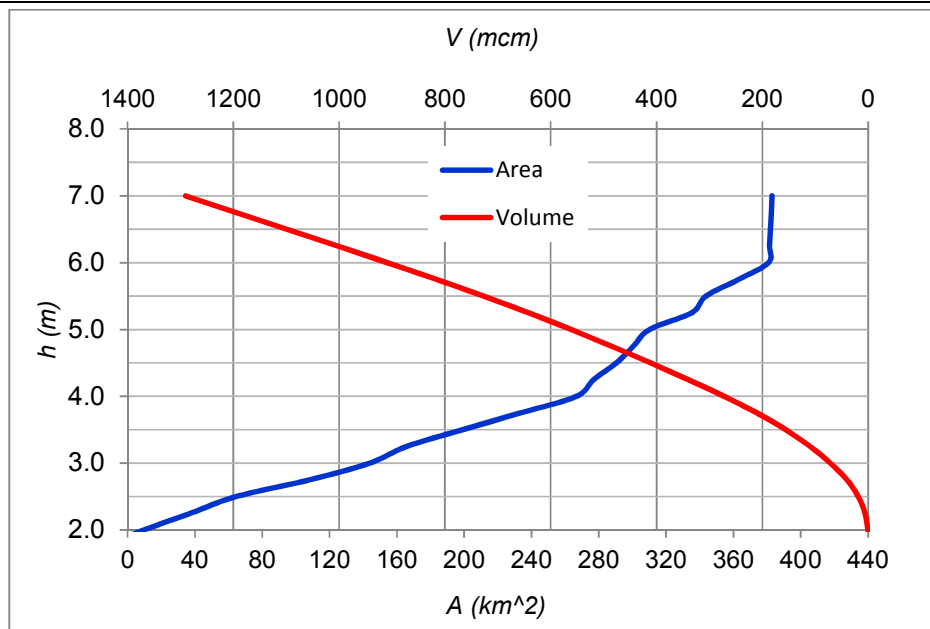
V (mcm)	A (km ²)	h (masl)	V (mcm)	A (km ²)	h (masl)
56	81	2.50	0	0	1.25
80	111	2.75	2	16	1.50
109	122	3.00	5	26	1.60
141	130	3.25	9	41	1.75
173	132	3.50	21	58	2.00
-	-	-	37	71	2.25

جدول ۵-۱۲: مقادیر عددی سطح-حجم-ارتفاع مخزن ۴ تالاب

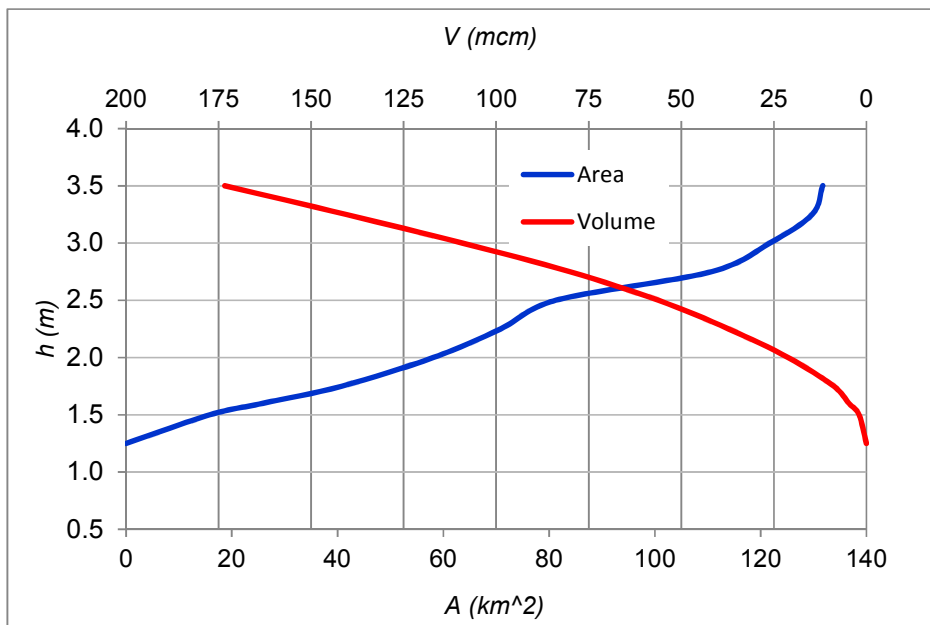
V (mcm)	A (km ²)	h (masl)	V (mcm)	A (km ²)	h (masl)
72	150	2.50	0	0	1.50
113	177	2.75	3	23	1.70
163	227	3.00	4	28	1.75
225	271	3.25	16	75	2.00
294	281	3.50	39	112	2.25

جدول ۵-۱۳: مقادیر عددی سطح-حجم-ارتفاع مخزن ۵ تالاب

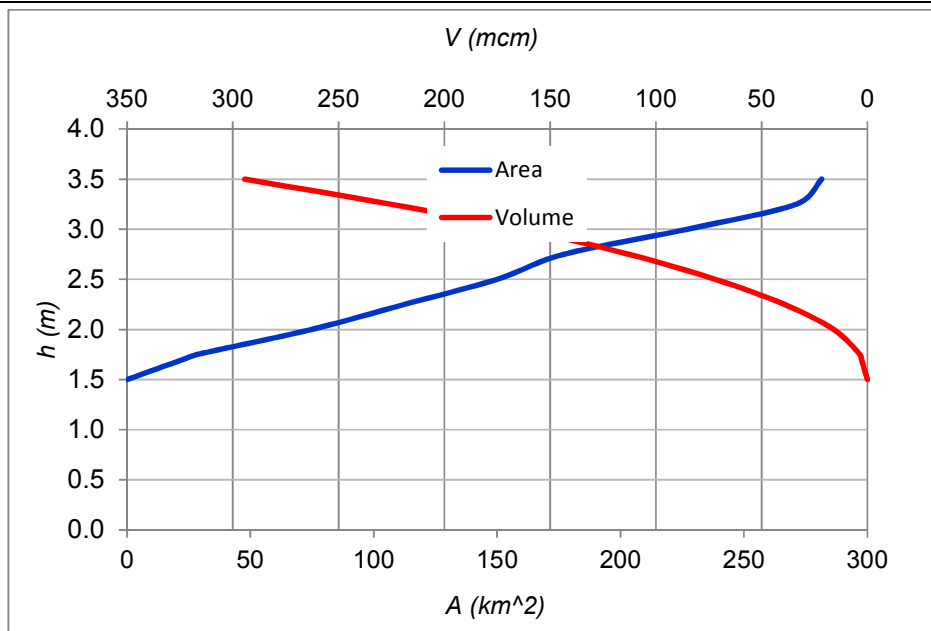
V (mcm)	A (km ²)	h (masl)	V (mcm)	A (km ²)	h (masl)
54	152	2.75	0	0	2.00
93	162	3.00	4	31	2.25
134	167	3.25	7	47	2.30
177	180	3.50	21	112	2.50



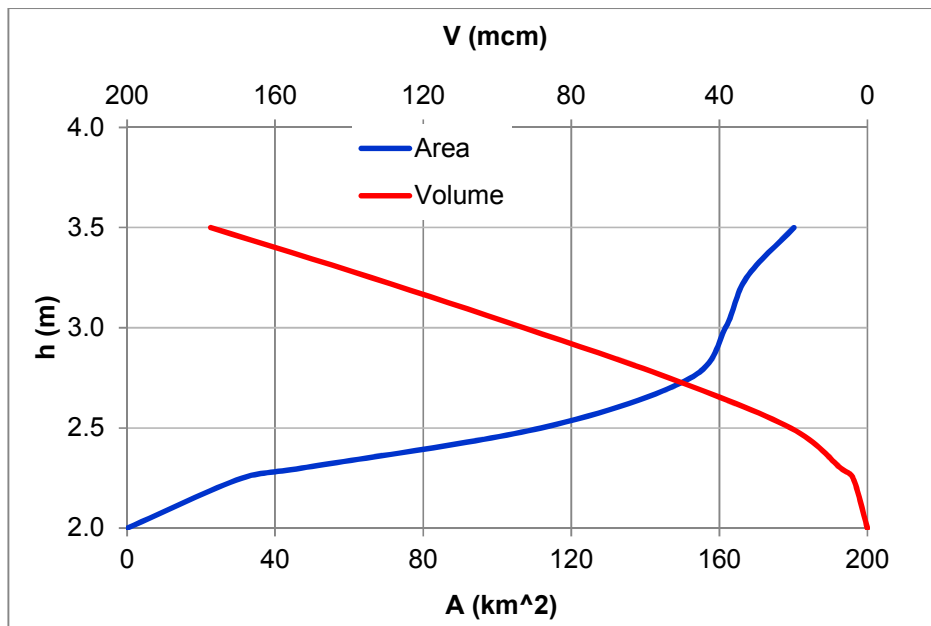
شکل ۵-۱۷: منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن ۱ و ۲ تالاب



شکل ۵-۱۸: منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخزن ۳ تالاب



شکل ۵-۱۹: منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخزن ۴ تالاب



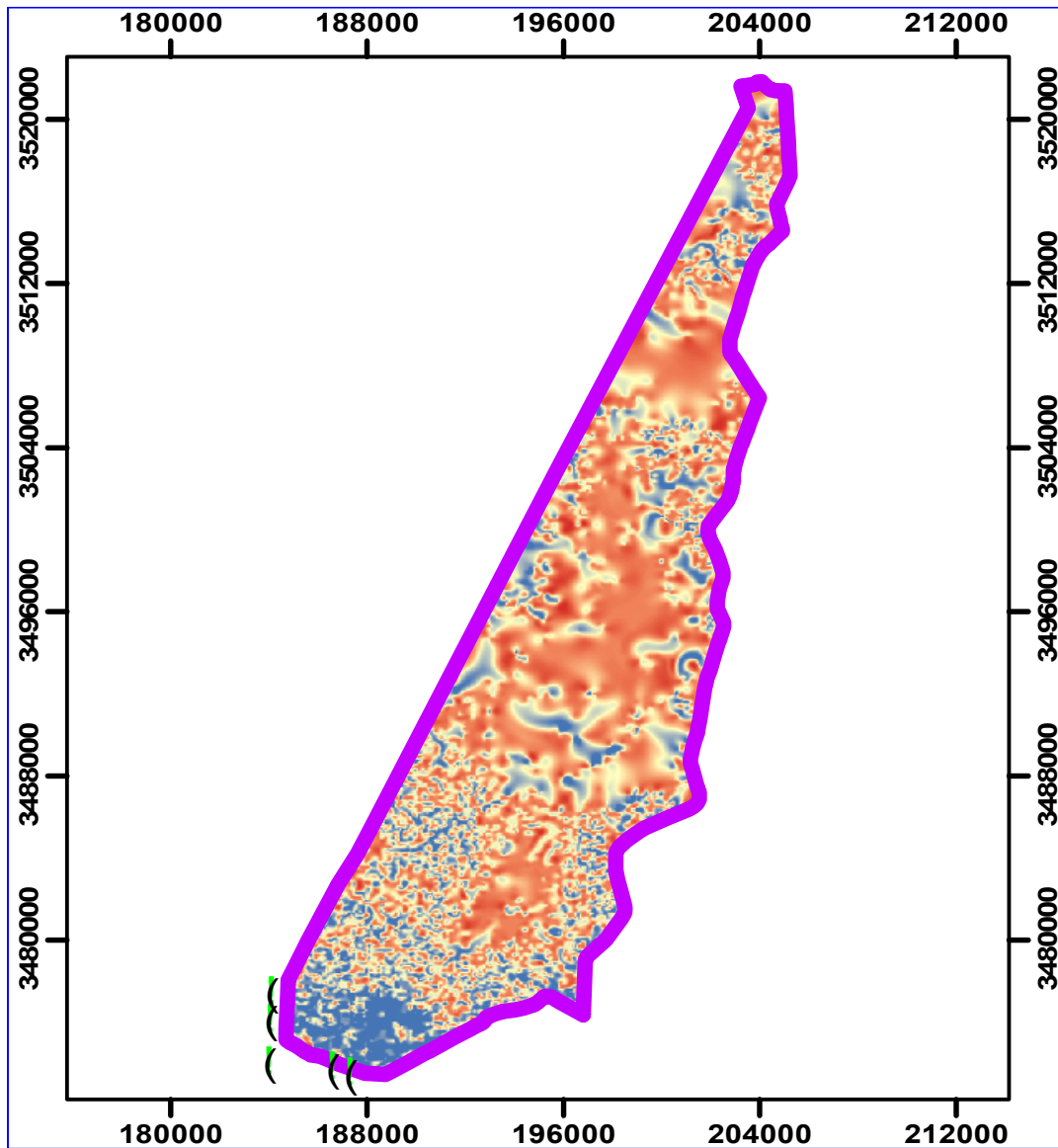
شکل ۵-۲۰: منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخزن ۵ تالاب

● مقادیر عددی و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن تالاب مطابق داده‌های ماهواره‌ای موجود

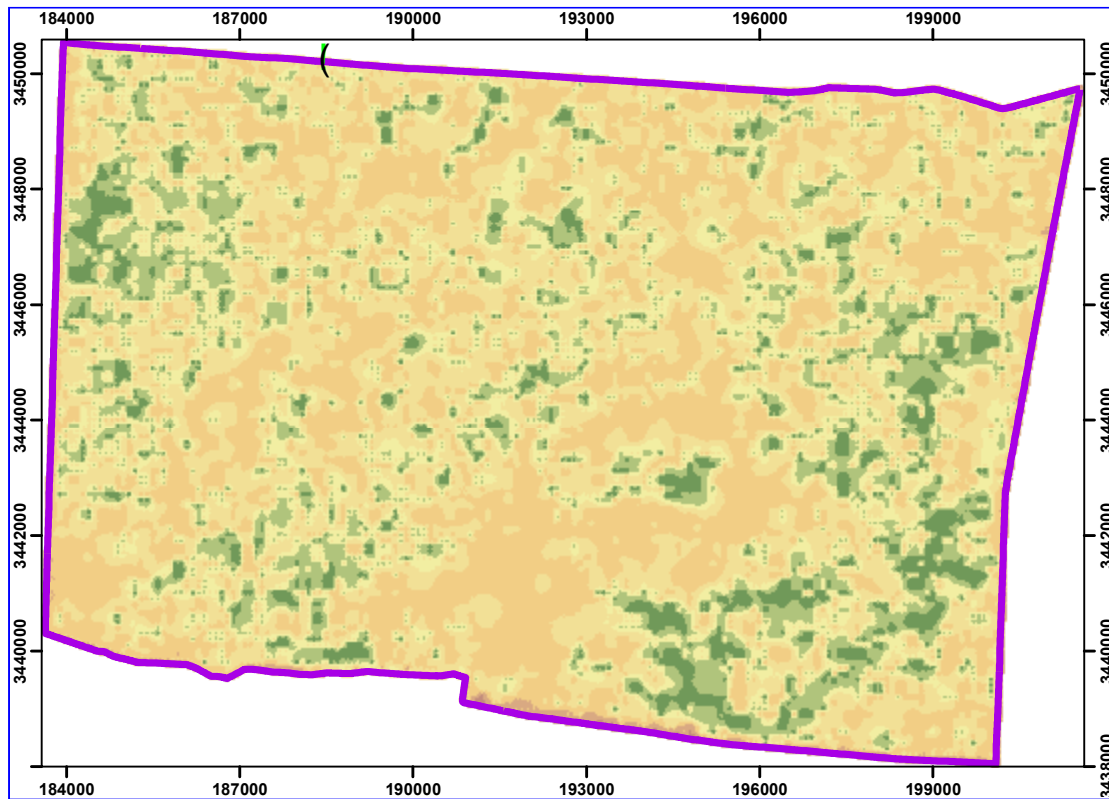
نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور و داده‌های ماهواره‌ای مربوط سازمان فضایی آمریکا موسوم به *SRTM* با قدرت تفکیک ۳۰ متری؛ مدل رقوم سه بعدی از مخازن پنجگانه تالاب تهیه گردید. مدل رقوم مخازن ۱ و ۲ تالاب و همچنین مخزن ۵ به صورت نمونه در شکل ۵-۲۱ و شکل ۵-۲۲ نشان داده شد. مقادیر عددی و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن تالاب در مخازن پنجگانه از مدل رقوم استخراج و به صورت مجزا در جدول ۵-۱۴ تا جدول ۵-۱۷ و شکل ۵-۲۳ تا شکل ۵-۲۶ منعکس شده‌اند.

بر اساس داده‌های ماهواره‌ای فعلی، بررسی مدل رقوم مخازن ۱ و ۲ نشان می‌دهد که حداکثر رقوم ارتفاع قابل آبیگری این دو مخزن ۴/۸ متر است. مخزن در این ارتفاع مساحتی برابر ۳۶۰ کیلومتر مربع و حجمی معادل ۵۴۳ میلیون متر مکعب دارد. حداکثر رقوم ارتفاع قابل آبیگری مخزن ۳، ۴/۶ متر است که در این ارتفاع مساحتی برابر ۱۴۳ کیلومتر مربع و حجمی معادل ۳۰۰ میلیون متر مکعب دارد. حداکثر رقوم ارتفاع قابل آبیگری مخزن ۴، ۴/۶ متر است که در این ارتفاع مساحتی برابر ۳۰۵ کیلومتر مربع و حجمی معادل ۵۲۲ میلیون متر مکعب دارد. حداکثر رقوم ارتفاع قابل آبیگری مخزن ۵، ۴/۸ متر است که در این ارتفاع مساحتی برابر ۱۸۳ کیلومتر مربع و حجمی معادل ۳۳۸ میلیون متر مکعب دارد.

یافته‌های مطالعات حاضر (بر اساس نقشه برداری هیدروگرافی و زمینی جدید) در خصوص مدل رقوم حوضچه‌های تالاب با مطالعات پیشین اختلاف دارد. نقشه برداری و هیدروگرافی مخازن این اختلافات را روشن و مقادیر واقعی‌تر ارائه می‌دهد.



شکل ۵-۲۱: مدل رقومی مخازن ۱ و ۲ تالاب



شکل ۵-۲۲: مدل رقومی مخزن ۵ تالاب

جدول ۵-۱۴: مقادیر عددی سطح-حجم-ارتفاع مخازن ۱ و ۲ تالاب

V (mcm)	A (km ²)	h (masl)	V (mcm)	A (km ²)	h (masl)
342	316	4.20	1	4	3.00
406	332	4.40	48	106	3.20
473	347	4.60	96	177	3.40
543	360	4.80	163	237	3.62
611	373	5.00	214	274	3.80
-	-	-	281	298	4.00

جدول ۵-۱۵: مقادیر عددی سطح - حجم - ارتفاع مخزن ۳ تالاب

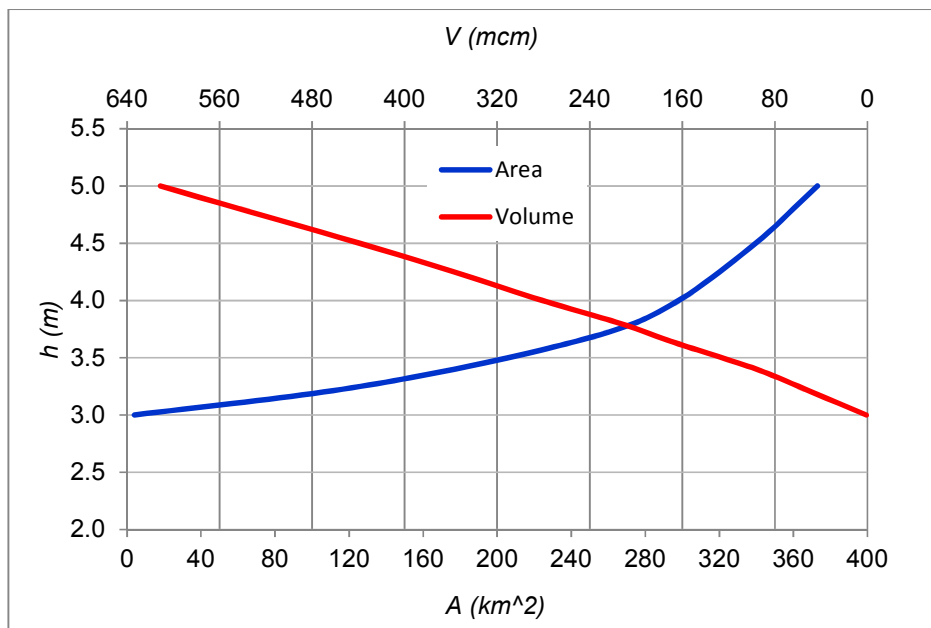
V (mcm)	A (km ²)	h (masl)	V (mcm)	A (km ²)	h (masl)
240	140	4.20	87	92	3.00
270	142	4.40	109	107	3.20
300	143	4.60	131	118	3.40
330	145	4.80	157	127	3.60
354	146	5.00	182	134	3.80
-	-	-	210	137	4.00

جدول ۵-۱۶: مقادیر عددی سطح - حجم - ارتفاع مخزن ۴ تالاب

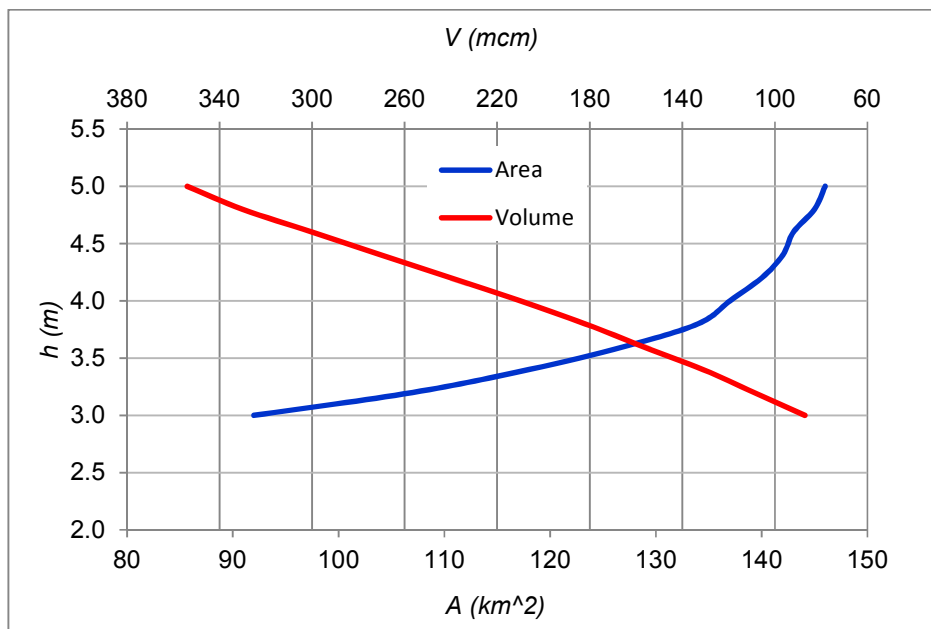
V (mcm)	A (km ²)	h (masl)	V (mcm)	A (km ²)	h (masl)
406	290	4.20	94	105	3.00
462	300	4.40	142	156	3.20
522	305	4.60	188	201	3.40
584	307	4.80	236	235	3.60
647	308	5.00	289	260	3.80
-	-	-	348	278	4.00

جدول ۵-۱۷: مقادیر عددی سطح - حجم - ارتفاع مخزن ۵ تالاب

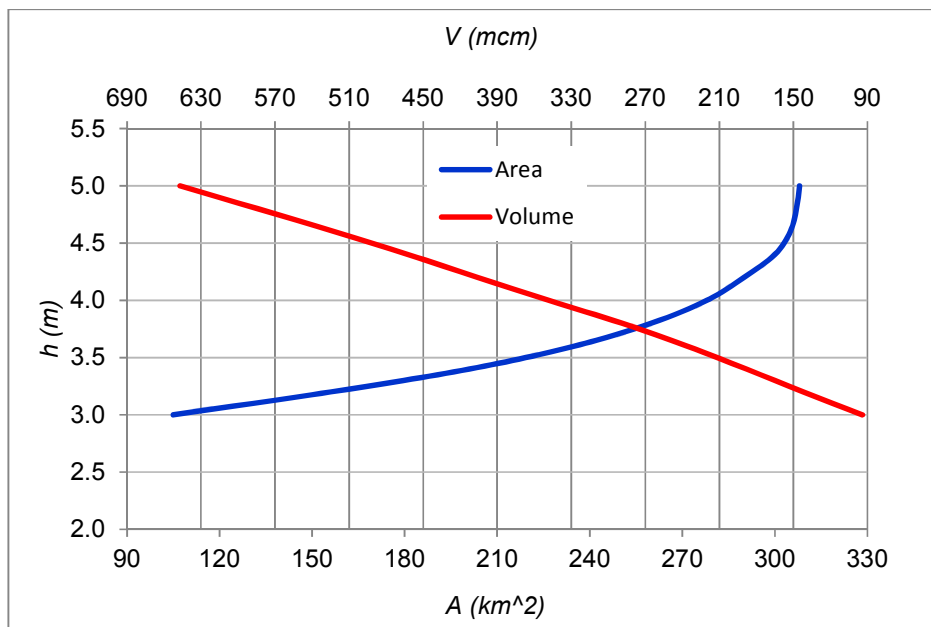
V (mcm)	A (km ²)	h (masl)	V (mcm)	A (km ²)	h (masl)
229	174	4.20	1	1	3.00
267	179	4.40	50	52	3.20
301	181	4.60	90	92	3.40
338	182	4.80	130	123	3.62
370	183	5.00	160	144	3.80
-	-	-	191	162	4.00



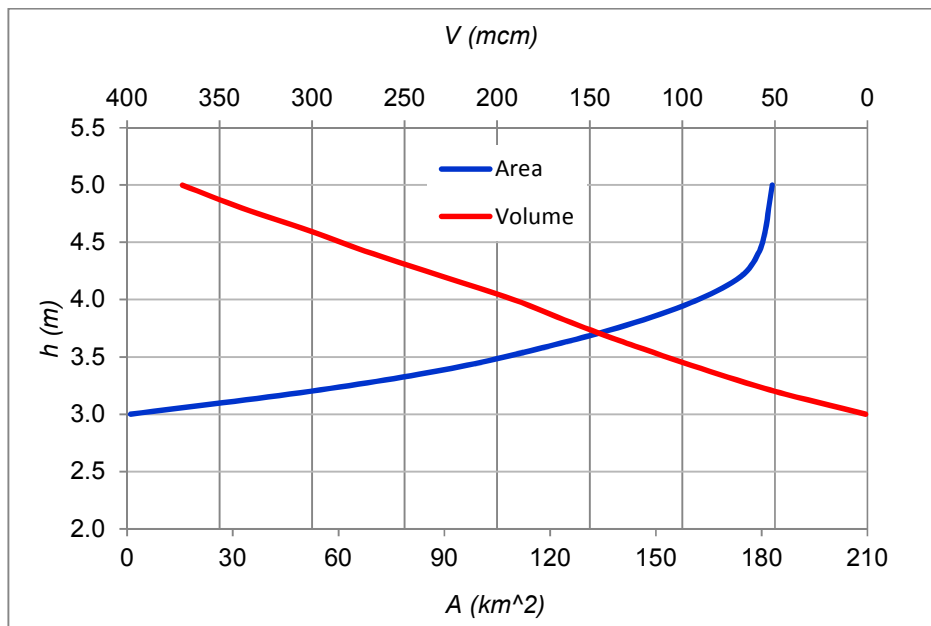
شکل ۵-۲۳: منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن ۱ و ۲ تالاب



شکل ۵-۲۴: منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخزن ۳ تالاب



شکل ۵-۲۵: منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخزن ۴ تالاب



شکل ۵-۲۶: منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخزن ۵ تالاب

با توجه حداکثر ظرفیت تالاب در هر مخزن با در نظر گرفتن دایک‌های مرزی و راه‌های دسترسی جداکننده مخزن نتایج زیر (جدول ۵-۱۸) حاصل و خلاصه گردید.

جدول ۵-۱۸: جمع بندی مقادیر هندسی مخازن پنجگانه تالاب

hmax (masl)	hmin (masl)	V max(mcm)	Amax (km ²)	Reser. N.
4.80	0.40	543	373	1 & 2
4.60	0.21	300	149	3
4.60	0.21	522	306	4
4.80	1.00	338	185	5
-	-	1703	1013	sum

○ مقادیر عددی و منحنی‌های سازه‌های هیدرولیکی تالاب

- تعدادی سازه آبی به صورت زیرگذر و سرریز در تالاب وجود دارد که انتقال آب بین مخازن، تامین نیازهای آبی و تخلیه آب مازاد مواقع سیلابی به خارج از مخازن را امکان پذیر می‌سازد (جدول ۵-۱۹). این سازه‌های آبی عبارتند از:
- ✓ کانال تامین آب پرورش ماهی و نیاز انتقال دائم آب به میزان ۵/۳ متر مکعب در ثانیه از مخازن ۱ و ۲. این کانال در هر رقوم سطح آب مخازن مربوطه می‌تواند آب را منتقل کند.
 - ✓ کالورت تخلیه کننده تحتانی ۸ دهانه دریچه دار جهت تخلیه آب مازاد از مخازن ۱ و ۲ به خاک عراق. مقادیر عددی دبی - اشل کالورت مذکور در جدول ۵-۲۰ و منحنی مربوطه در شکل ۵-۲۷ آورده شده است.
 - ✓ سرریز ۷۵ دهانه آزاد مخازن ۱ و ۲ به مخزن ۳. مقادیر عددی دبی - اشل سرریز مذکور در جدول ۵-۲۱ و منحنی مربوطه در شکل ۵-۲۸ آورده شده است.
 - ✓ کالورت ۲ دهانه آزاد از مخازن ۱ و ۲ به مخزن ۳. دبی - اشل سازه آبی مذکور در جدول ۵-۲۲ و منحنی آن در شکل ۵-۲۹ قابل ملاحظه است.

جدول ۵-۱۹: مشخصات کلی ابنیه آبی تالاب هورالعظیم

ردیف	مخزن	نوع سازه	موقعیت	ظرفیت (cms)
1	1	پل ۴ دهانه ۷ متری	جاده امام رضا (ع)	28
2		سرریز ۵۵ دهانه	دایک	222
3		سرریز ۵۵ دهانه	دایک	222
4		سرریز ۵۵ دهانه	دایک	222
5	2	سرریز ۸ دهانه	دایک	40
6		سرریز ۳۵ دهانه	دایک	109
7		سرریز ۷۵ دهانه	جاده شط علی	306
8		سرریز ۲ دهانه	جاده شط علی	5.3
9	3	سرریز ۱۱۰ دهانه	دایک	197
10		کالورت ۱۶ لوله ای	جاده شهید همت	48
11		کالورت ۹ لوله ای	جاده شهید همت	27
12		کالورت ۱۰ لوله ای	جاده شهید همت	32
13	4	کالورت ۲۲ لوله ای	جاده سیدالشهدا	50

- ✓ سرریز ۱۱۰ دهانه دریچه دار از مخازن ۳، ۴ و ۵ به خاک عراق. مقادیر عددی دبی - اشل این سازه در جدول ۵-۲۴ و منحنی آن در شکل ۵-۳۱ منعکس شده است.
- ✓ سرریزهای ۳۵ دهانه و ۳ سرریز هر کدام ۵۵ دهانه آزاد از مخازن ۱ و ۲ به بخش عراقی تالاب. مجموع مقادیر عددی دبی - اشل سرریزهای یاد شده در جدول ۵-۲۳ و شکل ۵-۳۰ ملاحظه می‌شود.

جدول ۵-۲۰: مقادیر عددی دبی- اشل کالورت ۸ دهانه از مخازن ۱ و ۲ به عراق (دریچه دار)

Q (cms)	h (masl)	Q (cms)	h (masl)	Q (cms)	h (masl)
107.5	4.4	76.0	3.2	0.0	2.0
109.7	4.5	79.1	3.3	21.9	2.1
111.9	4.6	82.1	3.4	31.0	2.2
114.1	4.7	85.0	3.5	38.0	2.3
116.1	4.8	87.8	3.6	43.9	2.4
118.2	4.9	90.5	3.7	49.1	2.5
120.2	5.0	93.1	3.8	53.8	2.6
122.2	5.1	95.7	3.9	58.1	2.7
124.2	5.2	98.2	4.0	62.1	2.8
126.1	5.3	100.6	4.1	65.8	2.9
128.0	5.4	103.0	4.2	69.4	3.0
129.9	5.5	105.3	4.3	72.8	3.1

جدول ۵-۲۱: مقادیر عددی دبی- اشل سرریز ۷۵ دهانه از مخازن ۱ و ۲ به مخازن ۳، ۴ و ۵

Q (cms)	h (masl)	Q (cms)	h (masl)	Q (cms)	h (masl)
353	5.1	142	4.6	0.0	4.0
402	5.2	179	4.7	9.7	4.1
454	5.3	219	4.8	27.4	4.2
507	5.4	261	4.9	50.3	4.3
562	5.5	306	5.0	77.4	4.4
-	-	-	-	108	4.5

جدول ۵-۲۲: مقادیر عددی دبی- اشل کالورت ۲ دهانه از مخزن ۱ و ۲ به مخزن ۳، ۴ و ۵

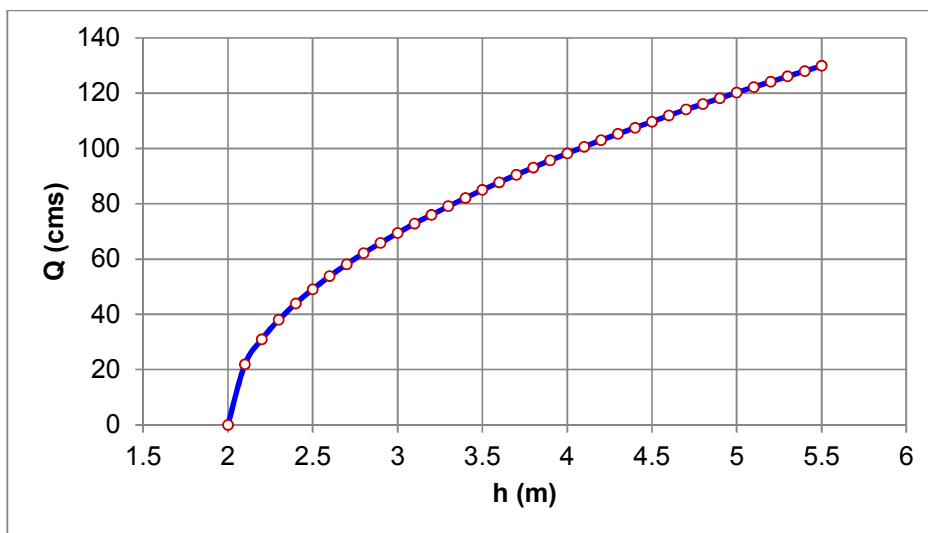
Q (cms)	h (masl)	Q (cms)	h (masl)	Q (cms)	h (masl)
7.4	4.6	5.4	3.6	0.0	2.5
7.6	4.7	5.6	3.7	1.6	2.6
7.8	4.8	5.8	3.8	2.3	2.7
7.9	4.9	6.1	3.9	2.8	2.8
8.1	5.0	6.3	4.0	3.2	2.9
8.3	5.1	6.5	4.1	3.6	3.0
8.4	5.2	6.7	4.2	4.0	3.1
8.6	5.3	6.9	4.3	4.3	3.2
8.7	5.4	7.1	4.4	4.6	3.3
8.9	5.5	7.3	4.5	4.9	3.4
-	-	-	-	5.1	3.5

جدول ۵-۲۳: مجموع مقادیر عددی دبی اشل سرریزهای ۳۵ و سه سرریز ۵۵ دهانه از مخازن ۱ و ۲ به بخش عراقی تالاب

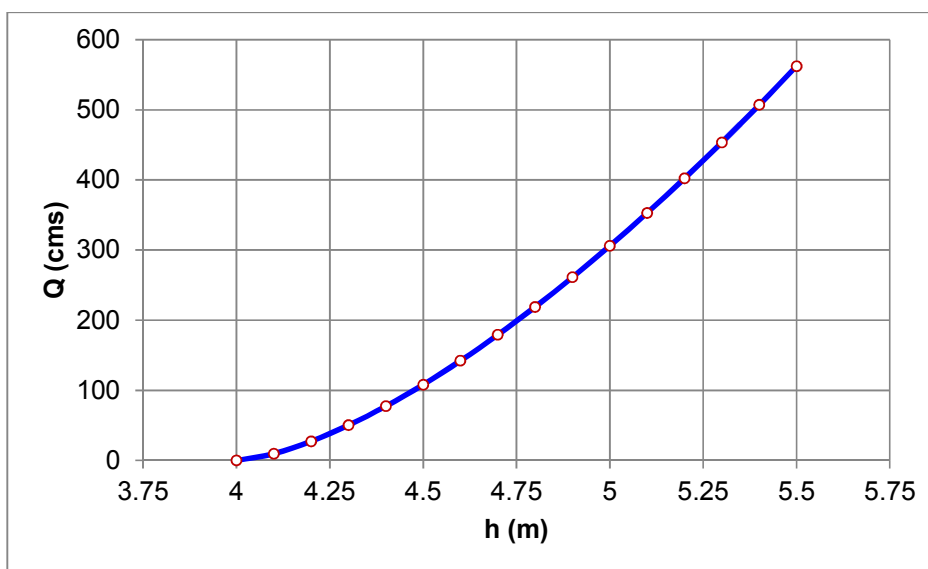
Q (cms)	h (masl)	Q (cms)	h (masl)	Q (cms)	h (masl)
894	5.1	360	4.6	0.0	4.0
1019	5.2	454	4.7	24.5	4.1
1149	5.3	555	4.8	69.3	4.2
1284	5.4	662	4.9	127	4.3
1424	5.5	775	5.0	196	4.4
-	-	-	-	274	4.5

جدول ۵-۲۴: مقادیر عددی دبی اشل سرریز ۱۱۰ دهانه از مخازن ۳، ۴ و ۵ به عراق

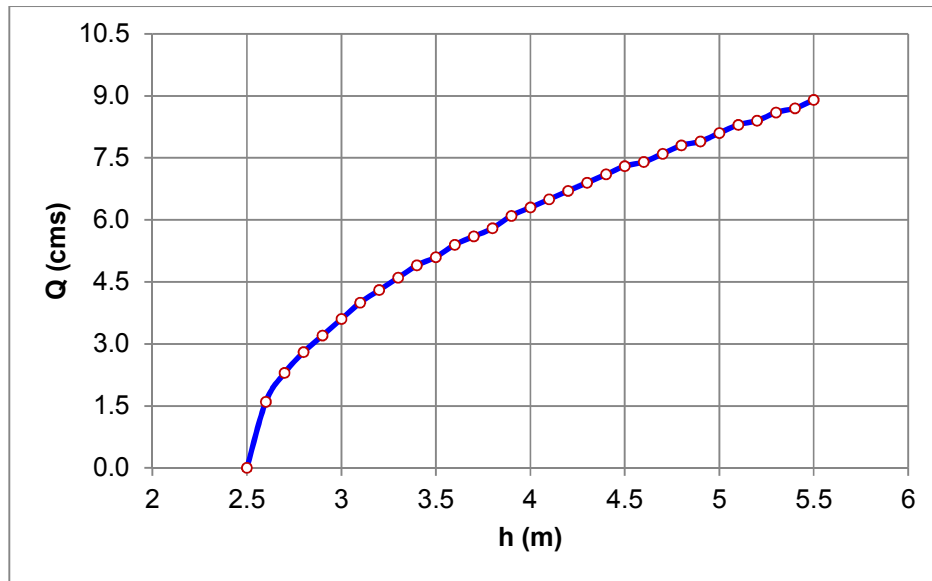
Q (cms)	h (masl)	Q (cms)	h (masl)	Q (cms)	h (masl)
399	3.8	141	3.4	0.0	3.0
557	4.0	197	3.5	17.6	3.1
769	4.2	259	3.6	49.8	3.2
-	-	-	-	91.6	3.3



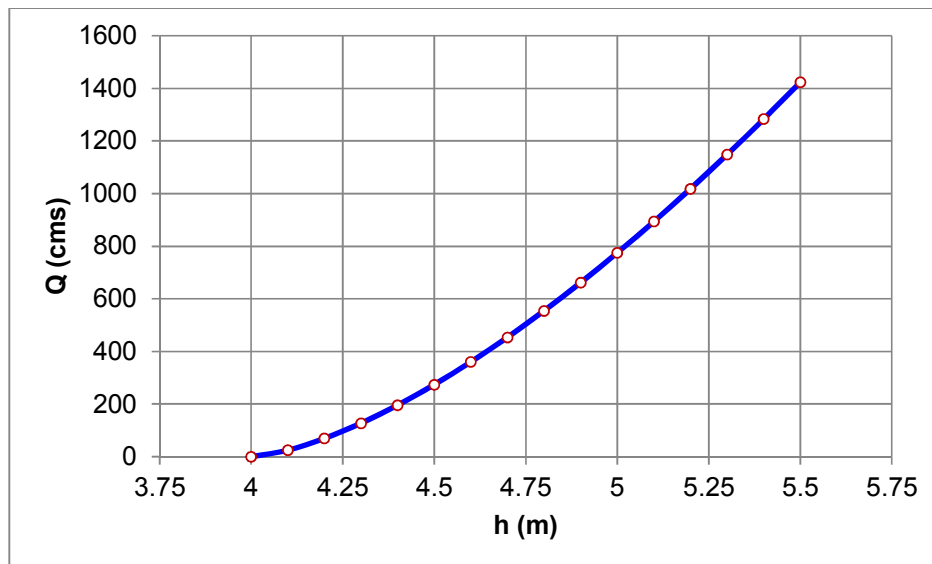
شکل ۵-۲۷: منحنی دبی و اشل کالورت ۸ دهانه مخازن ۱ و ۲



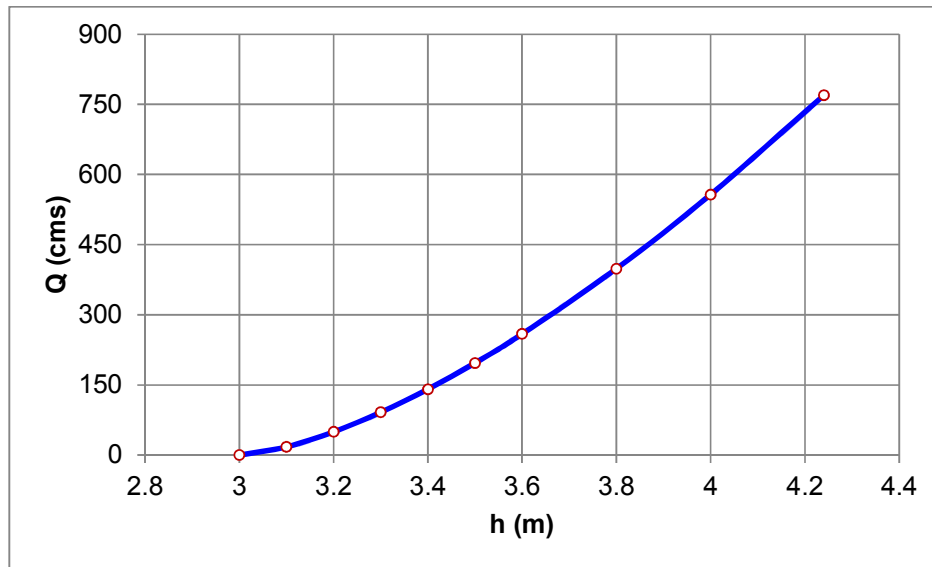
شکل ۵-۲۸: منحنی دبی و اشل سرریز ۷۵ دهانه مخازن ۱ و ۲



شکل ۵-۲۹: منحنی دبی و اشل کالورت ۲ دهانه مخازن ۱ و ۲



شکل ۵-۳۰: منحنی دبی و اشل سرریزهای ۳۵ و ۵۵ دهانه مخازن ۱ و ۲



شکل ۵-۳۱: منحنی دبی واتشل سرریز ۱۱۰ دهانه مخازن ۳، ۴ و ۵

۵-۳- میادین نفتی غرب کارون

میادین نفتی غرب کارون شامل میادین نفتی سهراب، آزادگان شمالی، آزادگان جنوبی، یاران شمالی، یاران جنوبی یادآوران، جفیر و دارخوین می‌باشند که در غرب رودخانه کارون و در مجاورت مرز ایران و عراق در استان خوزستان قرار دارد. میدان نفتی سهراب در مخزن شماره ۱، میادین نفتی آزادگان شمالی در حوضچه شماره ۲ یا مخزن ۲ هورالعظیم و میدان‌های نفتی آزادگان جنوبی، یاران شمالی و یاران جنوبی در حوضچه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ هورالعظیم و میادین نفتی یادآوران در قسمت جنوبی حوضچه شماره ۵ بیرون هورالعظیم قرار دارد. هورالعظیم توسط جاده شط علی به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم می‌شود که بخش شمالی آن دارای حوضچه‌های شماره ۱ و ۲ است که آب ورودی هور از این حوضچه وارد می‌شوند و پس از بالا آمدن سطح آب در داخل حوضچه شماره ۳ آب از طریق سازه‌های هیدرولیکی سرریز خواهد شد. با توجه به مسائل زیست محیطی و جلوگیری از ایجاد کانون ریز گردها قرار است، هر پنج حوضچه هورالعظیم در حال آبیگری دائم باشند و توسعه ترمیم و بهره‌برداری میادین نفتی آزادگان شمالی آزادگان جنوبی یاران شمالی و جنوبی در حالت آب دائم احداث شود بعلاوه در زمان ورود سیلاب به هورالعظیم این میادین نفتی باید در برابر اثرات ناشی از سیلاب محافظت شوند. سایر میادین نفتی این منطقه بیرون هور لیکن مجاورت آن قرار دارند.

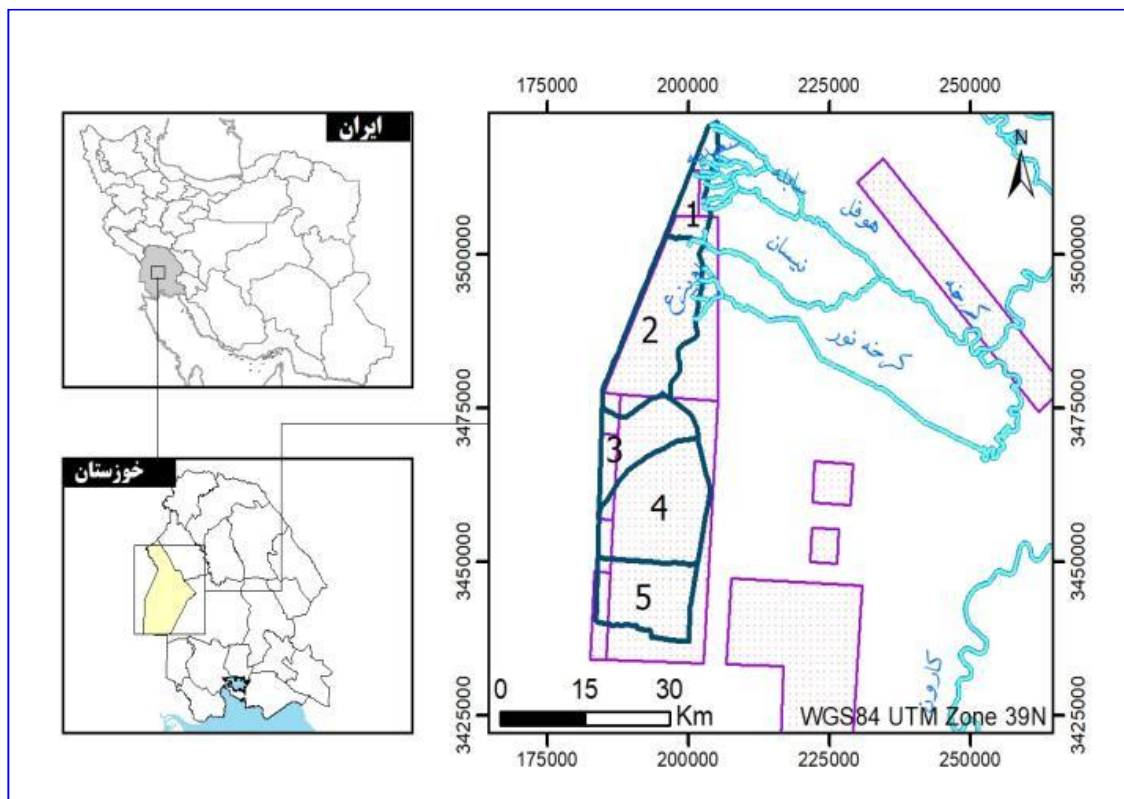
در زمان توسعه فاز اول میدان نفتی آزادگان شمالی آب دائم در حوضچه شماره ۲ وجود داشت و فاز اول این میدان در آب احداث شد و کارخانه فرآورش (CPF) آن در منطقه بیرون هورالعظیم احداث شده است. در زمان توسعه فاز اول میدان نفتی آزادگان جنوبی به وسیله جاده شط علی آب در حوضچه‌های شماره ۳ و ۴ و ۵ وجود نداشت و برای همین احداث فاز اول جاده ها و سلرها در حالت خشک انجام شده بود و جداره آن‌ها در برابر آب محافظت نشده است کارخانه فرآورش این میدان هنوز احداث نشده است ولی تأسیسات فرآورش سیار در داخل هورالعظیم احداث شده است. در زمان سیلاب اخیر که در فروردین ۱۳۹۸ رخ داد مقدار قابل توجهی آب از بالا دست هورالعظیم وارد شد که در نتیجه آن سطح آب در هر پنج حوضچه هورالعظیم بالا آمد بعلاوه آب دائمی قبل از آن وجود داشت. تأثیر آب بر روی جاده‌های میدان آزادگان جنوبی و تشدید اثر آن بر اثر سیلاب باعث شده است که جداره

جاده‌ها که عموماً با خاک رس احداث شده است دچار شستگی شده و جاده‌ها با روسازی خاکی این اثر به مراتب تشدید شده است و در جاده‌هایی با روسازی آسفالتی شانه‌های جاده از بین رفته و آسفالت از کنار جاده در حال شکستن است. همچنین بالا آمدن آب در سیلاب یاد شده باعث به زیر آب رفتن برخی جاده‌ها در حدود ۲۰ سانتی متر شده است که عملاً امکان تردد بر روی آن‌ها وجود ندارد. در خصوص سله‌ها نیز شرایط مشابهی وجود دارد و جداره خاکی سله‌ها که عموماً از خاک رس ساخته شده‌اند تحت اثر آب صدمه دیده و بر اثر آب شستگی خورده شده است بعلاوه برخی سله‌ها زیر آب رفته و در برخی که زیر آب نرفته زهکش شدن آن به بخش دور تاسیسات سرچاهی مشاهده می‌شود.

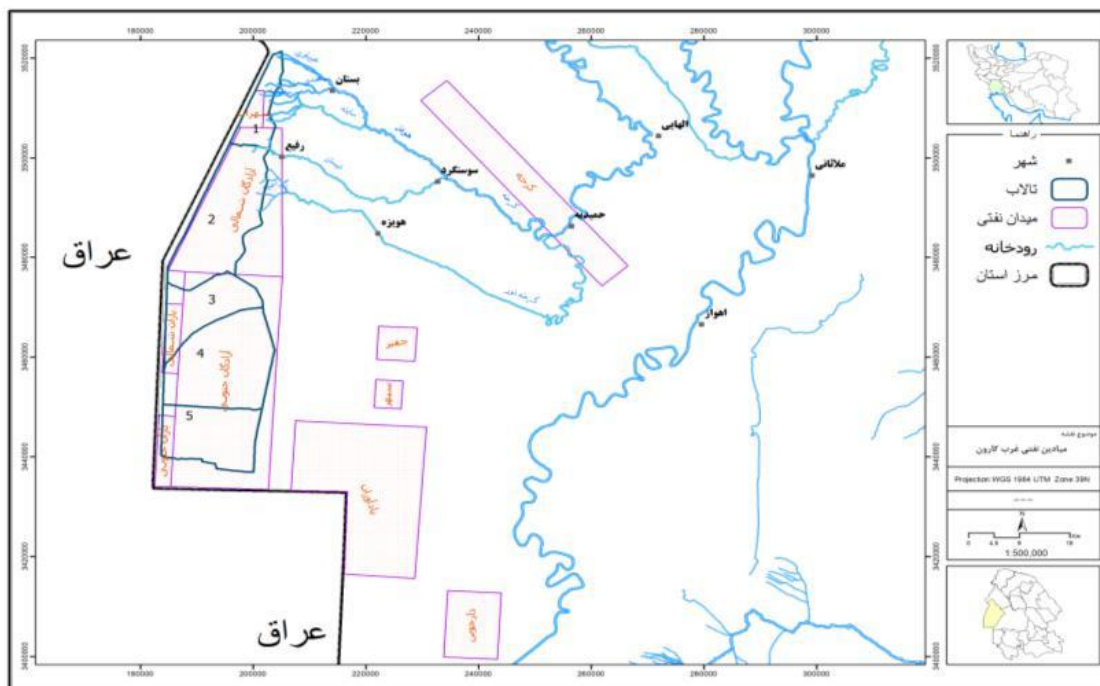
در میدان نفتی یاران شمالی بالا آمدن سطح آب موجب زیر آب رفتن جاده شده است جاده‌های این میدان بوسیله ریپ رپ و ژئوتکسایل محافظت شده‌اند لیکن بالا آمدن سطح آب باعث شده است تا در ناحیه پشت ژئوتکسایل آب شستگی دیده شود و احتمال خرابی بخش ریپ رپ وجود دارد. همچنین در حال حاضر آب به قدری پایین نیامده است که زهکش آب از خاک رس شروع شود که ممکن است در اثر این پدیده نشست‌هایی ایجاد گردد همچنین اشباع شدن خاک ریز تاسیسات می‌تواند باعث اثراتی در آینده شود. از موارد مهم ترمیم جاده‌ها و احداث جاده‌های جدید الاحداث با شرایط کنونی هور و آب دائم است. در میدان نفتی آزادگان جنوبی لوله‌های انتقال نفت خام وجود دارد که در زمانی که حوضچه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ هور العظیم خشک بودند بر روی پایپرک ساخته شده‌اند و هم اکنون که آب بالا آمده است یا غرقاب شده یا در آستانه غرقاب هستند. خطر برخورد اجسام، شکستگی و خوردگی برای این لوله‌ها وجود دارد که در صورت بروز چنین حوادثی نشت نفت از آن‌ها موجب اثرات زیست محیطی خواهد شد.

جاده‌ها موجود در میدان نفتی آزادگان جنوبی فاقد آبروهای کافی بوده که همین موضوع باعث شده است تا آب در حوضچه شماره ۳ در زمان سیلاب بالاتر از حوضچه‌های شماره ۴ و ۵ شود که این موضوع به میدان نفتی یاران شمالی صدمه وارد کرده است که برای رفع این موضوع در زمان سیلاب یاد شده جاده‌ها شکافته شد تا امکان انتقال بین حوضچه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ وجود داشته باشد. سازه‌های انتقال آب بر روی شط علی در زمان سیلاب نشان داد که حجم خروجی این سازه‌ها برای انتقال آب کافی نبوده و برای همین در زمان سیلاب فوق‌الذکر این جاده شکافته شد تا امکان تخلیه آب از حوضچه شماره ۲ به ۳ وجود داشته باشد. بر روی هورالعظیم سازه‌های انتقال آب تعبیه شده است که در زمان سیلاب قرار بود تا آب به سمت عراق رها سازی شود تا سطح آب در هورالعظیم کنترل شود لیکن آب رها شده از طریق این سازه‌ها بوسیله دایک‌های ساخته شده در عراق مجدداً به سمت ایران پس زده شده است. در زمان سیلاب یاد شده آب تا حوضچه شماره ۵ و تا حوالی طلاپیه بالا آمده بود و این سیلاب ایجاد آب دائم بر روی میدان نفتی یادآوران نمود. میادین نفتی یادآوران، جفیر و دارخوین در زمان سیلاب دچار آب گرفتگی دائم نشد. سله و جاده‌های میدان نفتی آزادگان شمالی در زمان سیلاب اخیر دچار مشکل جدی نشده است. لیکن در صورت تغییرات شرایط هورالعظیم، رویداد سیلاب با دوره بازگشت بیش از ۲۰۰ سال، اجرای طرح‌های جدید وزارت نیرو برای انتقال آب زهکش‌های منطقه به حوضچه شماره ۴ و ۵ علاوه بر سیلاب کرخه، در زمان سیلاب امکان ورود آب از طریق روگذری از روی دایک دور هور و آب شستگی آن، از طریق مانند مسیل سید خلف و زهکش‌های اب به صورت کنترل نشده ممکن است به زمینهای بین دایک دور هور و جاده اهواز خرمشهر سرازیر شود. که ممکن است آب به صورت کنترل نشده به سمت CPF های بیرون از هورالعظیم نیز حرکت کند و موجی صدمه شود. در هر حال موقعیت میادین نفتی غرب کارون و تالاب هورالعظیم در نقشه‌های مندرج در شکل ۵-۳۲ منعکس شده است.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میداین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

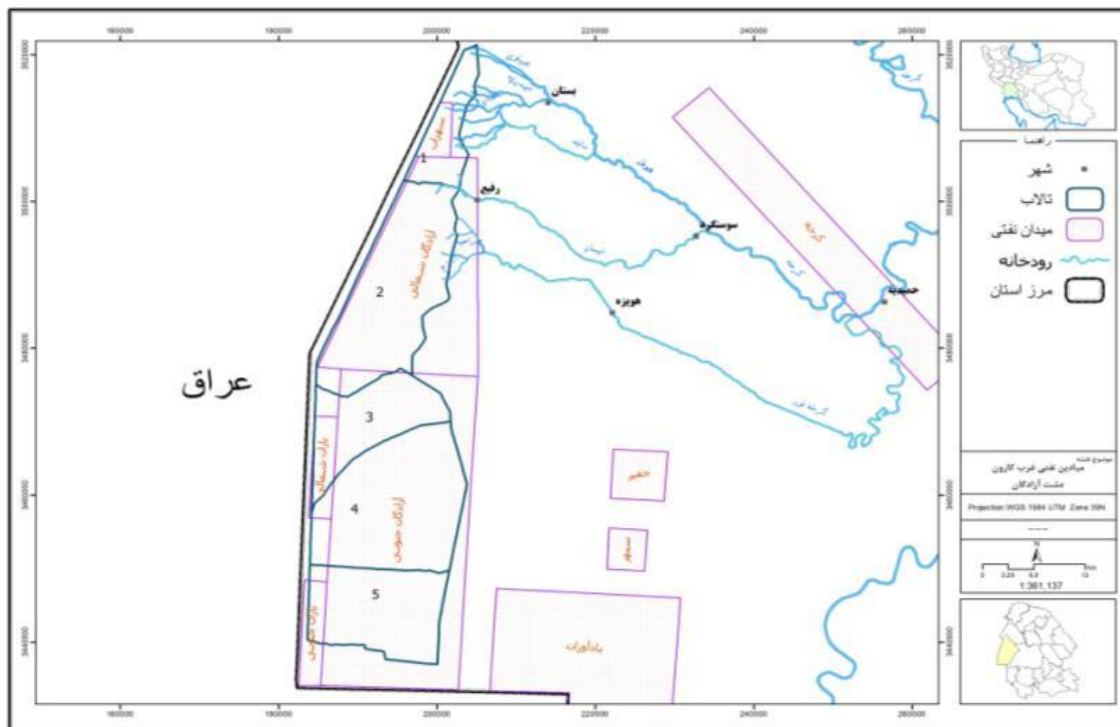


شکل ۵-۳۲-الف: موقعیت میداین نفتی غرب کارون و تالاب هورالعظیم

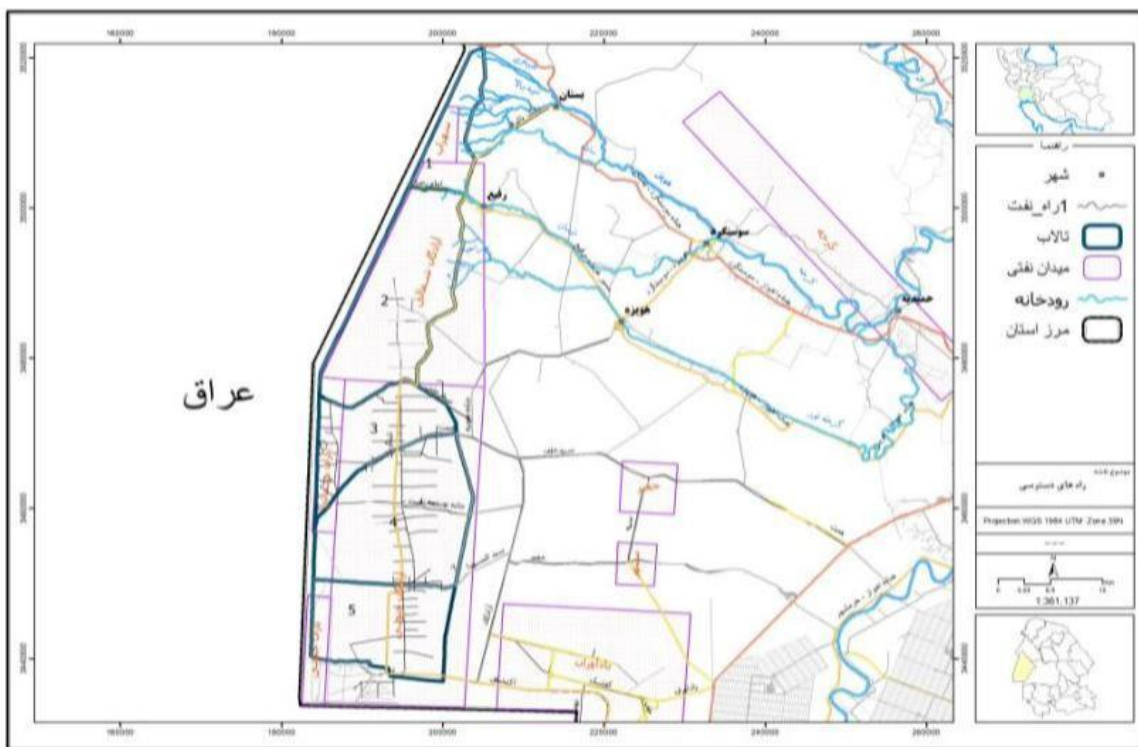


شکل ۵-۳۲-ب: موقعیت میداین نفتی غرب کارون و تالاب هورالعظیم

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

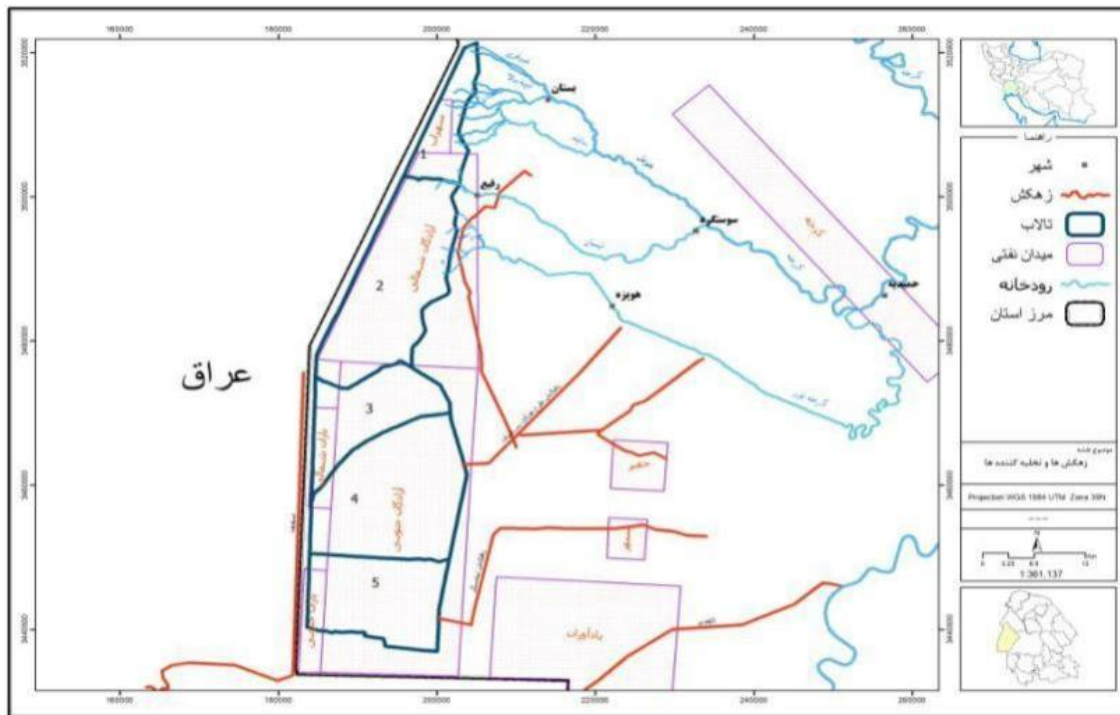


شکل ۵-۳۲-پ: موقعیت میادین نفتی غرب کارون و تالاب هورالعظیم



شکل ۵-۳۲-ت: موقعیت میادین نفتی غرب کارون و تالاب هورالعظیم

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میداین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



شکل ۵-۳۲-ث: موقعیت میداین نفتی غرب کارون و تالاب هورالعظیم

فصل ششم

**بازدید میدانی و بررسی دبی های ورودی
و خروجی سدها و رودخانه ها (بویره سد و
رودخانه کرخه) به عنوان منبع تغذیه
هورالعظیم هستند و شناسایی ایستگاه های
وزارت نیرو در بالادست و پایین دست و انجام
استعلام های مورد نیاز**

فصل ششم- بازدید میدانی و بررسی دبی های ورودی و خروجی سدها و رودخانه‌ها (بوئزه سد و رودخانه کرخه) به عنوان منبع تغذیه هورالعظیم هستند و شناسایی ایستگاه‌های وزارت نیرو در بالادست و پایین دست و انجام استعلام های مورد نیاز

۶-۱- هیدرولوژی جریان در حالت عادی

در مطالعه حاضر به منظور تحلیل‌های هیدرولوژیکی در حالت عادی و سیلاب از دو ایستگاه هیدرومتری پای‌پل و حمیدیه بر روی کرخه استفاده گردید، موقعیت آن‌ها در نقشه ارایه شده در شکل ۶-۱ ارایه شده است.

ایستگاه هیدرومتری پای‌پل با کد مطالعاتی ۱۹۱-۲۱ بر روی رودخانه کرخه واقع گردیده و مختصات جغرافیایی آن ۰۸° و ۴۸ طول شرقی و ۲۴° و ۳۲ عرض شمالی می‌باشد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۹۰ متر بوده و تأسیس ایستگاه در سال ۱۳۳۹ می‌باشد. هم اکنون این ایستگاه درجه یک و دارای تجهیزات اشل، پل تلفریک و لیمینوگراف (دیتالاگر) است. این ایستگاه هیدرومتری؛ اولین ایستگاه بعد از سد مخزنی کرخه می‌باشد. ایستگاه هیدرومتری حمیدیه با کد مطالعاتی ۱۹۹-۲۱ بر روی شاخه اصلی رودخانه کرخه در شهر حمیدیه واقع گردیده و مختصات جغرافیایی آن ۴۸°، ۲۵ و ۴۷ طول شرقی و ۳۱°، ۲۹ و ۲ عرض شمالی می‌باشد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۲۴/۵ متر بوده و تأسیس ایستگاه در سال ۱۳۳۴ می‌باشد. هم اکنون این ایستگاه درجه یک و دارای تجهیزات اشل، پل تلفریک و لیمینوگراف (دیتالاگر) است

۶-۱-۱- تحلیل آبدهی رودخانه‌ها

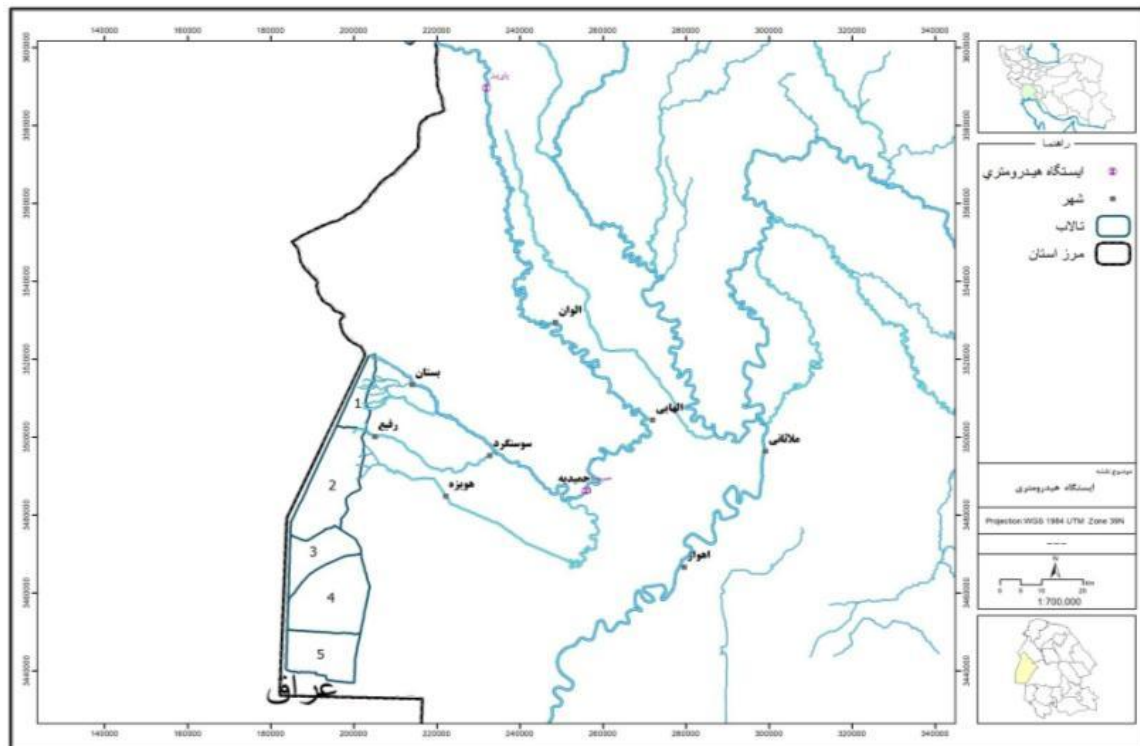
از مهمترین بخش‌های گزارش هیدرولوژی و منابع آب، تحلیل آبدهی متوسط جریان رودخانه‌ها است. در این مطالعه از آمار و اطلاعات مشاهده شده ایستگاه هیدرومتری پای‌پل و حمیدیه بر روی رودخانه کرخه در پایین دست سد مخزنی کرخه استفاده شده است. طول دوره آماری به داده‌های ثبت شده در سال‌های ۱۳۳۷-۱۴۰۰ بر می‌گردد و برابر ۶۳ سال می‌باشد. در این مطالعه تحلیل پارامترهای جریان شامل دبی ماهانه و سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار آماری SPSS صورت گرفت. در ۴ تا ۴ داده‌های جریان مشاهداتی، تکمیل شده و تحلیل آبدهی متوسط ماهانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای

آماری رودخانه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. در شکل ۶-۲ تا شکل ۶-۵ نوسان جریان سالانه و تغییرات جریان متوسط ماهیانه طی طول دوره آماری نمایش داده شد. نتیجه تحلیل‌های صورت گرفته مطابق ذیل بیان می‌شوند:

- تحلیل جریان در مقیاس ماهانه و سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای‌پل نشان می‌دهد که آبدهی متوسط رودخانه کرخه در محل مذکور ۱۵۵ و انحراف معیار ۸۴ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. حداکثر آبدهی سالانه در این ایستگاه مربوط به سال آبی ۱۳۴۷-۴۸ و برابر ۳۹۸ متر مکعب در ثانیه (البته سال آبی ۱۳۹۷-۹۸ نیز از سال‌های پرآب کرخه بوده اما بخشی از جریان در سدهای مخزنی سمیره و کرخه ذخیره و بخشی نیز از طریق تونل دشت عباس و کانال پای‌پل به سمت شبکه‌های آبیاری استان ایلام و کرخه شمالی هدایت شد که در سال ۱۳۴۷ سامانه کرخه فاقد این امکانات بود) و حداقل آبدهی سالانه به میزان ۲۱ متر مکعب در ثانیه در سال آبی ۱۳۹۳-۹۴ می‌باشد. ضریب تغییرات رودخانه کرخه در این محل ۵۴ درصد است. بیشترین درصد جریان ماهیانه مربوط به فروردین و برابر ۱۹ درصد و کمترین مقدار ۳ درصد طی شهریورماه و مهر ماه می‌باشد. بیشترین جریان فصلی طی بهار و برابر ۳۹ درصد آبدهی است. لازم به ذکر است که کانال‌های شبکه آبیاری دشت عباس و شمالی کرخه بعد از بهره‌برداری سد کرخه از بالادست این ایستگاه برداشت می‌کنند و دبی انحرافی به سمت کانال‌های مذکور در محاسبات نیامده است.

- تحلیل جریان در مقیاس ماهانه و سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه نشان می‌دهد که آبدهی متوسط رودخانه کرخه در محل مذکور ۱۳۲ و انحراف معیار ۸۳ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. حداکثر آبدهی سالانه در این ایستگاه مربوط به سال آبی ۱۳۴۷-۴۸ و برابر ۳۵۸ متر مکعب در ثانیه (البته سال آبی ۱۳۹۷-۹۸ نیز از سال‌های پرآب کرخه بوده اما بخشی از جریان در سدهای مخزنی سمیره و کرخه ذخیره و بخشی نیز از طریق تونل دشت عباس و کانال پای‌پل به سمت شبکه‌های آبیاری استان ایلام و کرخه شمالی هدایت شد که در سال ۱۳۴۷ سامانه کرخه فاقد این امکانات بود) و حداقل آبدهی سالانه به میزان ۲۱ متر مکعب در ثانیه در سال آبی ۱۳۸۷-۸۸ می‌باشد. ضریب تغییرات رودخانه کرخه در این محل ۶۳ درصد است. بیشترین درصد جریان ماهیانه مربوط به فروردین و برابر ۲۰ درصد و کمترین مقدار ۳ درصد طی شهریورماه و مهر ماه می‌باشد. بیشترین جریان فصلی طی بهار و برابر ۴۲ درصد آبدهی است.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



شکل ۶-۱: نقشه مربوط به موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۶-۱: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل (مترمکعب بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1337-38	50	59	177	128	117	183	547	242	92	51	41	36	144
1338-39	46	64	84	121	104	82	168	157	44	30	25	23	79
1339-40	29	52	103	146	306	171	286	397	100	58	45	41	144
1340-41	45	60	94	162	177	167	143	226	66	45	39	36	105
1341-42	41	67	63	105	202	150	346	515	228	81	60	47	159
1342-43	50	76	101	90	128	190	230	112	47	33	28	28	93
1343-44	32	41	102	215	255	240	262	230	74	44	35	31	130
1344-45	42	132	90	74	264	249	271	178	60	38	34	30	122
1345-46	56	72	54	64	92	141	145	128	87	32	25	23	77
1346-47	29	62	142	107	135	248	300	433	223	71	47	39	153
1347-48	43	116	158	291	654	738	1311	811	286	167	110	90	398
1348-49	85	146	117	150	228	215	204	230	78	48	43	41	132
1349-50	46	53	111	81	114	216	683	432	128	68	59	46	170
1350-51	50	116	183	173	201	442	930	689	330	135	92	79	285
1351-52	84	131	226	156	229	356	223	156	66	46	45	41	147
1352-53	48	55	75	141	232	710	1266	496	216	132	106	88	297
1353-54	85	98	199	219	241	423	340	424	158	75	56	55	198
1354-55	67	83	129	268	551	388	684	548	240	114	88	78	270
1355-56	79	106	134	151	208	282	329	152	91	48	45	43	139
1356-57	49	160	270	232	253	435	275	124	69	52	44	48	168
1357-58	52	55	347	203	418	241	346	189	127	99	89	90	188

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۶-۱: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل (مترمکعب بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1358-59	81	81	138	218	374	586	973	372	146	96	71	66	267
1359-60	64	98	161	211	387	482	485	287	124	80	65	63	209
1360-61	79	97	121	173	194	329	489	329	117	69	59	54	176
1361-62	60	169	180	172	221	308	453	389	160	66	54	54	190
1362-63	54	70	156	142	128	125	239	156	59	37	33	36	103
1363-64	40	138	352	255	356	258	489	241	100	62	46	42	198
1364-65	47	91	193	146	269	277	347	564	172	68	53	51	190
1365-66	48	97	219	148	152	528	505	257	92	55	46	41	182
1366-67	49	249	156	418	318	968	501	381	132	90	74	66	284
1367-68	65	87	105	145	137	496	546	265	97	63	48	46	175
1368-69	52	102	278	161	198	343	476	194	82	57	46	39	169
1369-70	45	73	74	119	108	304	310	133	58	42	33	33	111
1370-71	50	54	283	153	170	579	845	845	253	114	83	69	292
1371-72	72	106	306	405	396	652	441	579	230	105	82	71	287
1372-73	71	143	237	296	470	375	367	197	89	56	46	43	199
1373-74	70	498	1152	424	400	353	376	426	197	97	67	58	343
1374-75	61	79	95	184	203	465	868	494	183	104	69	59	239
1375-76	75	80	98	162	124	151	504	258	63	53	57	44	139
1376-77	53	196	151	168	292	405	825	343	144	84	61	56	232
1377-78	66	92	95	157	135	285	149	68	41	31	28	27	98
1378-79	30	57	70	109	98	73	88	49	33	40	40	41	61

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۶-۱: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل (مترمکعب بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تبر	مرداد	شهریور	سالانه
1379-80	41	56	74	82	52	69	61	49	52	58	68	65	61
1380-81	53	60	70	67	97	99	74	35	37	51	76	98	68
1381-82	86	86	103	101	101	58	93	84	68	133	151	106	98
1382-83	38	59	148	111	250	168	104	134	214	164	133	141	139
1383-84	142	148	129	103	116	216	388	201	192	193	157	105	174
1384-85	86	85	139	100	194	418	187	142	212	191	132	119	167
1385-86	127	119	142	86	133	162	133	267	221	174	174	166	159
1386-87	124	100	115	102	104	126	103	47	38	49	53	55	85
1387-88	55	57	75	93	54	67	58	34	25	21	25	26	49
1388-89	27	29	48	18	50	66	39	21	39	47	65	61	43
1389-90	63	55	90	55	49	102	59	36	33	54	69	51	60
1390-91	37	53	70	58	42	60	47	26	23	28	31	29	42
1391-92	33	34	13	27	65	67	45	25	37	52	52	37	41
1392-93	33	30	37	36	24	58	30	19	18	41	50	32	34
1393-94	29	43	51	35	25	23	13	6.6	3.2	7.1	10	10	21.4
1394-95	5	15	36	23	50	48	44	96	119	92	101	123	63
1395-96	86	88	80	60	89	91	89	66	87	143	134	81	91
1396-97	87	77	95	73	75	85	63	41	44	106	112	90	79
1397-98	78	43	93	154	401	430	797	643	312	302	246	211	311
1398-99	183	96	74	127	143	369	206	61	114	201	176	171	159
1399-00	171	89	54	99	85	112	75	48	44	110	144	112	95

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۶-۲: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه (مترمکعب بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1337-38	24	33	155	119	129	123	432	239	95	37	29	17	119
1338-39	23	47	63	114	86	66	122	138	41	17	10	5	61
1339-40	9	14	80	148	336	172	237	339	97	50	26	18	127
1340-41	23	43	74	149	170	147	107	218	53	23	16	13	86
1341-42	14	41	50	73	158	124	276	513	235	60	34	21	133
1342-43	24	55	83	79	103	148	212	103	30	15	10	6	72
1343-44	8	13	71	125	273	207	212	214	62	21	19	14	103
1344-45	21	96	71	47	218	222	241	161	48	19	60	13	101
1345-46	24	54	28	42	63	106	107	101	68	15	42	8	55
1346-47	13	36	122	83	103	193	262	391	211	49	31	24	126
1347-48	28	83	128	197	638	681	1150	802	290	145	92	65	358
1348-49	67	130	113	136	192	211	184	195	63	25	18	15	113
1349-50	19	22	75	67	88	163	586	439	109	54	39	31	141
1350-51	30	72	168	141	177	350	1138	645	278	112	76	60	271
1351-52	70	116	217	130	186	313	184	134	51	38	32	32	125
1352-53	36	43	59	120	224	668	1329	476	171	107	75	57	280
1353-54	64	75	171	208	246	420	313	357	147	56	42	38	178
1354-55	49	62	112	286	531	361	666	506	208	92	60	47	248
1355-56	60	82	101	139	192	248	308	126	67	26	22	24	116
1356-57	30	134	215	240	228	400	270	113	57	39	30	36	149
1357-58	40	38	243	142	409	251	326	179	81	57	46	36	154

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۶-۲: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه (مترمکعب بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1358-59	35	52	107	170	346	564	895	357	133	88	72	52	239
1359-60	55	102	159	242	366	510	559	406	241	207	202	198	271
1360-61	241	221	153	187	222	316	457	327	127	61	53	46	201
1361-62	67	169	155	154	186	262	392	362	141	73	54	53	172
1362-63	60	75	101	133	113	105	194	118	35	21	18	22	83
1363-64	39	145	352	240	330	229	451	238	78	39	27	26	183
1364-65	29	63	135	185	243	279	277	482	156	66	44	40	167
1365-66	48	99	165	142	126	460	437	241	80	47	30	27	158
1366-67	38	216	150	388	293	892	539	381	122	81	63	60	269
1367-68	61	77	91	159	125	405	515	250	80	53	38	38	158
1368-69	43	79	238	151	202	305	423	170	68	38	31	37	149
1369-70	47	65	55	103	94	251	299	103	26	24	26	24	93
1370-71	36	40	220	145	148	524	784	736	271	104	55	37	258
1371-72	33	66	227	381	387	557	401	487	192	76	55	40	242
1372-73	45	110	177	226	370	282	308	171	62	32	38	40	155
1373-74	54	417	894	419	347	343	369	403	158	58	43	51	296
1374-75	57	66	76	153	196	437	723	483	152	59	39	41	207
1375-76	55	63	73	119	112	104	437	254	68	60	46	37	119
1376-77	46	144	108	143	270	329	784	308	115	61	42	41	199
1377-78	59	99	68	106	116	220	107	46	24	16	18	21	75
1378-79	21	38	44	73	70	41	44	31	12	10	10	16	34

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۶-۲: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه (مترمکعب بر ثانیه)

سالانه	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	سال آبی
38	26	27	24	28	32	41	40	35	68	81	32	17	1379-80
38	43	37	35	34	37	55	40	37	46	48	27	23	1380-81
56	60	80	63	44	62	62	40	50	46	67	49	50	1381-82
98	81	71	112	132	79	75	91	197	111	127	57	43	1382-83
118	67	107	123	152	153	290	132	68	74	91	82	76	1383-84
132	87	78	137	157	150	159	316	184	78	85	76	80	1384-85
104	93	92	98	143	204	109	113	74	64	98	75	86	1385-86
48	23	22	22	19	21	47	60	56	66	83	73	86	1386-87
21	14	15	18	16	18	18	16	25	32	35	24	24	1387-88
29	35	30	32	32	32	40	32	23	32	28	19	15	1388-89
33	25	30	25	29	32	32	38	31	40	47	29	33	1389-90
27	17	18	18	18	21	30	35	24	38	45	40	19	1390-91
29	26	28	27	26	57	26	38	42	24	23	20	16	1391-92
34	26	28	31	28	32	45	54	32	42	32	29	22	1392-93
26	20	22	18	18	26	35	23	26	31	39	32	25	1393-94
51	56	48	39	93	107	63	52	30	30	37	36	21	1394-95
64	50	80	61	38	56	78	69	79	58	82	64	52	1395-96
45	47	51	45	30	35	53	54	34	36	54	45	53	1396-97
287	155	172	222	320	695	837	416	338	108	66	61	39	1397-98
120	86	110	127	73	63	208	301	95	75	73	96	141	1398-99
66	30	54	39	28	37	70	90	78	91	87	91	101	1399-00

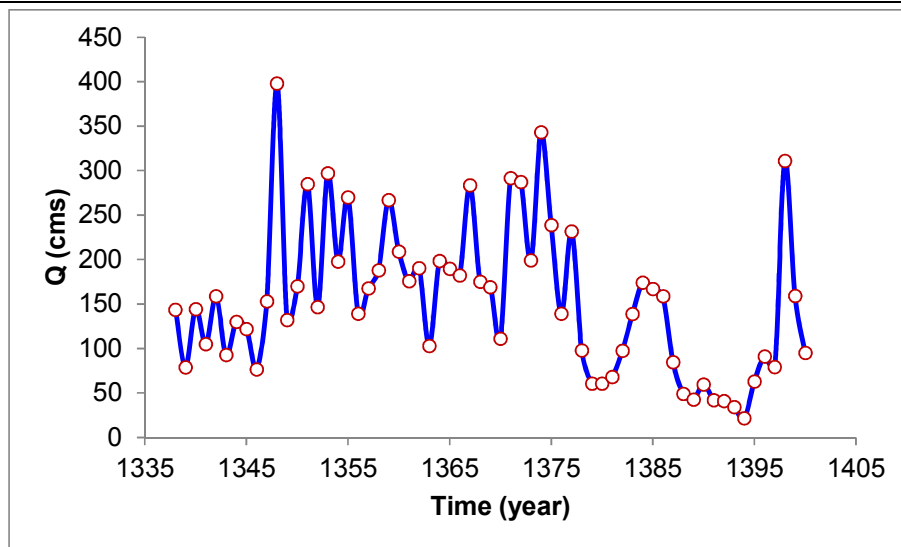
مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۶-۳: آبدهی متوسط ماهانه و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای‌یل (متر مکعب بر ثانیه)

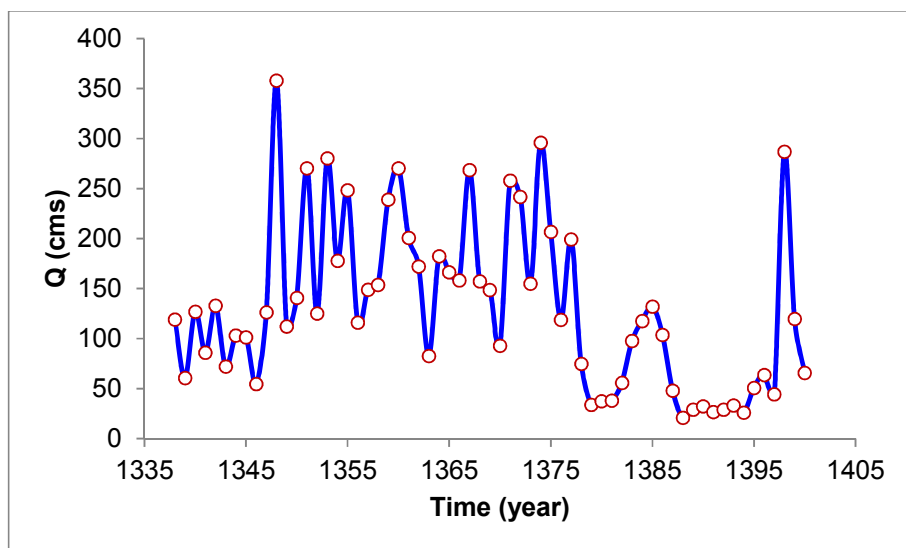
پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین
متوسط	62	93	148	147	197	278	354	251	116	82	71	63	155
حداکثر	183	498	1152	424	654	968	1311	845	330	302	246	211	398
حداقل	5.5	15	13	18	24	24	13	6.6	3.2	7.1	11	10	21
انحراف معیار	32	67	149	88	133	198	302	206	79	53	45	39	84
ضریب تغییرات	52	71	101	60	68	71	85	82	68	65	63	61	54
درصد جریان ماهانه	3.3	5.0	7.9	7.9	10.6	14.9	19.0	13.5	6.2	4.4	3.8	3.4	---
درصد جریان فصلی		16			33			39			12		---

جدول ۶-۴: آبدهی متوسط ماهانه و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه (متر مکعب بر ثانیه)

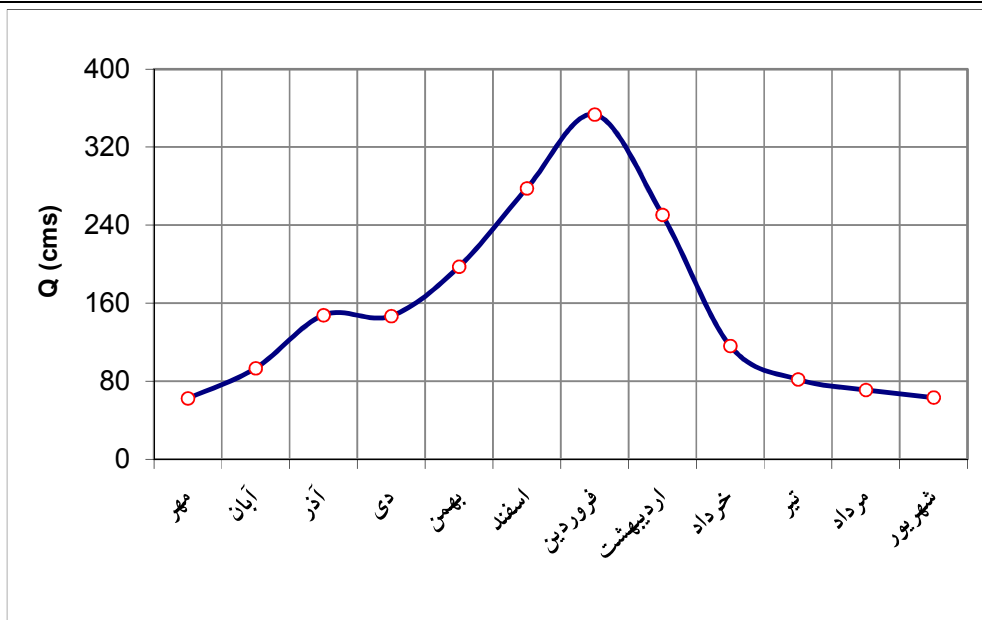
۱۲	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین
متوسط	46	75	119	127	174	239	324	233	99	58	48	41	132
حداکثر	241	417	894	419	638	892	1329	802	320	222	202	198	358
حداقل	8	13	23	24	23	16	18	18	12	10	10	5.3	21
انحراف معیار	35	62	119	87	132	190	301	197	77	44	35	32	83
ضریب تغییرات	77	82	100	68	76	80	93	85	78	76	73	78	63
درصد جریان ماهانه	2.9	4.8	7.5	8.0	11.0	15.1	20.5	14.7	6.3	3.7	3.0	2.6	---
درصد جریان فصلی		15			34			42			9		---



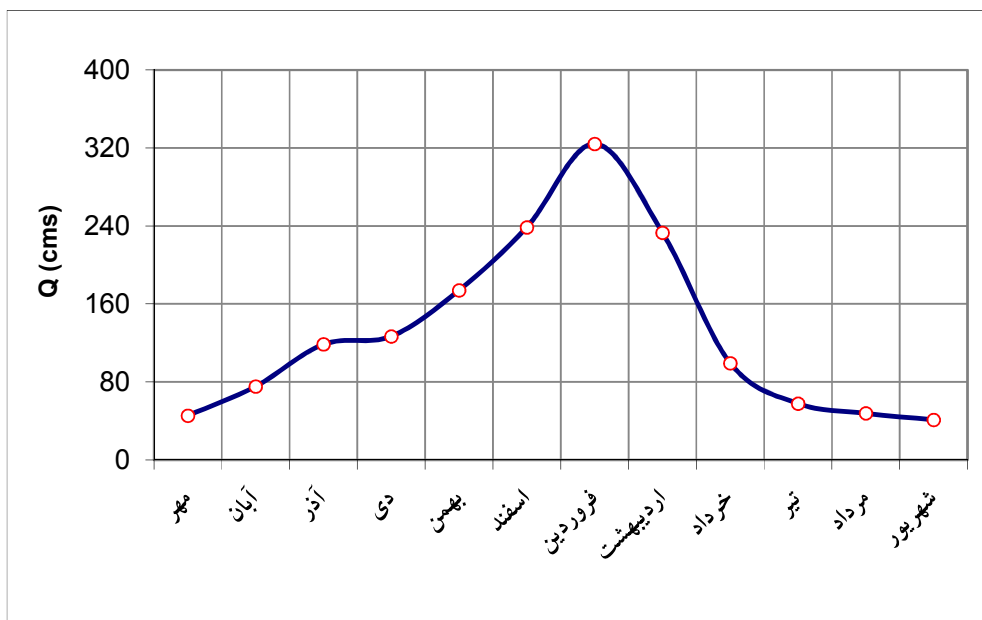
شکل ۶-۲: نوسانات دبی متوسط سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل



شکل ۶-۳: نوسانات دبی متوسط سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه



شکل ۴-۶: تغییرات دبی متوسط ماهیانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل



شکل ۵-۶: تغییرات دبی متوسط ماهیانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه

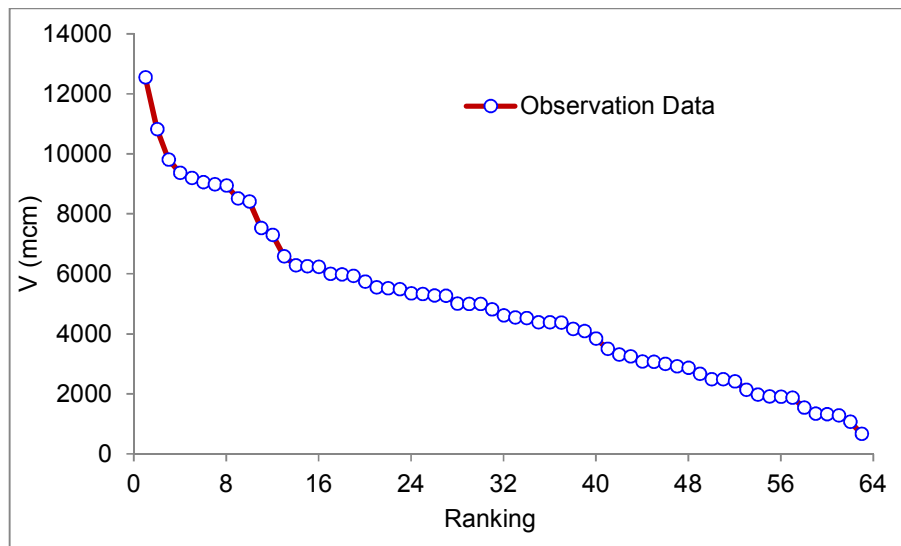
۶-۱-۲- تحلیل دامنه و چندک‌های جریان سالانه

سری متوسط آبدهی سالانه سامانه کرخه در قالب ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه یعنی پای پل و حمیدیه مجدداً مورد توجه و تحلیل قرار گرفت. این سری بدون توجه به سال وقوع آن‌ها از لحاظ هیدرولوژیکی مرتب سازی شد به نحوی که بیشترین

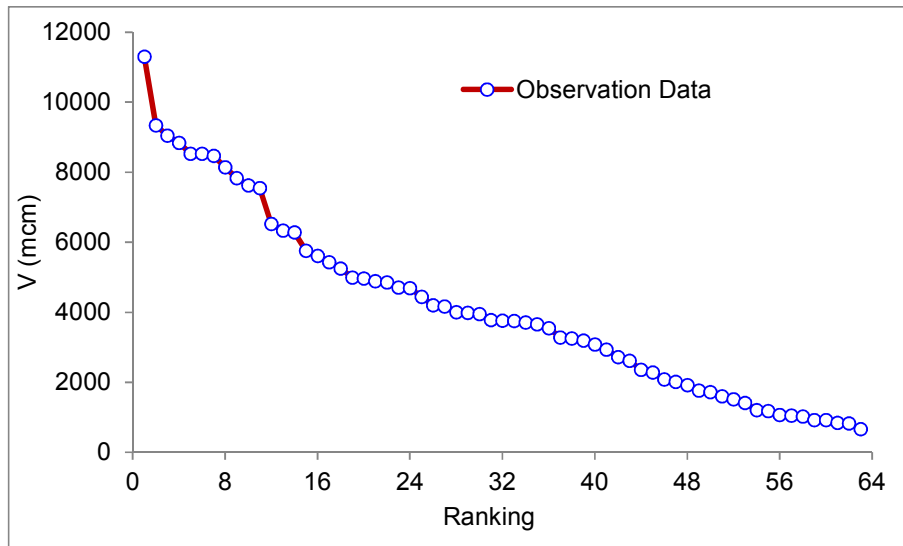
آبدهی رتبه اول و کمترین رتبه آخر تعلق گرفت. دامنه حجم جریان رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل بین ۶۷۵ تا ۱۲۵۴۸ و در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه بین ۶۶۷ تا ۱۱۲۹۸ میلیون مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.

منحنی تداوم جریان در واقع نشان دهنده رابطه بین فراوانی و مقدار دبی در چندک‌های مختلف است. به منظور تهیه منحنی تداوم حجم جریان سالانه در هر کدام از ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه به صورت نزولی، مرتب شده و در دستگاه مختصات دیکارتی روی محور عرض‌ها نمایش داده شد. در محور طول‌ها چندک‌های جریان نمایش داده شد. مقادیر چندک‌های جریان سالانه در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در شکل ۶-۶ تا شکل ۶-۱۰ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل‌ها ملاحظه می‌شود در ۷۲ درصد مواقع جریان سالانه رودخانه کرخه در محل پای پل کمتر از ۶ میلیارد مترمکعب است به عبارتی در ۲۸ درصد مواقع زمانی جریان سالانه از ۶ میلیارد مترمکعب تجاوز می‌کند. جریان سالانه ۸۰ و ۹۰ درصد مواقع، رودخانه کرخه در محل پای پل به ترتیب کمتر از ۶/۷ و ۷ میلیارد مترمکعب است. همچنین جریان سالانه ۹۵ و ۹۸ درصد مواقع، رودخانه کرخه در محل پای پل به ترتیب کمتر از ۹/۷ و ۱۲ میلیارد مترمکعب است، به عبارتی فقط در ۵ و ۲ درصد مواقع زمانی جریان سالانه از دو مقدار یاد شده تجاوز می‌کند.

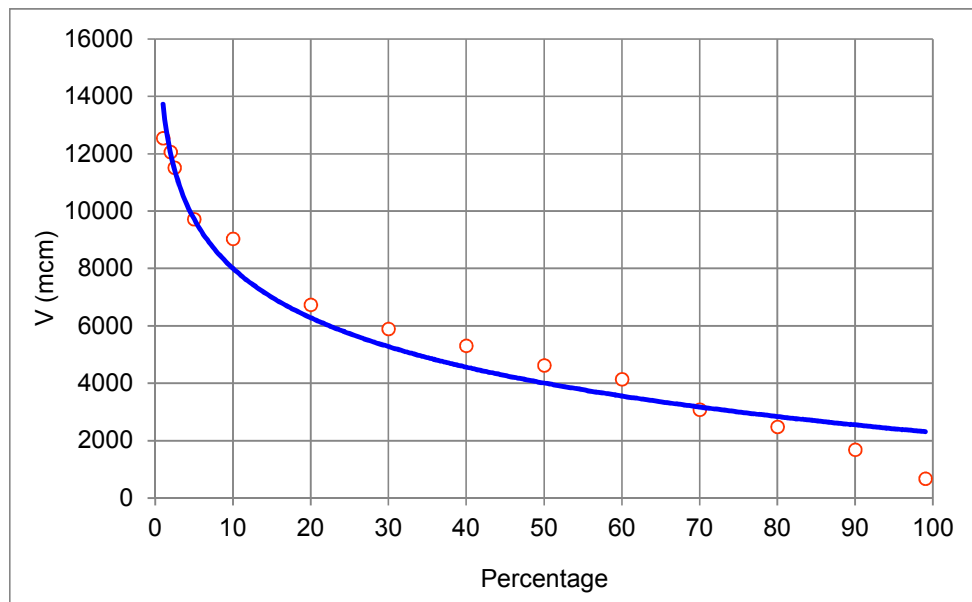
در ادامه رتبه‌های ۱ تا ۱۹ (۱۹ سال از ۶۳ سال) جریان سالانه مشاهداتی که بیشترین حجم جریان را دارند انتخاب و بین حجم جریان دو ایستگاه هیدرومتری پای پل و حمیدیه رگرسیون خطی برازش داده شد. رابطه مورد بحث نشان می‌دهد که حدود ۱۰ درصد حجم جریان در این بازه مصرف یا تلف می‌شود.



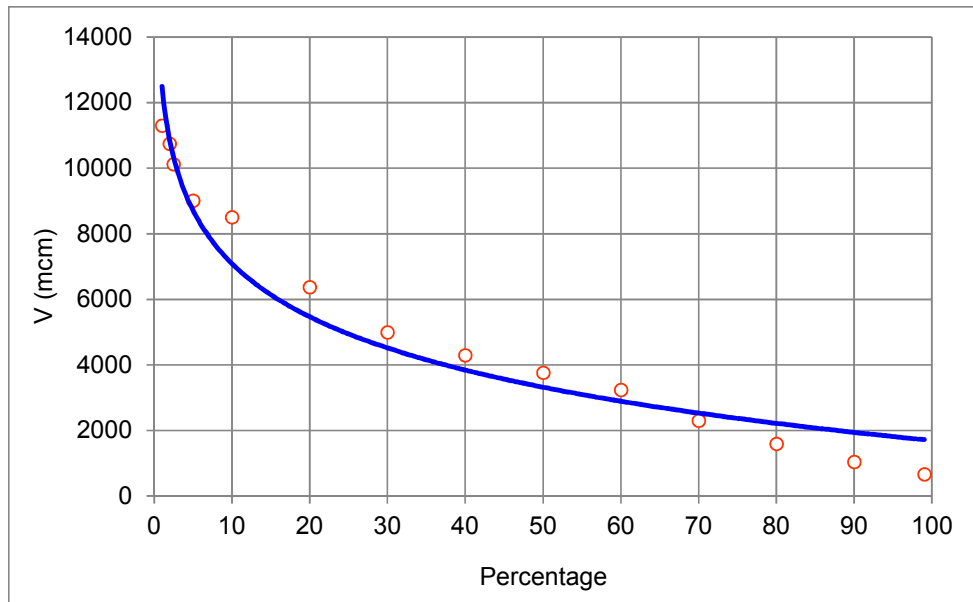
شکل ۶-۶: حجم جریان سالانه مرتب شده رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل



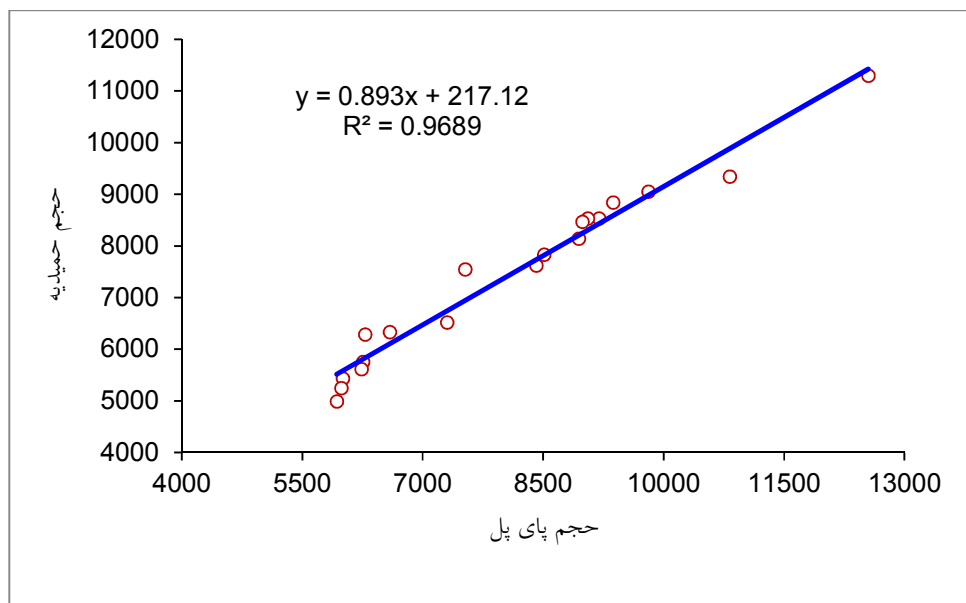
شکل ۶-۷: حجم جریان سالانه مرتب شده رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه



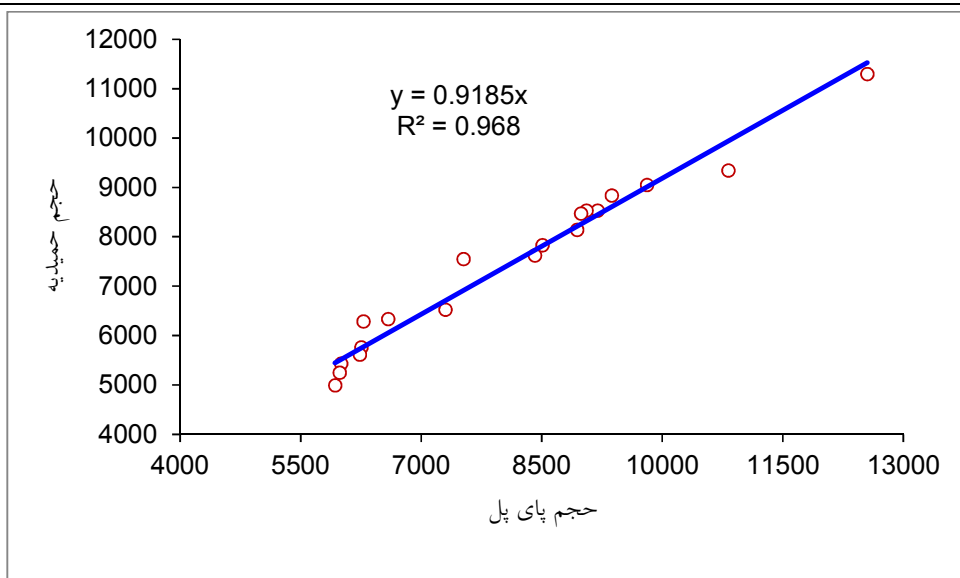
شکل ۶-۸: چندک‌های جریان سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای‌پل



شکل ۶-۹: چندک‌های جریان سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه



شکل ۶-۱۰ الف: رابطه بین حجم جریان سال‌های پرآب رودخانه کرخه (میلیون مترمکعب)



شکل ۶-۱۰-ب: رابطه بین حجم جریان سال‌های پرآب رودخانه کرخه (میلیون مترمکعب)

۲-۶-۲-هیدرولوژی سیلاب

به منظور بررسی سیلاب رودخانه کرخه مطابق با اهداف مطالعه از آمار سیلاب ثبت شده در دو ایستگاه هیدرومتری پای پل و حمیدیه استفاده شد. علیرغم این که دوره آماری هدف مطالعه ۶۳ سال منتهی به سال ۱۴۰۰ است اما سه سال اول دوره آمار برداری دبی حداکثر لحظه‌ای برداشت و ثبت نشده است.

۲-۶-۱-دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سیلاب و رتبه آن‌ها

در این بخش از مطالعه سیلاب دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های مورد مطالعه از سال آبی ۴۱-۱۳۴۰ تا سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ برای یک دوره آماری ۶۰ ساله استخراج شد. خوشبختانه در حوضه کرخه نواقص اندکی بود. نواقص آماری از طریق روابط رگرسیون (دبی حداکثر روزانه با دبی متناظر ایستگاه بالادست و دبی حداکثر لحظه‌ای با دبی حداکثر روزانه همان ایستگاه) و تطبیق ایستگاه‌های متوالی تکمیل شد (دو سال ابتدای جنگ تحمیلی ۶۱-۱۳۵۹). دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه به تفکیک و به طور منظم در جدول ۶-۵ منعکس شده است.

در ادامه سری زمانی ۶۰ ساله دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سیلاب رتبه بندی شده و سال وقوع آن‌ها مشخص شد. به بزرگترین سیلاب رتبه اول و به آخرین رتبه ۶۰ داده شد. رتبه دبی سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در جدول ذیل و نمونه‌ای از دبی سیلاب‌های مهم حداکثر لحظه‌ای مرتب شده در ایستگاه هیدرومتری پای پل و حمیدیه در شکل ۶-۱۱ و شکل ۶-۱۲ منعکس شده است. همانگونه که در جدول ملاحظه می‌شود:

- بزرگترین سیلاب ثبت شده رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل به مقدار ۵۲۲۲ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۵۳-۱۳۵۲ رخ داده است. سیلاب رتبه دوم به بزرگی ۴۹۷۸ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ و سیلاب رتبه سوم به بزرگی ۴۱۵۸ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۷۱-۱۳۷۰ در این رودخانه مشاهده شده است.

- بزرگترین سیلاب ثبت شده رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه به مقدار ۲۲۴۸ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۱۳۵۲-۵۳ رخ داده است. سیلاب رتبه دوم به بزرگی ۲۲۰۴ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۱۳۷۳-۷۴ و سیلاب رتبه سوم به بزرگی ۱۸۶۳ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۱۳۵۰-۵۱ در این رودخانه مشاهده شده است.
- بررسی سیلاب‌های با رتبه‌های اول تا دهم حوضه‌ها نشان می‌دهد که وقوع سیلاب‌ها به صورت تصادفی در سال‌های متفاوتی رخ داد اما بررسی سیلاب‌های با رتبه‌های پایین مثلاً ۵۰ تا ۶۰ نشان می‌دهد که همگی آن‌ها تقریباً در ده آخر دوره مورد مطالعه مصادف با خشکسالی‌های سال ۱۳۸۶ به بعد و دوره بهره‌برداری سد مخزنی کرخه می‌باشند.

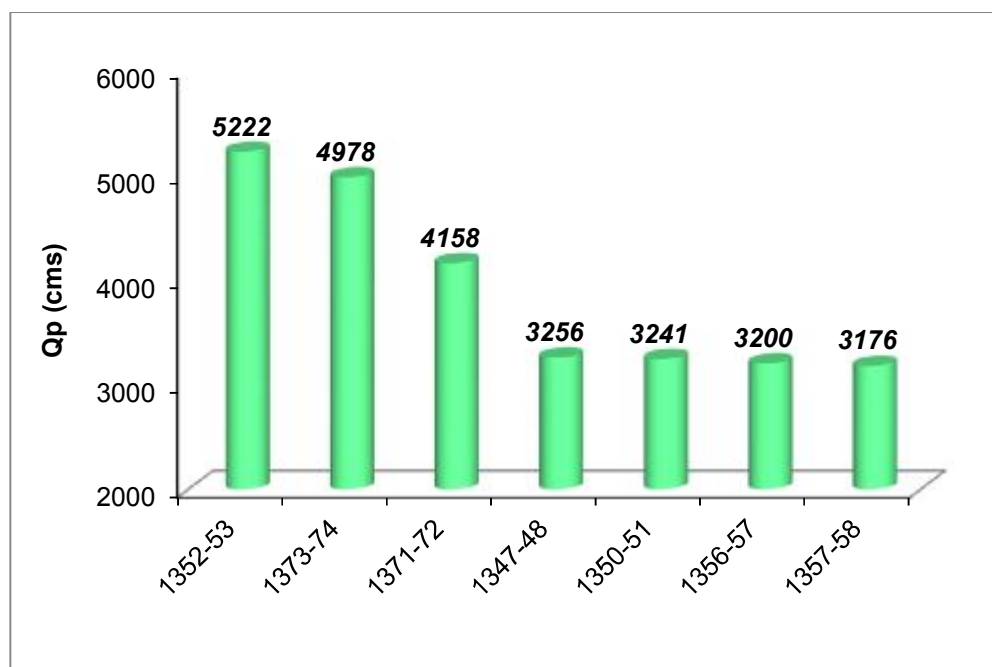
مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۵-۶: دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه در ایستگاه‌های هیدرومتری پای پل و حمیدیه (متر مکعب بر ثانیه)

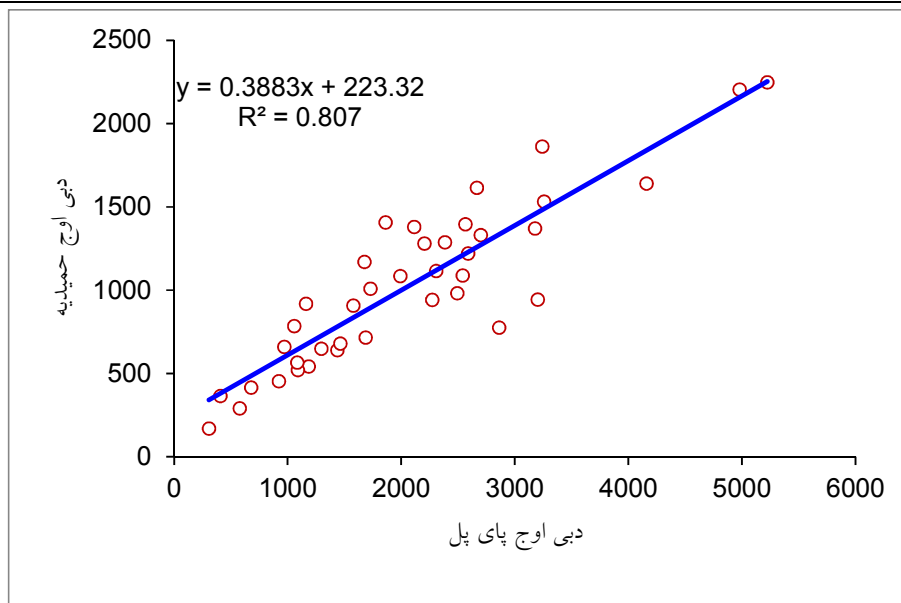
پای پل	حمیدیه	سال آبی	پای پل	حمیدیه	سال آبی	پای پل	حمیدیه	سال آبی
202	127	1380-81	1295	650	1360-61	970	661	1340-41
595	224	1381-82	1090	522	1361-62	2492	982	1341-42
522	277	1382-83	678	416	1362-63	408	366	1342-43
568	366	1383-84	1728	1010	1363-64	2860	777	1343-44
570	394	1384-85	2383	1288	1364-65	2272	943	1344-45
550	360	1385-86	1676	1171	1365-66	306	170	1345-46
286	165	1386-87	2665	1615	1366-67	1436	640	1346-47
170	123	1387-88	1161	920	1367-68	3256	1532	1347-48
195	87	1388-89	2588	1221	1368-69	921	455	1348-49
428	98	1389-90	1464	680	1369-70	2539	1089	1349-50
154	95	1390-91	2700	1332	1370-71	3241	1863	1350-51
280	371	1391-92	4158	1641	1371-72	1686	716	1351-52
240	116	1392-93	2306	1116	1372-73	5222	2248	1352-53
90	87	1393-94	4978	2204	1373-74	1056	786	1353-54
394	267	1394-95	2564	1397	1374-75	1992	1085	1354-55
227	142	1395-96	2114	1380	1375-76	1185	544	1355-56
233	138	1396-97	1860	1407	1376-77	3200	944	1356-57
1829	1370	1397-98	1084	567	1377-78	3176	1372	1357-58
717	437	1398-99	578	291	1378-79	2204	1281	1358-59
368	198	1399-00	225	447	1379-80	1578	909	1359-60

جدول ۶-۶: دبی حداکثر لحظه‌ای مرتب شده رودخانه کرخه (متر مکعب بر ثانیه)

رتبه	سال آبی	پای پل	حمیدیه	رتبه	سال آبی	پای پل	حمیدیه
1	1352-53	5222	2248	13	1349-50	2539	1089
2	1373-74	4978	2204	14	1341-42	2492	982
3	1371-72	4158	1641	15	1364-65	2383	1288
4	1347-48	3256	1532	16	1372-73	2306	1116
5	1350-51	3241	1863	17	1344-45	2272	943
6	1356-57	3200	944	18	1358-59	2204	1281
7	1357-58	3176	1372	19	1375-76	2114	1380
8	1343-44	2860	777	20	1354-55	1992	1085
9	1370-71	2700	1332	21	1376-77	1860	1407
10	1366-67	2665	1615	22	1397-98	1829	1370
11	1368-69	2588	1221	23	1363-64	1728	1010
12	1374-75	2564	1397	24	1351-52	1686	716



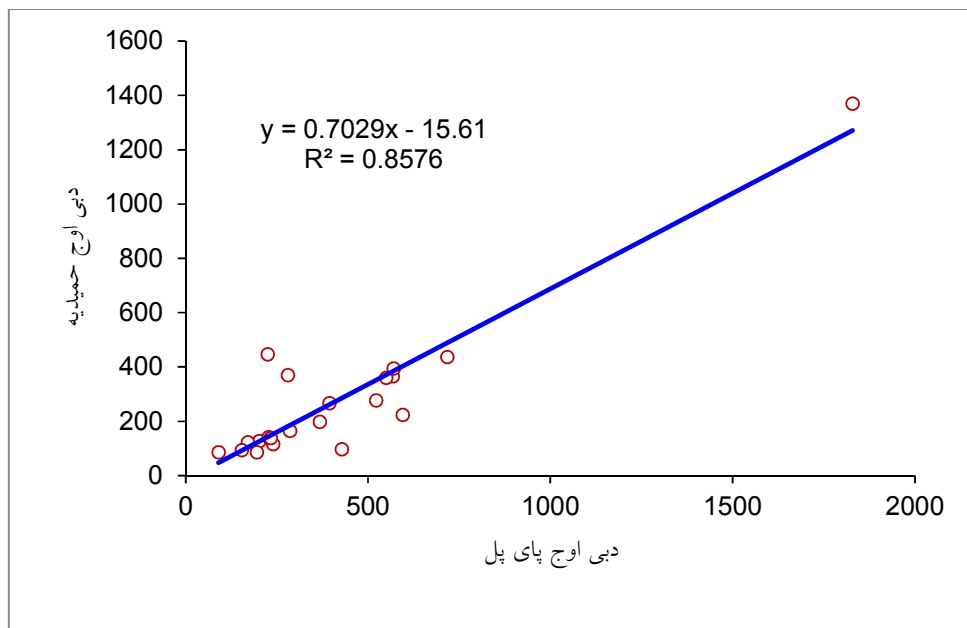
شکل ۶-۱۱: دبی‌های حداکثر لحظه‌ای مرتب شده رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری پای پل



شکل ۶-۱۳-الف: رابطه بین دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه در پای پل و حمیدیه قبل از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه (مترمکعب بر ثانیه)

کاهش دبی اوج در دبی‌های کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه تا ۴۰ درصد و کاهش دبی سیلابی بالاتر از ۴۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه تا ۵۷ درصد رخ می‌داد. در دوره بعد از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه بدلیل تداوم دبی خروجی خاص، دبی اوج سیلاب در حمیدیه نسبت به پای پل فقط حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد.

داده‌های پشتیبان دبی سیلابی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۶-۶ منعکس شده است. میزان کاهش دبی و استهلاك سیل ذکر شده در فوق از منحنی‌ها و روابط رگرسیون شکل ۶-۱۳-الف و شکل ۶-۱۳-ب استخراج شده است.



شکل ۶-۱۳-ب: رابطه بین دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه در پای پل و حمیدیه بعد از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه (مترمکعب بر ثانیه)

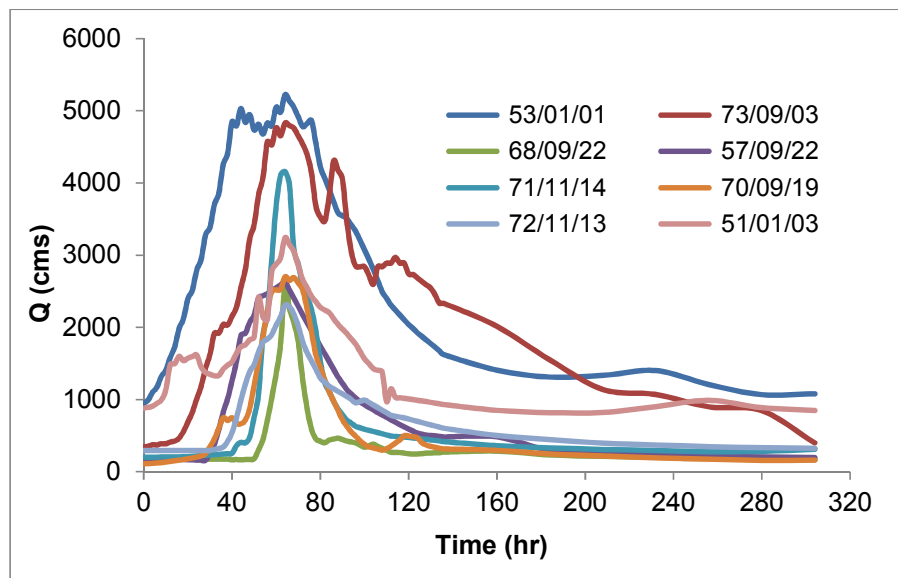
۶-۲-۳-هیدروگراف‌های سیلاب

به منظور بررسی هیدروگراف‌های سیلاب رودخانه کرخه، ابتدا کلیه سیلاب‌های ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری پای پل، با استفاده از قرائت‌های ساعتی سیلاب استخراج گردیده سپس بده اوج، زمان پایه و شکل آن‌ها مورد بررسی و کنترل قرار گرفت. تعدادی از هیدروگراف‌های تاریخی در جدول ۶-۷ و هیدروگراف‌های سیلاب و بی‌بعد شده است (شکل ۶-۱۴ و شکل ۶-۱۵). در هیدروگراف سیلاب‌ها میزان تداوم سیلاب بین ۳ تا ۲۵ روز بوده، اما هیدروگراف سیلاب سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ بدلیل عملکرد سدهای مخزنی سیمره و کرخه دارای تداوم ۷۲ روز بوده است. دبی اوج هیدروگراف رتبه اول اسفند ماه ۱۳۵۲ برابر ۵۲۲۲ مترمکعب بر ثانیه که حجم معادل آن ۳۴۵۲ میلیون متر مکعب در طی تداوم ۲۵ روزه می‌باشد. دبی اوج هیدروگراف سیلاب فروردین ۱۳۹۸ برابر ۱۸۲۹ مترمکعب بر ثانیه که حجم معادل آن ۴۲۴۹ میلیون متر مکعب در طی تداوم ۷۲ روزه می‌باشد.

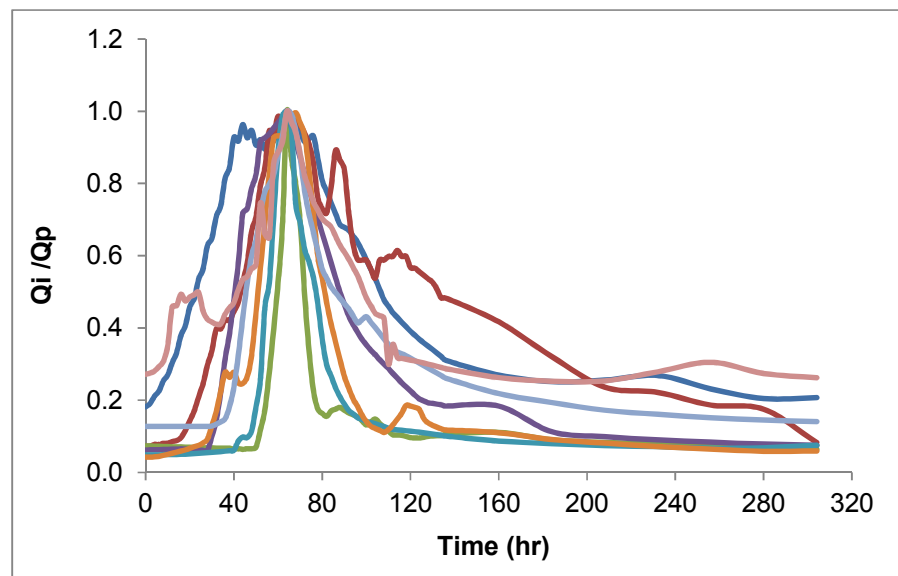
جدول ۶-۷: مشخصات هیدروگراف سیلاب‌های بزرگ رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری پای پل

V_t (mcm)	V_b (mcm)	V_{3day} (mcm)	V_{2day} (mcm)	V_{1day} (mcm)	Q_p (cms)	T_b (day)	پارامتر تاریخ / واحد
3452	1498	1183	889	499	5222	25.5	52/12/26
2040	378	952	686	425	4830	12.5	73/09/03
431	86	400	353	273	4158	4	71/11/14
1440	348	550	385	235	3256	17.5	47/10/30
1272	350	573	427	252	3241	11.5	51/01/03
331	164	247	201	145	2808	5.5	56/12/22
685	150	466	378	226	2630	10.5	57/09/22
346	194	346	307	220	2700	3	70/09/19
1959	1089	506	355	178	2665	18	66/12/14
191	60	179	154	120	2588	4	68/09/22
638	142	393	280	186	2370	9.5	75/01/04
274	75	274	232	146	2539	3	50/01/24
242	29	240	222	155	2383	3.4	64/09/28
4249	1742	415	281	142	1829	72	98/01/01

اضافه می شود در جدول فوق T_b زمان پایه هیدروگراف سیل، Q_p دبی اوج هیدروگراف سیل، V_{1day} حداکثر حجم یک روزه هیدروگراف سیل، V_{2day} حداکثر حجم دو روزه هیدروگراف سیل، V_{3day} حداکثر حجم سه روزه هیدروگراف سیل، V_b حجم پایه هیدروگراف سیل، V_t حجم کل هیدروگراف سیل می باشد.



شکل ۶-۱۴: هیدروگراف سیلاب‌های بزرگ رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری پای پل



شکل ۶-۱۵: هیدروگراف سیلاب‌های بزرگ رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری پای پل به صورت بی بعد

۶-۲-۴- سیلاب دبی حوضه میانی

حوضه میانی حد فاصل سد مخزنی کرخه تا عبدالخان؛ در برگرنده سه زیر حوضه (علیا، میانی و سفلی) می‌باشد. موقعیت این زیرحوضه‌ها و رودخانه کرخه در شکل ۶-۱۶ نشان داده شده است. وسعت زیر حوضه‌ها بترتیب ۵۱۵، ۴۹۳ و ۲۳۸ کیلومتر مربع می‌باشند. این زیرحوضه‌ها فاقد شبکه رودخانه‌ای و زهکشی مناسب هستند و رواناب تولید یافته در آن‌ها به سختی وارد

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

رودخانه کرخه در بازه پای پل تا عبدالخان می‌شود. طول بازه مذکور ۸۳ کیلومتر و زمان تأخیر جریان سیلابی حدود ۲۴ ساعت می‌باشد.

به منظور شبیه سازی و محاسبه سیلاب حوضه میانی و ارتفاع قشر جریان سطحی از مدل شبیه ساز بارش-رواناب HEC-HMS استفاده گردید. بعد از روشن شدن مشخصات هندسی زیرحوضه‌ها میزان بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه‌های هواشناسی پای پل و عبدالخان مورد تحلیل قرار گرفت، نتایج تحلیل در جدول ۶-۸ خلاصه شده‌اند.

جدول ۶-۸: میزان بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف (میلی متر)

ایستگاه/ دوره بازگشت (سال)	2	5	10	25	50	100
پای پل	50.0	69.7	82.7	99.2	111.4	123.5
عبدالخان	38.9	56.1	67.5	81.9	92.6	103.2



شکل ۶-۱۶: زیرحوضه‌های میانی رودخانه کرخه

میزان بارش زیرحوضه‌های علیا و سفلی معادل مقدار بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در ایستگاه‌های هواشناسی پای پل و عبدالخان منظور شد. برای زیرحوضه میانی، بین مقدار بارش زیرحوضه‌های علیا و سفلی میانگین گیری شد نتایج حاصله از شبیه سازی در جدول ۶-۹ تا جدول ۶-۱۰ خلاصه شده‌اند. اضافه می شود در جداول ذیل Q_{1day} دبی متوسط یک روزه هیدروگراف سیل، Q_{2day} دبی متوسط دو روزه هیدروگراف سیل، Q_{3day} دبی متوسط سه روزه هیدروگراف سیل و T_l زمان تاخیر نسبی هیدروگراف سیل می باشد.

جدول ۶-۹: پارامترهای هیدرولوژیکی زیرحوضه‌های میانی رودخانه کرخه

ضریب رواناب	حجم (mcm)	رواناب (mm)	بارش (mm)	مساحت (km ²)	زیرحوضه
0.29	18.37	35.7	123.5	515	Subbasin-1
0.27	15.01	30.4	113.4	493	Subbasin-2
0.25	6.15	25.8	103.2	238	Subbasin-3
0.27	39.52	31.7	115.6	1246	Sum/Ave.

جدول ۶-۱۰: دبی متوسط یک تا ۳ روزه زیرحوضه‌های میانی رودخانه کرخه

Q_{3day} (cms)	Q_{2day} (cms)	Q_{1day} (cms)	T_l relative (hr)	مساحت (km ²)	زیرحوضه
71	106	213	16.5	515	Subbasin-1
58	87	174	1.5	493	Subbasin-2
24	36	71	0.0	238	Subbasin-3
136	192	309	-	1246	Sum (routing)
35	33	27	-	-	V (mcm)

همانگونه که در جداول و شکل‌های فوق‌الذکر ملاحظه می‌شود، مساحت، بارش و حتی رواناب تولیدی طی ۲۴ ساعته در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله قابل ملاحظه و اعتنا است. قشر خالص جریان سطحی تولیدی حدود ۳۲ میلی متر و حجم آن حدود ۴۰ میلیون مترمکعب طی ۲۴ ساعت بحرانی (شدیدترین بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله) می‌باشد اما بدلائل ذیل دبی و جریان جانبی تولیدی به رودخانه کرخه در بازه مورد بحث به راحتی و همزمان وارد رودخانه نمی‌شود:

- ✓ زیرحوضه‌های حد فاصل سد کرخه تا عبدالخان به لحاظ فیزیوگرافیک فاقد شبکه رودخانه‌ای و زهکشی می‌باشد. به عبارتی پتانسیل رواناب تولیدی بیشتر از ظرفیت شبکه رودخانه‌ای و زهکشی زیرحوضه‌ها است که این امر به زمان ماند بیشتر قشر خالص جریان سطحی در درون زیرحوضه‌ها می‌انجامد و تلفات (چالاب، نفوذ و تبخیر) را افزایش می‌دهد.
- ✓ وجود سیل بندها، جاده‌ها و کانال پای پل به مثابه یک دیواره خایل عمل کرده و از ورود دبی جانبی به رودخانه کرخه در بازه مورد بحث ممانعت می‌کند.
- ✓ زمان تأخیر نسبی الحاق جریان رودخانه‌ای نشان می‌دهد که در زمان صفر (نسبی) جریان زیرحوضه ۳ یا سفلی خارج می‌شود و پس از ۹۰ دقیقه‌ای دیگر جریان زیرحوضه ۲ و متعاقب آن‌ها بعد از حدود ۱۶ ساعت دیگر دبی خروجی زیرحوضه ۱ یا علیا به آن‌ها ملحق می‌شود. این امر باعث شده جریان تولیدی بلحاظ دبی (نه حجم) در طول بازه با یک زمان تأخیری حرکت نماید. از لحاظ حجم انباشت، جریان سه زیرحوضه به طور نسبی با توجه به زمان تأخیر ترکیب می‌شود.

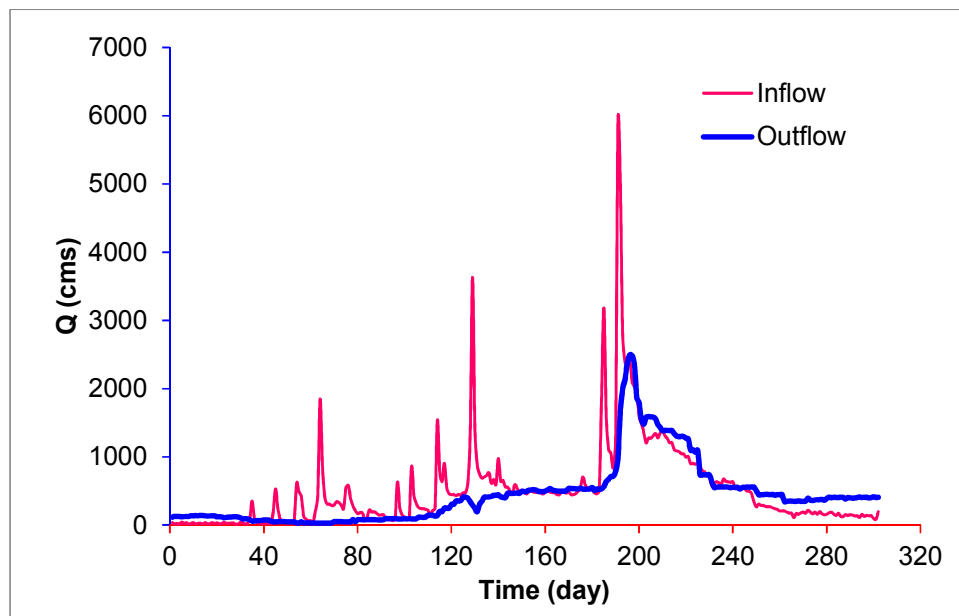
✓ در مواقع سیلاب مخصوصاً ابتدای آن فرض مسطح بودن پروفیل سطح آب نادرست است و پروفیل سطح آب خطی غیر مسطح است، بنابراین ذخیره رودخانه‌ای در طول اوج گیری سیل و نیز ذخیره کاهش یافته دوره فروکش وجود دارد. حجم انباشت یا ذخیره جریان منشوری در طول بازه به ازای نیم متر (یک متر در ابتدای بازه و صفر در انتهای بازه یا صفر در ابتدای بازه و یک متر در انتهای بازه) حدود ۹ میلیون مترمکعب در روز می‌باشد.

ملاحظه مجدد نتایج درج شده در جداول و نکات مهم فوق دبی حوضه میانی پایین دست سد کرخه در بازه مورد بحث ناشی از بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله حدود ۱۹۲ مترمکعب بر ثانیه و تداوم دو روزه و حجم حدود ۳۳ میلیون مترمکعب برآورد شده است. این دبی از نظر مقدار و کمیت در حد دبی پایه و دبی ایمن رودخانه می‌باشد، از لحاظ زمانی نیز با توجه به تأخیر طبیعی جریان توسط حوضه آبریز بالادست کرخه و ایجاد تأخیر توسط سدهای مخزنی سیمره و کرخه علاقه‌قاعده زودتر از منطقه طرح خارج می‌شود اما اثر آن بر دبی پایه رودخانه تا ۲۴ ساعت دیگر و به میزان حدود ۵۸ مترمکعب در ثانیه باقی مانده و بعد از آن میرا می‌شود. به عبارتی میزان دبی ذکر شده طی ۲۴ ساعت دیگر کاملاً مستهلک و اثر حوضه میانی بعد از آن به مقدار صفر نزدیک می‌شود.

۶-۲-۵- بررسی سیلاب سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ رودخانه کرخه

الف) ورودی‌ها و خروجی‌های سد مخزنی کرخه

سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ رودخانه کرخه یک سال پرآب و سیلابی بوده (در حالت جریان طبیعی رتبه اول به لحاظ حجم و دبی اوج سیلاب را به خود اختصاص می‌دهد) و علیرغم وجود سدهای مخزنی بزرگ سیمره و کرخه در سیلاب فروردین ماه سال ۱۳۹۸ با افزایش خروجی سد مخزنی کرخه و شکست سیل‌بندها، جریان به سیلاب دشت و گستره‌های سیل به وسعت حدود ۸۱۶ کیلومتر مربع انتقال و وارد شد. جریان پایه رودخانه‌ای و بخشی از جریان سیلابی از طریق مسیل‌ها و خط القعرهای طبیعی به صورت مستقیم وارد تالاب هورالعظیم (بخش ایرانی و عراقی تالاب) گردید و بخشی از جریان سیلابی در گستره‌های سیلابی نفوذ، ذخیره و نهایتاً تبخیر گردید. شکل ۶-۱۷ هیدروگراف ورودی و خروجی به سد مخزنی کرخه از ابتدای سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ یعنی از اول مهر ماه ۱۳۹۷ تا آخر تیر ماه ۱۳۹۸ به مدت ۳۰۳ روز را نشان می‌دهد. میزان خروجی در این دوره زمانی به طور متوسط ۴۴۵ متر مکعب بر ثانیه و معادل حجم ۱۱/۷ میلیارد متر مکعب می‌باشد.



شکل ۶-۱۷: هیدروگراف جریان ورودی و خروجی مخزن سد کرخه از ابتدای سال آبی

همانگونه که در شکل فوق ملاحظه می‌شود در این سال آبی از آذر ماه تا اردیبهشت ماه سیلاب‌های متعددی وارد سد مخزنی کرخه شده که بزرگترین و آخرین آن‌ها در فروردین ماه ۱۳۹۸ رخ داد. سیل فروردین به ناچار منجر به خروجی بیش از دبی ایمن رودخانه در پایین دست از سوم فروردین تا آخر اردیبهشت ۱۳۹۸ گردید. طی این بازه زمانی ۶۰ روزه حدود ۶ میلیارد متر مکعب معادل دبی متوسط ۱۱۶۸ متر مکعب در ثانیه از سد خارج گردید. اضافه می‌شود که دبی حداکثر خروجی در روز هفدهم فروردین ۱۳۹۸ و به میزان ۲۴۹۲ متر مکعب در ثانیه رخ داد. همانگونه که اشاره شد در این بازه زمانی دبی خروجی سد از دبی ایمن رودخانه کرخه در پایین دست یعنی رقم ۵۱۲ متر مکعب در ثانیه بیشتر بود و باعث ایجاد خسارت در گستره‌ای به مساحت بیش از ۸۱ هزار هکتار گردید.

ب) سیلاب مشاهداتی در ایستگاه‌های هیدرومتری مینا

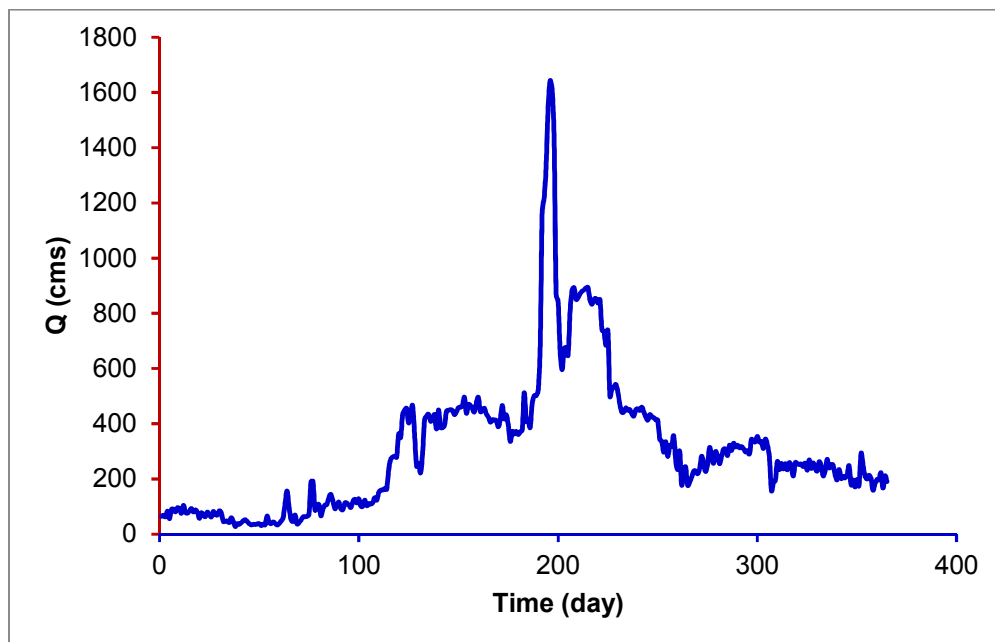
همانگونه که در بند پیش اشاره شد؛ سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ یک سال آبی تر و سیلابی بوده است که رتبه اول آبدهی و سیلاب‌های تاریخی را به خود اختصاص داده است. بررسی سیلاب‌های رخ داده در حوضه کرخه بیانگر رخداد سیلاب‌های بزرگ در این حوضه می‌باشد به نحوی که بزرگترین سیلاب ثبت شده رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای‌پل در طول دوره آماری به مقدار ۵۲۲۲ متر مکعب در ثانیه در سال آبی ۵۳-۱۳۵۲ قبل از احداث سد مخزنی کرخه رخ داده است. در سیلاب فروردین ۱۳۹۸ دبی حداکثر لحظه‌ای با توجه به دبی حداکثر روزانه (بدون اثر سدها) برآورد شده که میزان دبی حداکثر لحظه‌ای برابر ۷۶۹۵ متر مکعب بر ثانیه برآورد گردید که بیانگر عدم وقوع سیلاب با این بزرگی در حوضه می‌باشد و لذا این سیلاب رتبه اول سیلاب‌ها در حوضه کرخه را جابجا و از آن خود نموده است. بررسی هیدروگراف‌های سیل طی دوره مطالعاتی نشان داد که تداوم آن‌ها بین ۳ تا ۲۵ روز و هیدروگراف شاخص دارای تداوم ۱۲/۷ روز می‌باشد. اما واقعه سیل فروردین ۱۳۹۸ در بالادست سد حدود

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

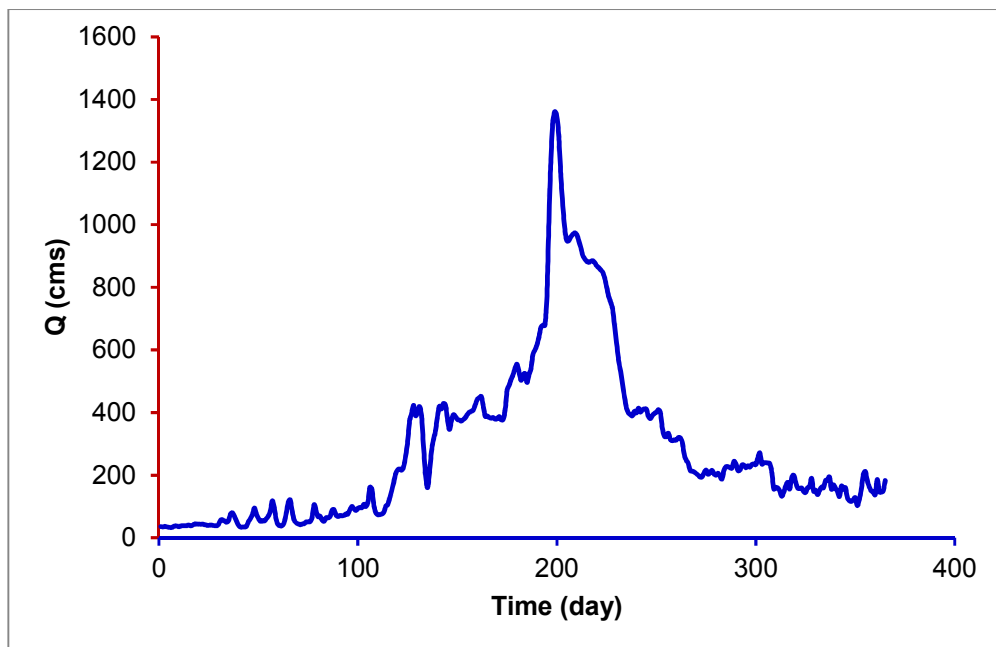
۴۰ روز طول کشید. به نحوی که سیلاب فروردین ۱۳۹۸ در روز چهارم با دبی پایه ۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه آغاز و بعد از تداوم ۴۰ روزه به سختی با دبی حدود ۹۰۰ مترمکعب بر ثانیه فروکش نمود. شرح فوق مربوط به سیلاب کرخه در بالادست و ورودی به سد مخزنی کرخه است. سد بخش بزرگی از سیلاب را ذخیره و بخشی را تسکین و رها سازی کرد. بخش عمده تخلیه آن حدود ۷۲ روز طول کشید که سیلاب پایین دست را تشکیل داد.

هیدروگراف جریان سال آبی ۱۳۹۷-۹۸ و هیدروگراف سیلاب فروردین ۱۳۹۸ در ایستگاه‌های هیدرومتری پایین دست سد مخزنی کرخه یعنی پای پل و حمیدیه در شکل‌های ذیل (شکل‌های ۶-۱۸ تا شکل ۶-۲۳) ارائه شده‌اند.

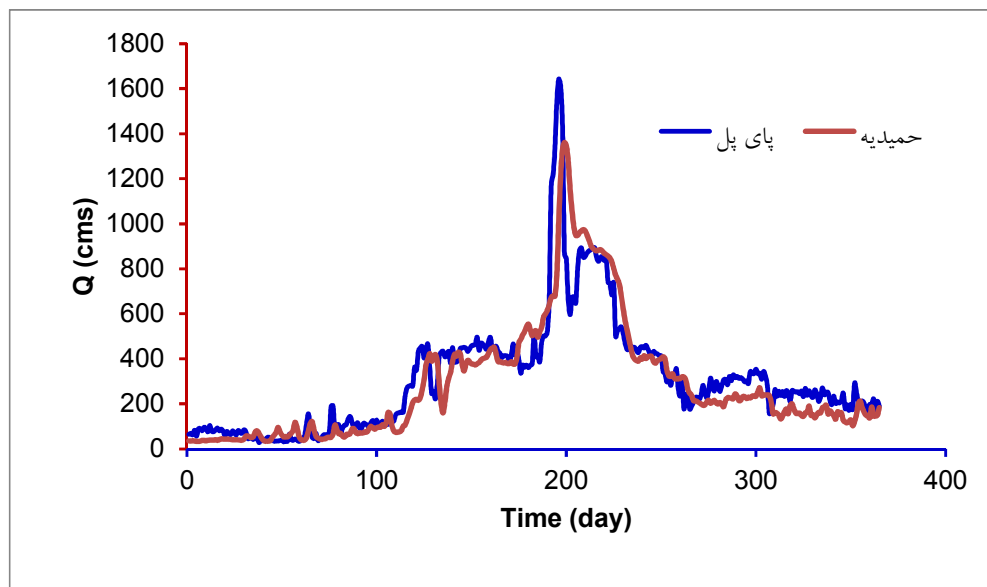
حجم جریان سالانه سال آبی مورد بحث در ایستگاه‌های هیدرومتری پای پل و حمیدیه به ترتیب ۹۷۹۵ و ۹۰۶۰ میلیون مترمکعب بود و حجم جریان گذر یافته هیدروگراف سیلاب مورد بحث در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه در مدت ۷۲ روز برابر ۴۴۴۹ میلیون مترمکعب می‌باشد.



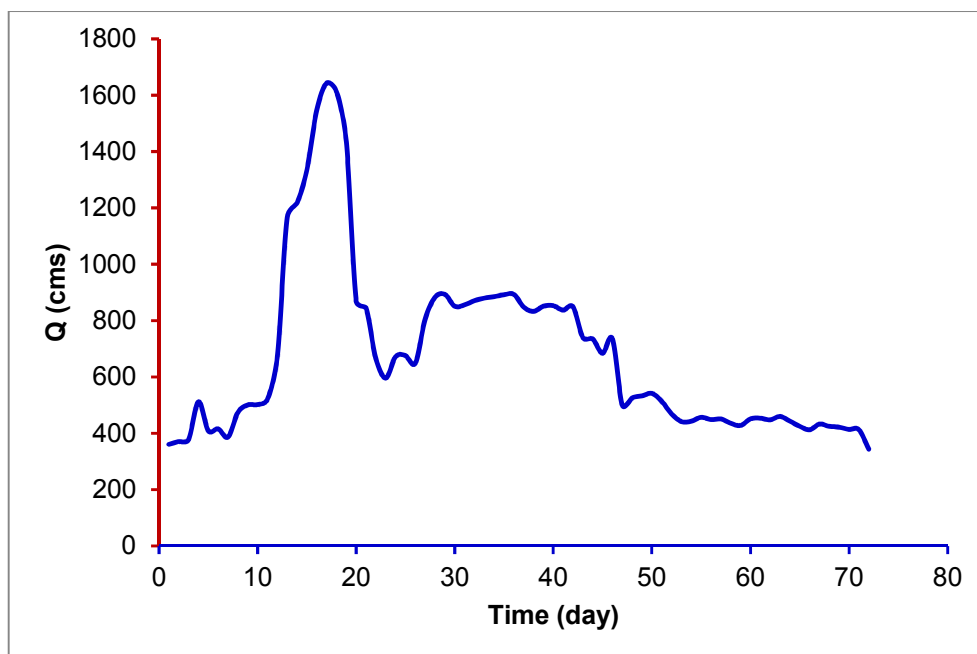
شکل ۶-۱۸: هیدروگراف جریان روزانه رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری پای پل طی سال آبی ۱۳۹۷-۹۸



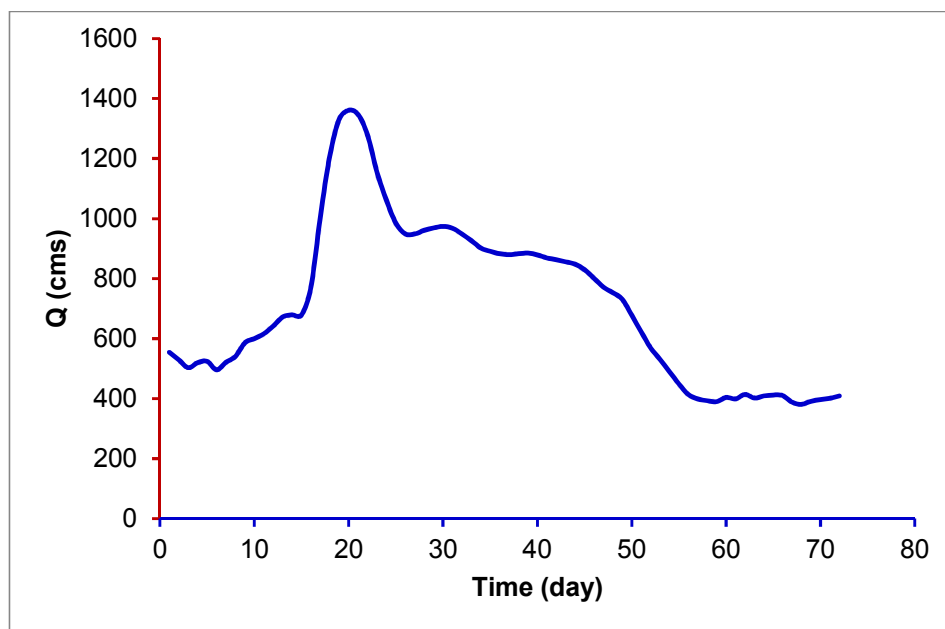
شکل ۶-۱۹: هیدروگراف جریان روزانه رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری حمیدیه طی سال آبی ۱۳۹۷-۹۸



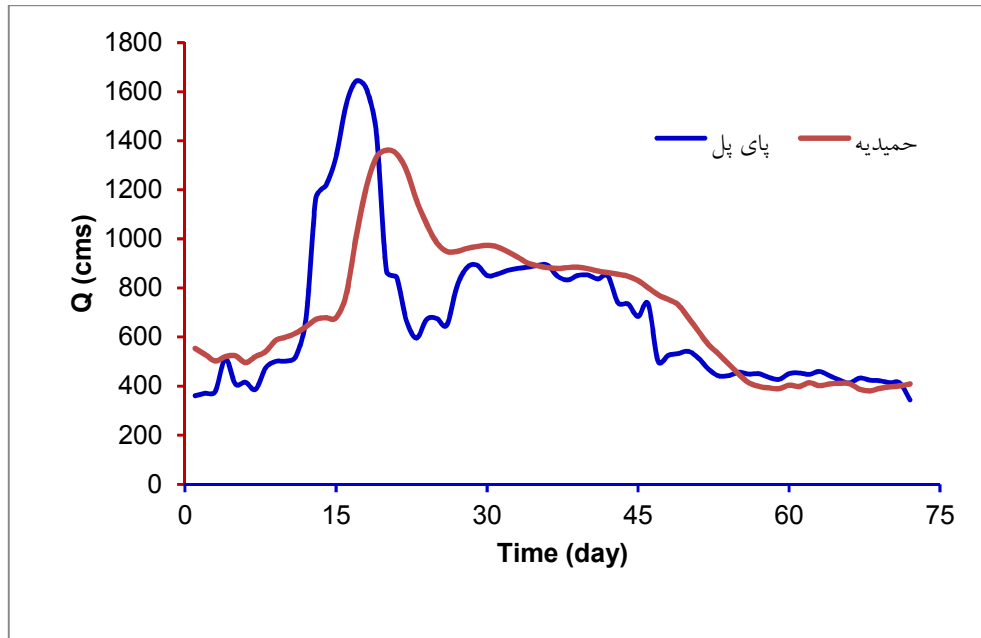
شکل ۶-۲۰: هیدروگراف جریان روزانه رودخانه کرخه در پایین دست سد مخزنی کرخه طی سال آبی ۱۳۹۷-۹۸



شکل ۶-۲۱: هیدروگراف جریان سیلاب روزانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل (از اول فروردین ماه ۱۳۹۸ تا ۱۰ خرداد ماه)



شکل ۶-۲۲: هیدروگراف جریان سیلاب روزانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل (از اول فروردین ماه ۱۳۹۸ تا ۱۰ خرداد ماه)



شکل ۶-۲۳: هیدروگراف جریان سیلاب روزانه رودخانه کرخه در پایین دست سد مخزنی کرخه (از اول فروردین ماه ۱۳۹۸ تا ۱۰ خرداد ماه)

ج) نقاط شکست و سرریز جریان

سیلاب فروردین ۱۳۹۸ رودخانه کرخه یک سیلاب تاریخی بود که دبی اوج خروجی سد مخزنی به بیش از ۲۴۰۰ مترمکعب بر ثانیه رسید. با استفاده از تجارب و مشاهدات میدانی این سیلاب تاریخی، تصاویر ماهواره‌ای زمان وقوع سیل، تعداد ۱۶ محل شکست رودخانه برای دبی‌های بالاتر از ۴۲۰ مترمکعب مشخص گردید. (جدول ۶-۱۱)

جدول ۶-۱۱: مشخصات نقاط شکست/سرریز رودخانه کرخه در پایین دست سد

ردیف	محل	طول (متر)	X	Y	دبی* (cms)	سمت جریان
1	خویس	30	240185	3547556	1200	راست
2	موزان	20	247610	3528704		چپ
3	عشیره خلف	15	260398	3514117		چپ
4	بروایه	100	271608	3501815	980	راست
5	خسرج خلف	50	269233	3502907		چپ
6	حمدان سلجه	100	267665	3499358		چپ
7	سید نعیم	30	249899	3484808	870	پایین
8	جرگه سیدعلی	50	245833	3488183		بالا
9	شاکریه	250	242463	3492259	680	بالا
10	سبحانیه	20	236303	3494897		بالا
11	قدرت آباد	20	219295	3505910	540	پایین
12	سابله	10	212002	3509416		پایین
13	رفیع ۲	40	203357	3500682	420	پایین
14	رفیع ۱	50	211560	3499036		بالا
15	البوعفراوی	35	228965	3493104		بالا
16	کریشیه	15	219652	3491742		پایین

طی سیلاب تاریخی فروردین ۱۳۹۸، در بازه‌های رودخانه‌ای پایین دست سد با شکست سیل‌بند، جریان به سیلاب دشت و گستره‌های سیل به وسعت حدود ۸۴۰ کیلومتر مربع انتقال و وارد شد. جریان پایه رودخانه‌ای و بخشی از جریان سیلابی از طریق مسیل‌ها و خط القعرهای طبیعی به صورت مستقیم وارد (بخش ایرانی و عراقی تالاب) تالاب هورالعظیم گردید و بخشی از جریان سیلابی در گستره‌های سیلابی نفوذ، ذخیره و نهایتاً تبخیر گردید.

۶-۲-۶- مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

همانگونه که قبلاً اشاره شد؛ سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ یک سال آبی تر و سیلابی بوده است که رتبه اول آبدهی و سیلاب‌های تاریخی را به خود اختصاص داده است. واقعه سیل فروردین ۱۳۹۸ در بالادست سد حدود ۴۰ روز طول کشید. به نحوی که سیلاب فروردین ۱۳۹۸ در روز چهارم با دبی پایه ۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه آغاز و بعد از تداوم ۴۰ روزه به سختی با دبی حدود ۹۰۰ مترمکعب بر ثانیه فروکش نمود. سد مخزنی کرخه و سیمره بخش بزرگی از سیلاب را ذخیره و بخشی را تسکین و رها سازی کردند. ایستگاه هیدرومتری حمیدیه تداوم سیلاب ناشی از خروجی سد مخزنی کرخه حدود ۸۰ روز طول کشید که سیلاب ورودی به تالاب هورالعظیم را تشکیل می دهد.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

در جدول ۶-۱۲ مشخصات نقاط جریان ورودی به تالاب و زهکشها منعکس و در جدول ۶-۱۳ و شکل ۶-۲۴ تا شکل ۶-۲۷ مقادیر عددی و هیدروگرافهای ورودی به تالاب ارائه شده است.

لازم به ذکر است که سیلاب در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه از تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۲۷ با دبی ۳۷۸ مترمکعب بر ثانیه شروع و در تاریخ ۱۳۹۸/۰۳/۱۱ خاتمه یافته است. دبی اوج این سیلاب برابر ۱۳۶۱ متر مکعب بر ثانیه و حجم تداوم ۸۱ روزه آن معادل ۴۸۰۱ میلیون مترمکعب است.

این هیدروگراف سیلاب مطابق وزن هر یک از شاخه‌ها به ۱۷ هیدروگراف ورودی به تالاب مجزا گردید. ورودی‌های شماره ۱۸ و ۱۹ مربوط به زهکشهای ورودی به مخازن ۴ و ۵ تالاب می باشند و حجم آنها نسبت به حجم سیلاب ورودی ناچیز و در حدود ۲/۷ درصد می باشد.

جدول ۶-۱۲: خصوصیات نقاط جریان ورودی به تالاب

Y2	X2	Width	Y1	X1	Name	ID
3521154	204767	70	3521180	204675	شاکریه	1
3520744	205075	40	3520784	205075	اصیبعیه	1
3520021	205125	21	3520042	205125	عبیاوی	2
3515927	204710	13	3515940	204710	دبیه بالا	3
3514525	204907	12	3514537	204907	دبیه پایین	4
3514158	204591	21	3514179	204591	سahندی ۱	5
3513119	203831	16	3513135	203831	سahندی ۲	6
3512406	203585	10	3512416	203585	سahندی ۳	7
3511250	203291	16	3511266	203291	سعیدیه ۱	8
3508614	202807	7	3508621	202807	سعیدیه ۲	9
3508142	203036	10	3508152	203036	سعیدیه ۳	10
3507244	203540	30	3507274	203540	سابله	11
3501845	202850	15	3501860	202850	نیسان ۱	12
3501699	202808	25	3501724	202808	نیسان ۲	13
3497406	202398	28	3497434	202398	مشیمشیه ۱	14
3495658	202438	12	3495670	202438	مشیمشیه ۲	15
3492714	201861	17	3492731	201861	جراحیه	16
3489430	201306	13	3489443	201306	ام یزع	17
3462791	203376	70	3462861	203376	زهکش emd	18
3437959	200085	80	3438039	200085	زهکش نیشکر	19

جدول ۶-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q6(t)	Q5(t)	Q4(t)	Q3(t)	Q2(t)	Q1(t)	time(day)
7.6	3.8	7.6	7.6	18.9	94.5	1
8.2	4.1	8.2	8.2	20.5	102.3	2
9.4	4.7	9.4	9.4	23.6	118.0	3
9.7	4.9	9.7	9.7	24.4	121.8	4
10.1	5.1	10.1	10.1	25.3	126.5	5
10.4	5.2	10.4	10.4	26.1	130.3	6
10.8	5.4	10.8	10.8	27.1	135.5	7
11.1	5.5	11.1	11.1	27.7	138.5	8
10.6	5.3	10.6	10.6	26.5	132.3	9
10.1	5.0	10.1	10.1	25.2	125.8	10
10.4	5.2	10.4	10.4	26.0	130.0	11
10.5	5.2	10.5	10.5	26.2	131.0	12
9.9	5.0	9.9	9.9	24.8	124.0	13
10.4	5.2	10.4	10.4	26.1	130.3	14
10.8	5.4	10.8	10.8	27.1	135.3	15
11.7	5.9	11.7	11.7	29.3	146.5	16
12.0	6.0	12.0	12.0	30.0	150.0	17
12.3	6.2	12.3	12.3	30.8	154.0	18
12.8	6.4	12.8	12.8	32.1	160.5	19
13.4	6.7	13.4	13.4	33.6	168.0	20
13.6	6.8	13.6	13.6	34.0	169.8	21
13.6	6.8	13.6	13.6	34.0	169.8	22
15.4	7.7	15.4	15.4	38.6	193.0	23
20.2	10.1	20.2	20.2	50.4	252.0	24
24.2	12.1	24.2	24.2	60.5	302.3	25
26.6	13.3	26.6	26.6	66.6	333.0	26
27.2	13.6	27.2	27.2	68.1	340.3	27

ادامه جدول ۶-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q12(t)	Q11(t)	Q10(t)	Q9(t)	Q8(t)	Q7(t)	time(day)
37.8	60.5	3.8	7.6	7.6	7.6	1
40.9	65.4	4.1	8.2	8.2	8.2	2
47.2	75.5	4.7	9.4	9.4	9.4	3
48.7	77.9	4.9	9.7	9.7	9.7	4
50.6	81.0	5.1	10.1	10.1	10.1	5
52.1	83.4	5.2	10.4	10.4	10.4	6
54.2	86.7	5.4	10.8	10.8	10.8	7
55.4	88.6	5.5	11.1	11.1	11.1	8
52.9	84.6	5.3	10.6	10.6	10.6	9
50.3	80.5	5.0	10.1	10.1	10.1	10
52.0	83.2	5.2	10.4	10.4	10.4	11
52.4	83.8	5.2	10.5	10.5	10.5	12
49.6	79.4	5.0	9.9	9.9	9.9	13
52.1	83.4	5.2	10.4	10.4	10.4	14
54.1	86.6	5.4	10.8	10.8	10.8	15
58.6	93.8	5.9	11.7	11.7	11.7	16
60.0	96.0	6.0	12.0	12.0	12.0	17
61.6	98.6	6.2	12.3	12.3	12.3	18
64.2	102.7	6.4	12.8	12.8	12.8	19
67.2	107.5	6.7	13.4	13.4	13.4	20
67.9	108.6	6.8	13.6	13.6	13.6	21
67.9	108.6	6.8	13.6	13.6	13.6	22
77.2	123.5	7.7	15.4	15.4	15.4	23
100.8	161.3	10.1	20.2	20.2	20.2	24
120.9	193.4	12.1	24.2	24.2	24.2	25
133.2	213.1	13.3	26.6	26.6	26.6	26
136.1	217.8	13.6	27.2	27.2	27.2	27

ادامه جدول ۶-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q19(t)	Q18(t)	Q17(t)	Q16(t)	Q15(t)	Q14(t)	Q13(t)	time(day)
10.0	9.0	11.3	11.3	7.6	7.6	75.6	1
10.0	9.0	12.3	12.3	8.2	8.2	81.8	2
10.0	9.0	14.2	14.2	9.4	9.4	94.4	3
10.0	9.0	14.6	14.6	9.7	9.7	97.4	4
10.0	9.0	15.2	15.2	10.1	10.1	101.2	5
10.0	9.0	15.6	15.6	10.4	10.4	104.2	6
10.0	9.0	16.3	16.3	10.8	10.8	108.4	7
10.0	9.0	16.6	16.6	11.1	11.1	110.8	8
10.0	9.0	15.9	15.9	10.6	10.6	105.8	9
10.0	9.0	15.1	15.1	10.1	10.1	100.6	10
10.0	9.0	15.6	15.6	10.4	10.4	104.0	11
10.0	9.0	15.7	15.7	10.5	10.5	104.8	12
10.0	9.0	14.9	14.9	9.9	9.9	99.2	13
10.0	9.0	15.6	15.6	10.4	10.4	104.2	14
10.0	9.0	16.2	16.2	10.8	10.8	108.2	15
10.0	9.0	17.6	17.6	11.7	11.7	117.2	16
10.0	9.0	18.0	18.0	12.0	12.0	120.0	17
10.0	9.0	18.5	18.5	12.3	12.3	123.2	18
10.0	9.0	19.3	19.3	12.8	12.8	128.4	19
10.0	9.0	20.2	20.2	13.4	13.4	134.4	20
10.0	9.0	20.4	20.4	13.6	13.6	135.8	21
10.0	9.0	20.4	20.4	13.6	13.6	135.8	22
10.0	9.0	23.2	23.2	15.4	15.4	154.4	23
10.0	9.0	30.2	30.2	20.2	20.2	201.6	24
10.0	9.0	36.3	36.3	24.2	24.2	241.8	25
10.0	9.0	40.0	40.0	26.6	26.6	266.4	26
10.0	9.0	40.8	40.8	27.2	27.2	272.2	27

ادامه جدول ۶-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q6(t)	Q5(t)	Q4(t)	Q3(t)	Q2(t)	Q1(t)	t(day)
26.9	13.5	26.9	26.9	67.4	336.8	28
25.6	12.8	25.6	25.6	63.9	319.5	29
23.1	11.6	23.1	23.1	57.8	288.8	30
21.2	10.6	21.2	21.2	53.1	265.3	31
19.7	9.9	19.7	19.7	49.3	246.3	32
19.0	9.5	19.0	19.0	47.5	237.3	33
19.0	9.5	19.0	19.0	47.5	237.3	34
19.2	9.6	19.2	19.2	48.1	240.3	35
19.4	9.7	19.4	19.4	48.5	242.3	36
19.5	9.7	19.5	19.5	48.7	243.5	37
19.4	9.7	19.4	19.4	48.4	242.0	38
19.0	9.5	19.0	19.0	47.5	237.3	39
18.5	9.3	18.5	18.5	46.4	231.8	40
18.0	9.0	18.0	18.0	45.1	225.5	41
17.8	8.9	17.8	17.8	44.6	222.8	42
17.7	8.8	17.7	17.7	44.2	220.8	43
17.6	8.8	17.6	17.6	44.0	220.0	44
17.7	8.8	17.7	17.7	44.2	220.8	45
17.7	8.9	17.7	17.7	44.3	221.3	46
17.6	8.8	17.6	17.6	44.0	219.8	47
17.4	8.7	17.4	17.4	43.5	217.3	48
17.3	8.6	17.3	17.3	43.2	215.8	49
17.1	8.6	17.1	17.1	42.8	214.0	50
17.0	8.5	17.0	17.0	42.4	212.0	51
16.6	8.3	16.6	16.6	41.5	207.5	52
16.0	8.0	16.0	16.0	40.1	200.3	53
15.4	7.7	15.4	15.4	38.6	193.0	54

ادامه جدول ۶-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q12(t)	Q11(t)	Q10(t)	Q9(t)	Q8(t)	Q7(t)	t(day)
134.7	215.5	13.5	26.9	26.9	26.9	28
127.8	204.5	12.8	25.6	25.6	25.6	29
115.5	184.8	11.6	23.1	23.1	23.1	30
106.1	169.8	10.6	21.2	21.2	21.2	31
98.5	157.6	9.9	19.7	19.7	19.7	32
94.9	151.8	9.5	19.0	19.0	19.0	33
94.9	151.8	9.5	19.0	19.0	19.0	34
96.1	153.8	9.6	19.2	19.2	19.2	35
96.9	155.0	9.7	19.4	19.4	19.4	36
97.4	155.8	9.7	19.5	19.5	19.5	37
96.8	154.9	9.7	19.4	19.4	19.4	38
94.9	151.8	9.5	19.0	19.0	19.0	39
92.7	148.3	9.3	18.5	18.5	18.5	40
90.2	144.3	9.0	18.0	18.0	18.0	41
89.1	142.6	8.9	17.8	17.8	17.8	42
88.3	141.3	8.8	17.7	17.7	17.7	43
88.0	140.8	8.8	17.6	17.6	17.6	44
88.3	141.3	8.8	17.7	17.7	17.7	45
88.5	141.6	8.9	17.7	17.7	17.7	46
87.9	140.6	8.8	17.6	17.6	17.6	47
86.9	139.0	8.7	17.4	17.4	17.4	48
86.3	138.1	8.6	17.3	17.3	17.3	49
85.6	137.0	8.6	17.1	17.1	17.1	50
84.8	135.7	8.5	17.0	17.0	17.0	51
83.0	132.8	8.3	16.6	16.6	16.6	52
80.1	128.2	8.0	16.0	16.0	16.0	53
77.2	123.5	7.7	15.4	15.4	15.4	54

ادامه جدول ۶-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q19(t)	Q18(t)	Q17(t)	Q16(t)	Q15(t)	Q14(t)	Q13(t)	t(day)
10.0	9.0	40.4	40.4	26.9	26.9	269.4	28
10.0	9.0	38.3	38.3	25.6	25.6	255.6	29
10.0	9.0	34.7	34.7	23.1	23.1	231.0	30
10.0	9.0	31.8	31.8	21.2	21.2	212.2	31
10.0	9.0	29.6	29.6	19.7	19.7	197.0	32
10.0	9.0	28.5	28.5	19.0	19.0	189.8	33
10.0	9.0	28.5	28.5	19.0	19.0	189.8	34
10.0	9.0	28.8	28.8	19.2	19.2	192.2	35
10.0	9.0	29.1	29.1	19.4	19.4	193.8	36
10.0	9.0	29.2	29.2	19.5	19.5	194.8	37
10.0	9.0	29.0	29.0	19.4	19.4	193.6	38
10.0	9.0	28.5	28.5	19.0	19.0	189.8	39
10.0	9.0	27.8	27.8	18.5	18.5	185.4	40
10.0	9.0	27.1	27.1	18.0	18.0	180.4	41
10.0	9.0	26.7	26.7	17.8	17.8	178.2	42
10.0	9.0	26.5	26.5	17.7	17.7	176.6	43
10.0	9.0	26.4	26.4	17.6	17.6	176.0	44
10.0	9.0	26.5	26.5	17.7	17.7	176.6	45
10.0	9.0	26.6	26.6	17.7	17.7	177.0	46
10.0	9.0	26.4	26.4	17.6	17.6	175.8	47
10.0	9.0	26.1	26.1	17.4	17.4	173.8	48
10.0	9.0	25.9	25.9	17.3	17.3	172.6	49
10.0	9.0	25.7	25.7	17.1	17.1	171.2	50
10.0	9.0	25.4	25.4	17.0	17.0	169.6	51
10.0	9.0	24.9	24.9	16.6	16.6	166.0	52
10.0	9.0	24.0	24.0	16.0	16.0	160.2	53
10.0	9.0	23.2	23.2	15.4	15.4	154.4	54

ادامه جدول ۶-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

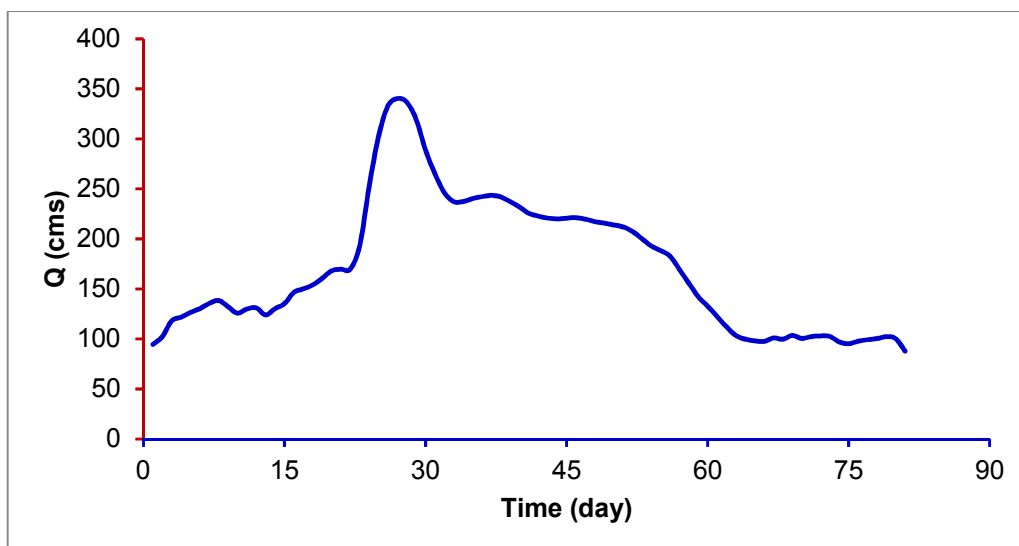
Q6(t)	Q5(t)	Q4(t)	Q3(t)	Q2(t)	Q1(t)	t(day)
15.1	7.5	15.1	15.1	37.7	188.3	55
14.6	7.3	14.6	14.6	36.6	182.8	56
13.6	6.8	13.6	13.6	33.9	169.5	57
12.5	6.2	12.5	12.5	31.2	155.8	58
11.4	5.7	11.4	11.4	28.5	142.3	59
10.6	5.3	10.6	10.6	26.6	132.8	60
9.8	4.9	9.8	9.8	24.5	122.5	61
9.0	4.5	9.0	9.0	22.5	112.3	62
8.3	4.1	8.3	8.3	20.7	103.5	63
8.0	4.0	8.0	8.0	20.0	99.8	64
7.9	3.9	7.9	7.9	19.7	98.3	65
7.8	3.9	7.8	7.8	19.5	97.5	66
8.1	4.0	8.1	8.1	20.2	101.0	67
8.0	4.0	8.0	8.0	20.0	99.8	68
8.3	4.1	8.3	8.3	20.7	103.5	69
8.0	4.0	8.0	8.0	20.1	100.5	70
8.2	4.1	8.2	8.2	20.5	102.3	71
8.2	4.1	8.2	8.2	20.6	103.0	72
8.2	4.1	8.2	8.2	20.5	102.5	73
7.8	3.9	7.8	7.8	19.4	97.0	74
7.6	3.8	7.6	7.6	19.1	95.3	75
7.8	3.9	7.8	7.8	19.6	97.8	76
7.9	4.0	7.9	7.9	19.9	99.3	77
8.0	4.0	8.0	8.0	20.1	100.3	78
8.2	4.1	8.2	8.2	20.5	102.3	79
8.0	4.0	8.0	8.0	20.1	100.3	80
7.0	3.5	7.0	7.0	17.6	87.8	81

ادامه جدول ۶-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

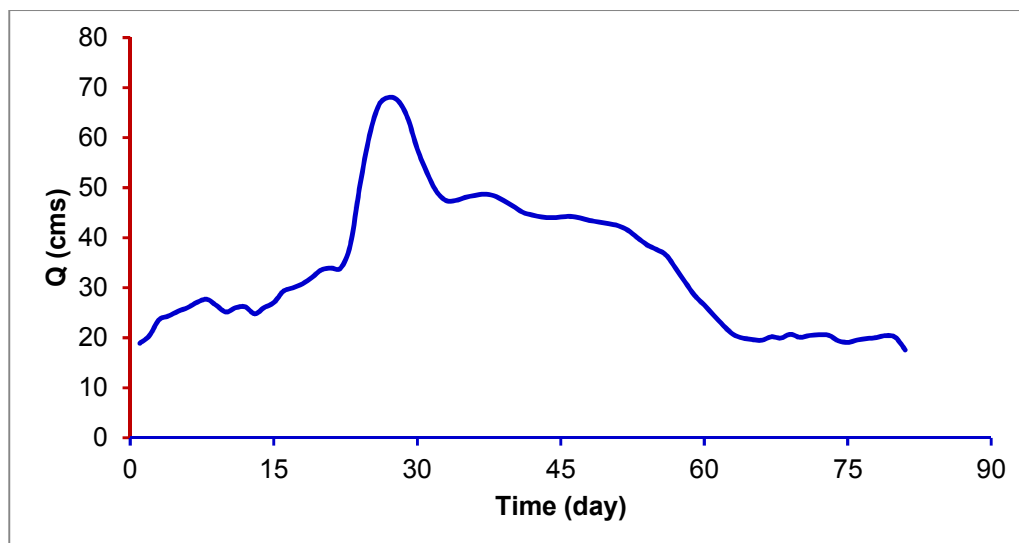
Q12(t)	Q11(t)	Q10(t)	Q9(t)	Q8(t)	Q7(t)	t(day)
75.3	120.5	7.5	15.1	15.1	15.1	55
73.1	117.0	7.3	14.6	14.6	14.6	56
67.8	108.5	6.8	13.6	13.6	13.6	57
62.3	99.7	6.2	12.5	12.5	12.5	58
56.9	91.0	5.7	11.4	11.4	11.4	59
53.1	85.0	5.3	10.6	10.6	10.6	60
49.0	78.4	4.9	9.8	9.8	9.8	61
44.9	71.8	4.5	9.0	9.0	9.0	62
41.4	66.2	4.1	8.3	8.3	8.3	63
39.9	63.8	4.0	8.0	8.0	8.0	64
39.3	62.9	3.9	7.9	7.9	7.9	65
39.0	62.4	3.9	7.8	7.8	7.8	66
40.4	64.6	4.0	8.1	8.1	8.1	67
39.9	63.8	4.0	8.0	8.0	8.0	68
41.4	66.2	4.1	8.3	8.3	8.3	69
40.2	64.3	4.0	8.0	8.0	8.0	70
40.9	65.4	4.1	8.2	8.2	8.2	71
41.2	65.9	4.1	8.2	8.2	8.2	72
41.0	65.6	4.1	8.2	8.2	8.2	73
38.8	62.1	3.9	7.8	7.8	7.8	74
38.1	61.0	3.8	7.6	7.6	7.6	75
39.1	62.6	3.9	7.8	7.8	7.8	76
39.7	63.5	4.0	7.9	7.9	7.9	77
40.1	64.2	4.0	8.0	8.0	8.0	78
40.9	65.4	4.1	8.2	8.2	8.2	79
40.1	64.2	4.0	8.0	8.0	8.0	80
35.1	56.2	3.5	7.0	7.0	7.0	81

ادامه جدول ۶-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

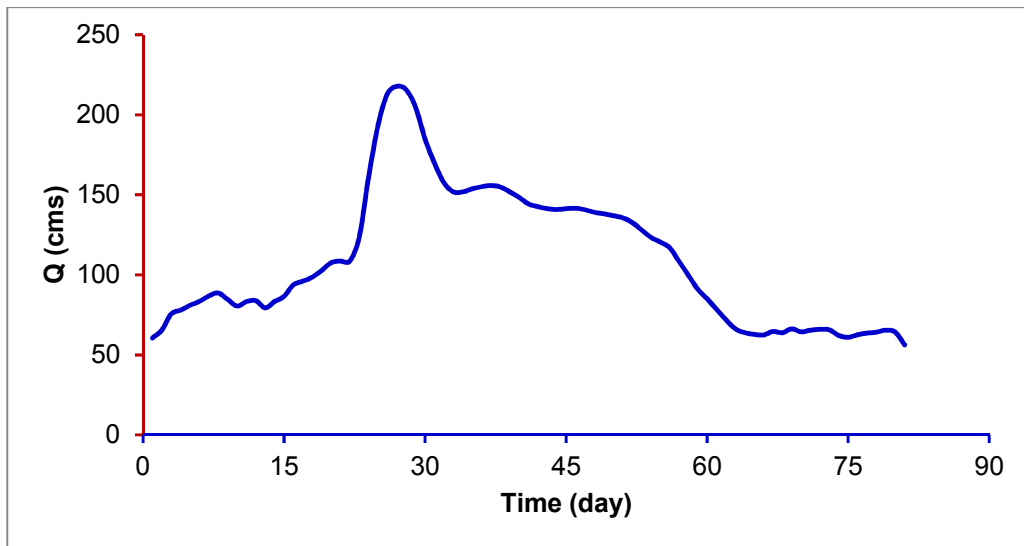
Q19(t)	Q18(t)	Q17(t)	Q16(t)	Q15(t)	Q14(t)	Q13(t)	t(day)
10.0	9.0	22.6	22.6	15.1	15.1	150.6	55
10.0	9.0	21.9	21.9	14.6	14.6	146.2	56
10.0	9.0	20.3	20.3	13.6	13.6	135.6	57
10.0	9.0	18.7	18.7	12.5	12.5	124.6	58
10.0	9.0	17.1	17.1	11.4	11.4	113.8	59
10.0	9.0	15.9	15.9	10.6	10.6	106.2	60
10.0	9.0	14.7	14.7	9.8	9.8	98.0	61
10.0	9.0	13.5	13.5	9.0	9.0	89.8	62
10.0	9.0	12.4	12.4	8.3	8.3	82.8	63
10.0	9.0	12.0	12.0	8.0	8.0	79.8	64
10.0	9.0	11.8	11.8	7.9	7.9	78.6	65
10.0	9.0	11.7	11.7	7.8	7.8	78.0	66
10.0	9.0	12.1	12.1	8.1	8.1	80.8	67
10.0	9.0	12.0	12.0	8.0	8.0	79.8	68
10.0	9.0	12.4	12.4	8.3	8.3	82.8	69
10.0	9.0	12.1	12.1	8.0	8.0	80.4	70
10.0	9.0	12.3	12.3	8.2	8.2	81.8	71
10.0	9.0	12.4	12.4	8.2	8.2	82.4	72
10.0	9.0	12.3	12.3	8.2	8.2	82.0	73
10.0	9.0	11.6	11.6	7.8	7.8	77.6	74
10.0	9.0	11.4	11.4	7.6	7.6	76.2	75
10.0	9.0	11.7	11.7	7.8	7.8	78.2	76
10.0	9.0	11.9	11.9	7.9	7.9	79.4	77
10.0	9.0	12.0	12.0	8.0	8.0	80.2	78
10.0	9.0	12.3	12.3	8.2	8.2	81.8	79
10.0	9.0	12.0	12.0	8.0	8.0	80.2	80
10.0	9.0	10.5	10.5	7.0	7.0	70.2	81



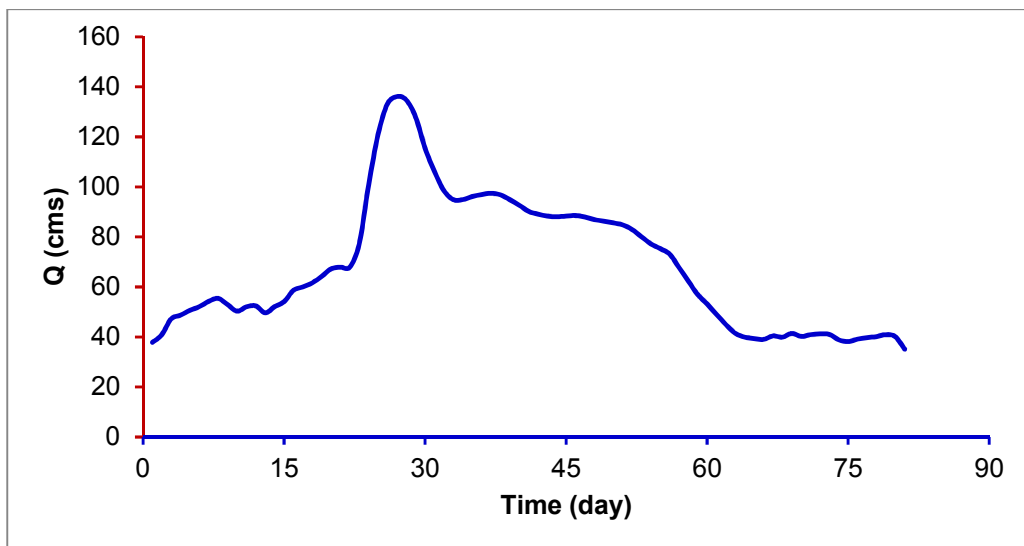
شکل ۶-۲۴: هیدروگراف ورودی به تالاب در محل شماره یک



شکل ۶-۲۵: هیدروگراف ورودی به تالاب در محل شماره دو



شکل ۶-۲۶: هیدروگراف ورودی به تالاب در محل شماره یازده



شکل ۶-۲۷: هیدروگراف ورودی به تالاب در محل شماره دوازده

فصل هفتم

**بررسی آمار و استعلام پدیده های طبیعی
در منطقه هورالعظیم شامل جهت و سرعت باد،
میزان تغییرات دمایی، میزان بارندگی، میزان
تبخیر، میزان رسوب و سایر موارد مورد نیاز**

فصل هفتم- بررسی آمار و استعمال پدیده های طبیعی در منطقه هورالعظیم شامل جهت و سرعت باد، میزان تغییرات دمایی، میزان بارندگی، میزان تبخیر، میزان رسوب و سایر موارد مورد نیاز

۷-۱- پارامترهای هواشناسی مورد مطالعه

مطالعات آب و هواشناسی به عنوان اطلاعات پایه در بسیاری از پروژه های عمرانی کاربرد دارد. به عبارتی در مطالعات آب شناسی، آگاهی از وضعیت پارامترهای اقلیمی و هواشناسی از اهمیت بسزایی برخوردار است. از این رو مطالعات هواشناسی و تجزیه و تحلیل نتایج محاسبات به منظور مدیریت صحیح و علمی پروژه ها عمرانی، منابع آب، برنامه ریزی های صحیح، کنترل و مهار سیلاب در کشور حائز اهمیت می باشد. عوامل هواشناسی یا کمیت های اقلیمی که مشخص کننده وضعیت آب و هوایی یک ناحیه می باشند عبارتند از: درجه حرارت، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد، میزان بارش، تعداد روزهای یخبندان، تعداد ساعات آفتابی و تبخیر و تعرق که آمار و اطلاعات آن ها در بخش های منابع آب سطحی و زیرزمینی آب مورد استفاده قرار می گیرد. هدف از مطالعه هواشناسی در این پروژه نیز، بدست آوردن پاره ای اطلاعات مورد نیاز مطالعات هیدرولوژی پروژه تدوین ضوابط فنی و مهندسی برای طراحی، اجرا، ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها، لوله های انتقال و تاسیسات نفت می باشد. از این رو در این گزارش سعی شده است هریک از پارامترهای مورد نیاز و نحوه تجزیه و تحلیل آن ها با ارائه جداول و نمودارها لازم شرح داده شود.

۷-۱-۱- مشخصات ایستگاه های هواشناسی و بارانسنجی مورد مطالعه

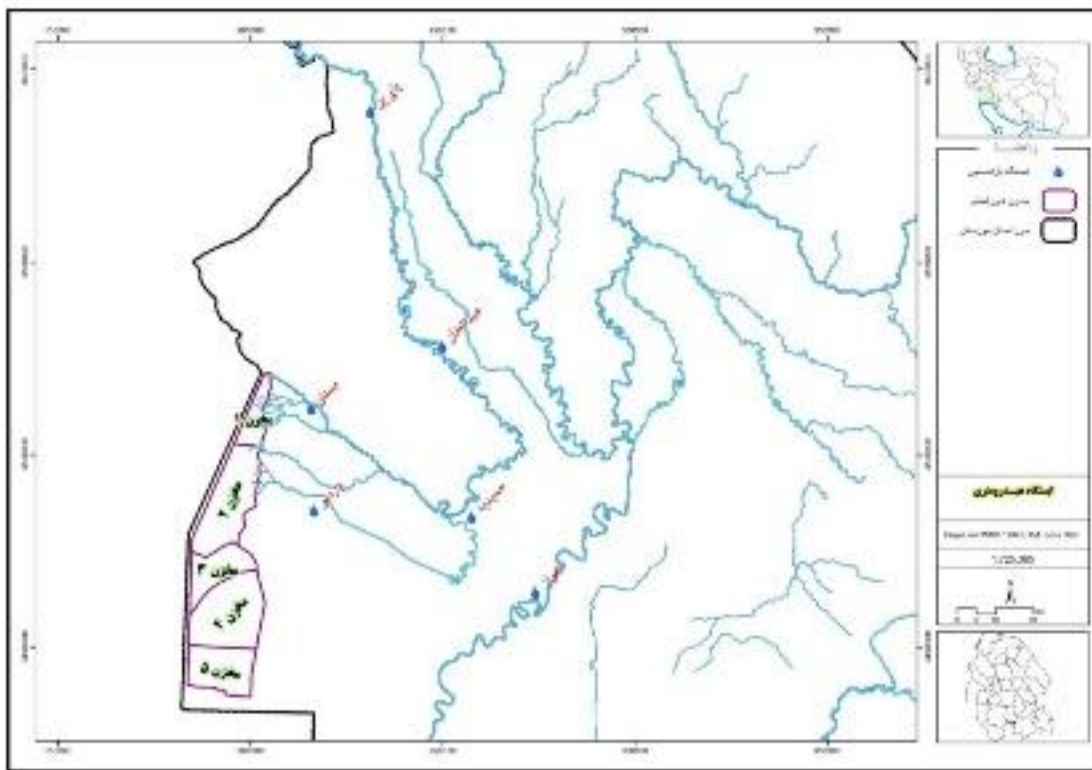
در مطالعه حاضر با توجه به اهداف آن از تعداد ۶ ایستگاه هواشناسی (تبخیرسنجی، بارانسنجی و سینوپتیک) در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. این ایستگاه ها شامل پای پل، عبدالخان، حمیدیه، بستان، یزد نو و اهواز عمدتاً در حوضه آبریز کرخه می باشند که منطقه مورد مطالعه و اهداف آن را پوشش می دهند. بارش مشخصات ایستگاه های هواشناسی در جدول ۷-۱ و نقشه آن ها در شکل ۷-۱ منعکس شده است. طول دوره آماری بارش به داده های ثبت شده در بیش از نیم قرن اخیر بر می گردد و حدود ۵۴ سال منتهی به سال آبی ۹۹-۱۳۹۸ (آخرین آمار منتشر شده) می باشد. از داده های بارش پای پل و عبدالخان جهت محاسبه شدت

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

بارش به منظور برآورد دبی و حجم سیلاب حوضه میانی حد فاصل سد مخزنی کرخه تا عبدالخان استفاده شد. از داده‌های طول آمار بارش ایستگاه‌های اهواز، حمیدیه، بستان و یزد نو میزان بارش در سطح تالاب برآورد گردید.

جدول ۷-۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در مطالعه

ردیف	کد	ایستگاه	نوع	طول	عرض	ارتفاع
1	21-191	پای پل	تبخیر سنجی	48-09	32-25	90
2	21-193	عبدالخان	تبخیر سنجی	48-22	31-49	40
3	21-199	حمیدیه	تبخیر سنجی	48-26	31-29	22
4	-	بستان	سینوپتیک	48-00	31-46	7.8
5	21488	یزد نو	بارانسنجی	47-55	31-31	4.5
6	21-309	اهواز	باران سنجی	48-39-24	31-19-21	20
	-	اهواز	سینوپتیک	48-40	31-20	22.5



شکل ۷-۱: نقشه مربوط به موقعیت ایستگاه‌های بارانسنجی مورد مطالعه

۷-۱-۲- بارش منطقه مورد مطالعه

بارندگی مهم‌ترین پارامتری است که به طور مستقیم در چرخه هیدرولوژیکی و سیلاب دخالت داشته و در کلیه مطالعات هیدرولوژی نقش اساسی و تعیین کننده دارد. پراکنش زمانی ریزش‌های جوی میزان سهم بارش در فصل و یا ماه‌های مختلف و

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

تغییرات آن را روشن می‌سازد. به منظور بررسی و تحلیل توزیع بارندگی ماهانه و سالانه از تعداد ۶ ایستگاه هواشناسی و باران-سنجی استفاده گردید. این ایستگاه‌ها شامل پای پل، عبدالخان، حمیدیه، بستان، یزد نو و اهواز می‌باشند که تالاب را احاطه کرده‌اند. طول دوره آماری بارش ۵۴ ساله طی ۹۹-۱۳۴۵ (آخرین آمار منتشر شده) است.

● جدول ۷-۲ تا جدول ۷-۴ داده‌های بارش ماهیانه و سالانه مشاهداتی خام به صورت نمونه برای بخشی از ایستگاه‌های بارانسنجی مورد مطالعه شامل اهواز، حمیدیه، یزد نو و گستره تالاب را نشان می‌دهند گستره تالاب به صورت وزنی از سایر ایستگاه‌ها برآورد گردید.

● در ادامه کار داده‌های مشاهداتی بارش ارایه شده در جداول فوق الذکر و داده‌های سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار آماری *SPSS* تحلیل شد. در جدول ۷-۵ تا جدول ۷-۱۱ مقادیر و تحلیل بارش متوسط ماهانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری (متوسط، حداکثر، حداقل، انحراف معیار و ضریب تغییرات) در ایستگاه‌های مورد مطالعه و گستره تالاب منعکس شده است.

● در شکل ۷-۲ تا شکل ۷-۷ الگوی زمانی و مقادیر بارش ماهیانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه و گستره تالاب منعکس شده است.

همانگونه که در جداول فوق الذکر ملاحظه می‌شود بارش سالانه از ۲۲۰ میلی‌متر در ایستگاه بارانسنجی حمیدیه تا ۱۸۵ میلی در بستان متغیر است. همچنین ملاحظه می‌شود که

✓ میزان بارش سالانه گستره تالاب برابر ۲۰۱ میلی‌متر می‌باشد. دامنه تغییرات سالانه بارش در سطح تالاب بین حداقل ۶۰ تا حداکثر ۴۲۳ میلی‌متر در نوسان است. انحراف معیار بارش سالانه ۷۹ میلی‌متر و ضریب تغییرات بارش سالانه بالا و حدود ۳۹ درصد است. در مقیاس ماهیانه بطور متوسط آذر و دی ماه بیشترین بارش را دارد (با متوسط ۴۳ میلی‌متر و حدود ۲۱ درصد بارش کل متوسط سالانه). اما بارش‌های حداکثر در هر سه ماهه آذر، دی و بهمن مشاهده شده است. از میان فصل‌های سال زمستان با متوسط ۹۸ میلی‌متر پر باران ترین فصل سال می‌باشد.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۷-۲: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه ایستگاه بارانسنجی اهواز (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1345-46	16.0	5.5	1.5	20.0	56.0	9.5	11.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	127.0
1346-47	2.5	39.5	84.0	1.0	31.3	43.0	27.3	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	243.8
1347-48	0.0	37.0	33.9	136.0	35.3	14.9	53.2	22.0	0.0	0.0	0.0	1.0	333.3
1348-49	0.0	111.7	23.0	110.5	37.4	21.2	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	310.0
1349-50	0.0	0.0	38.0	2.5	73.0	2.2	42.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	160.2
1350-51	0.0	43.0	10.4	75.0	38.7	49.8	40.9	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	279.3
1351-52	0.0	4.5	109.5	2.7	25.2	3.7	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	153.3
1352-53	0.0	0.0	1.0	84.5	80.0	11.2	35.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	212.5
1353-54	0.0	7.5	80.2	76.2	74.2	12.0	6.9	57.9	0.1	0.0	0.0	0.0	315.0
1354-55	0.0	2.0	74.1	81.5	57.3	52.4	30.4	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0	315.3
1355-56	0.0	14.5	22.7	94.7	38.5	0.5	23.1	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0	197.0
1356-57	0.5	49.6	90.7	46.6	8.2	28.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	223.8
1357-58	0.5	61.7	91.2	56.8	1.1	16.2	2.5	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	245.0
1358-59	0.5	65.0	78.5	43.7	145.3	44.5	16.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	397.3
1359-60	0.0	2.0	41.7	80.9	37.7	9.7	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	176.0
1360-61	4.7	10.8	14.8	51.2	67.6	38.4	10.0	7.2	1.0	0.0	0.0	0.0	205.7
1361-62	7.4	109.0	43.7	69.3	21.2	31.0	8.3	24.1	0.0	0.0	0.0	0.0	314.0
1362-63	0.0	0.0	28.4	32.0	4.0	11.0	93.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	168.7

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۷-۲: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه ایستگاه بارانسنجی اهواز (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1363-64	0.3	100.0	7.3	47.5	7.5	2.5	6.3	6.5	0.0	0.0	0.0	3.5	181.4
1364-65	0.0	40.0	30.5	10.8	38.2	64.4	74.7	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	263.8
1365-66	0.0	16.0	129.0	12.0	8.5	43.0	19.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	230.5
1366-67	1.5	45.4	28.9	90.8	35.2	33.0	6.2	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	250.7
1367-68	8.1	18.8	27.5	16.1	30.1	3.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	104.2
1368-69	1.0	28.7	83.5	9.6	18.0	19.8	1.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	163.3
1369-70	0.0	0.5	35.0	70.0	7.0	92.9	18.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	223.9
1370-71	41.6	0.0	73.1	44.0	28.2	67.1	18.0	26.7	1.5	0.0	0.0	0.0	300.2
1371-72	0.0	25.9	127.8	63.2	32.0	20.5	23.8	69.5	0.0	0.0	0.0	0.0	362.7
1372-73	0.0	26.9	9.5	10.0	7.0	65.0	11.1	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	131.9
1373-74	11.0	60.0	60.4	30.0	8.5	44.0	3.4	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	223.4
1374-75	0.0	0.0	21.0	68.2	56.7	56.6	75.4	6.5	0.0	0.5	0.0	0.0	284.9
1375-76	2.2	0.0	18.4	15.0	7.0	51.5	89.3	3.9	3.0	0.0	0.0	0.0	190.3
1376-77	0.5	179.0	109.3	91.4	38.4	10.0	4.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	439.6
1377-78	0.0	8.5	0.0	32.8	58.8	72.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	172.7
1378-79	0.0	12.4	44.1	39.8	34.2	1.8	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	141.1
1379-80	6.3	13.7	115.0	16.7	62.8	12.9	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	235.9
1380-81	0.0	5.1	143.8	30.9	17.6	16.5	70.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	284.1

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۷-۲: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه ایستگاه بارانسنجی اهواز (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1381-82	0.0	10.5	64.5	12.5	41.5	5.5	22.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	158.5
1382-83	0.0	0.0	111.0	112.5	16.0	0.0	9.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	253.0
1383-84	0.0	13.8	67.3	47.9	38.5	40.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	210.5
1384-85	0.0	6.8	28.9	36.2	95.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	167.0
1385-86	0.0	24.1	64.5	21.0	11.0	10.0	52.3	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	185.7
1386-87	0.0	0.0	36.1	29.8	21.1	4.3	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	97.0
1387-88	0.0	17.7	8.0	0.0	11.5	4.0	9.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	52.2
1388-89	0.0	27.4	135.0	37.5	13.5	2.0	18.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	240.4
1389-90	0.0	16.0	20.0	15.5	68.5	14.5	2.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	141.0
1390-91	0.0	18.5	0.0	4.5	28.5	22.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0
1391-92	0.0	47.0	81.7	39.7	39.7	1.0	2.6	35.4	0.0	0.0	0.0	0.0	247.1
1392-93	0.0	56.4	12.5	75.7	7.0	30.5	33.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	215.9
1393-94	7.5	13.3	33.9	3.4	10.0	24.8	30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	123.2
1394-95	0.0	51.7	35.6	79.1	3.9	48.4	27.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	247.4
1395-96	0.0	0.0	27.9	20.3	6.8	24.5	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.0
1396-97	0.0	1.0	9.6	0.0	7.2	41.6	22.1	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	96.7
1397-98	38.2	70.4	89.8	0.0	42.8	12.0	44.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	297.4
1398-99	0.0	74.5	118.7	3.8	21.0	35.2	13.2	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	269.4

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۷-۳: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه ایستگاه بارانسجی حمیدیه (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1345-46	23.0	0.0	3.0	9.0	39.0	5.0	0.0	44.0	0.0	0.0	0.0	0.0	123.0
1346-47	2.6	50.2	22.5	12.7	36.7	13.1	24.7	28.5	0.0	0.0	0.0	0.0	191.0
1347-48	0.0	11.0	53.0	109.0	43.0	28.0	97.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	363.0
1348-49	0.0	15.0	16.0	66.0	14.0	19.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.0
1349-50	0.0	0.0	46.0	6.0	65.0	7.0	36.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.0
1350-51	0.0	60.0	13.0	68.0	40.0	42.0	58.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	295.0
1351-52	0.0	4.0	76.0	2.0	29.0	6.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.0
1352-53	0.0	0.0	2.9	65.3	94.0	11.8	40.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	214.5
1353-54	0.0	13.0	80.5	64.1	67.0	22.0	2.0	38.0	0.0	0.0	0.0	0.0	286.6
1354-55	0.0	1.0	64.0	95.0	61.0	56.5	49.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	337.5
1355-56	0.0	18.0	8.7	117.5	40.5	2.0	46.5	0.0	32.0	0.0	0.0	0.0	265.2
1356-57	3.0	36.0	57.0	47.5	25.0	30.5	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	202.0
1357-58	0.0	1.0	74.0	68.0	71.0	2.0	14.0	2.0	3.0	0.0	0.0	0.0	235.0
1358-59	0.0	49.0	62.0	44.0	128.0	105.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	405.0
1359-60	0.0	2.0	46.0	75.5	38.5	10.5	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	188.5
1360-61	5.0	20.5	24.0	64.0	70.0	47.0	13.0	13.0	6.0	0.0	0.0	0.0	262.5
1361-62	15.0	93.0	44.0	51.0	31.0	38.0	20.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	308.0
1362-63	0.0	0.0	16.0	26.0	0.0	13.0	65.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	124.0

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۷-۳: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه ایستگاه بارانسنجی حمیدیه (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1363-64	10.0	97.0	4.0	50.0	41.0	2.0	6.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	220.0
1364-65	0.0	25.0	32.0	10.0	58.0	72.0	56.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	253.0
1365-66	0.0	34.0	141.0	10.0	11.0	44.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	256.0
1366-67	5.0	59.0	28.0	84.0	20.0	42.0	8.0	82.0	0.0	0.0	0.0	0.0	328.0
1367-68	0.0	0.0	30.5	28.0	23.0	63.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	146.5
1368-69	0.0	36.5	131.0	38.0	30.0	11.0	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	282.5
1369-70	0.0	0.0	44.0	100.0	9.0	107.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	290.0
1370-71	48.0	0.0	54.0	41.0	30.0	83.0	24.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	289.0
1371-72	0.0	36.0	116.0	56.0	35.0	27.0	31.0	161.5	0.0	0.0	0.0	0.0	462.5
1372-73	0.0	10.0	16.5	22.0	18.0	18.5	12.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	101.5
1373-74	8.0	74.0	78.5	41.0	14.0	17.5	2.5	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	239.5
1374-75	0.0	0.0	7.0	99.5	49.0	37.5	70.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	269.5
1375-76	15.0	0.0	18.0	27.0	9.0	37.5	63.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	170.0
1376-77	4.5	70.5	106.0	82.5	29.0	11.5	12.5	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	328.5
1377-78	0.5	8.0	1.0	58.5	44.5	50.5	2.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	166.5
1378-79	0.0	4.5	34.5	51.0	28.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	121.0
1379-80	0.5	6.0	127.5	25.0	50.5	13.0	4.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	228.0
1380-81	0.0	3.0	123.0	20.5	22.5	22.5	35.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	227.5

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۷-۳: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه ایستگاه بارانسنجی حمیدیه (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1381-82	0.0	13.0	30.5	24.5	28.5	4.0	19.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	120.0
1382-83	0.0	0.0	46.5	117.0	20.5	6.0	8.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	205.0
1383-84	0.0	8.5	78.0	30.0	38.0	51.0	3.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	217.5
1384-85	0.0	12.5	8.0	54.0	148.5	2.0	10.5	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	242.5
1385-86	0.0	33.5	106.0	20.5	23.0	3.0	40.5	5.0	2.0	0.0	0.0	0.0	233.5
1386-87	0.0	0.0	49.5	27.0	21.0	4.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	106.5
1387-88	0.0	16.0	17.5	0.0	15.5	5.5	21.5	3.5	8.0	0.0	0.0	0.0	87.5
1388-89	0.0	39.0	163.0	40.5	18.5	3.0	42.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	332.0
1389-90	0.0	5.0	9.0	24.0	47.5	32.5	3.5	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.5
1390-91	0.0	55.2	0.0	2.8	17.7	48.3	19.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	143.1
1391-92	0.0	40.6	55.5	37.0	34.0	6.0	6.5	41.0	0.0	0.0	0.0	0.0	220.6
1392-93	0.0	54.0	46.0	74.5	6.5	43.0	29.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	253.5
1393-94	12.5	14.0	22.0	9.0	19.0	24.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	130.5
1394-95	0.5	65.5	30.2	53.5	1.0	27.5	22.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	206.7
1395-96	0.0	0.0	19.0	19.5	3.5	12.5	9.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.0
1396-97	0.0	1.0	3.0	5.0	6.3	34.5	15.5	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.3
1397-98	18	64	105	30	34.5	16.8	47.2	0	0	0	0	0	315.5
1398-99	0	46.5	77	5	19.5	42.5	6.5	2	0	0	0	0	199

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۷-۴: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه ایستگاه بارانسنجی یزد نو (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1345-46	9.7	3.2	2.5	21.1	18.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.0
1346-47	0.0	22.1	1.2	1.9	0.2	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.6
1347-48	0.0	3.5	67.4	166.1	12.0	5.0	36.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	290.1
1348-49	0.0	7.6	6.6	148.8	2.7	6.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	173.9
1349-50	0.0	16.2	54.2	8.7	39.8	0.0	83.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	202.7
1350-51	0.0	0.9	17.9	58.0	28.8	50.9	6.2	16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	179.6
1351-52	0.0	28.1	65.2	7.1	18.8	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	129.9
1352-53	0.0	11.1	2.0	43.5	53.2	9.3	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	131.0
1353-54	0.0	6.6	66.5	86.0	33.5	10.3	0.5	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	209.5
1354-55	0.0	2.3	48.0	78.0	45.0	60.9	22.8	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	258.1
1355-56	0.0	39.7	7.7	130.3	27.0	1.5	85.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	292.0
1356-57	0.7	2.1	79.8	91.8	17.1	54.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	245.8
1357-58	0.0	4.0	44.3	62.8	52.0	3.7	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	167.1
1358-59	0.0	10.1	45.7	38.5	53.2	8.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	156.8
1359-60	0.0	10.4	1.2	63.0	1.2	2.6	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.6
1360-61	2.7	0.3	7.1	19.8	51.6	18.4	7.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	107.7
1361-62	7.7	0.6	50.9	161.1	16.3	25.7	12.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	275.3
1362-63	0.0	10.4	3.2	11.9	5.6	27.1	184.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	242.4

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۷-۴: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه ایستگاه بارانسنجی یزد نو (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1363-64	5.9	3.0	10.2	39.0	37.7	1.2	1.9	31.6	0.0	0.0	0.0	0.0	130.5
1364-65	0.0	2.4	33.3	5.7	34.2	58.4	4.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	138.9
1365-66	0.0	14.4	66.3	3.5	6.9	32.4	0.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	125.0
1366-67	1.6	0.5	26.3	207.7	7.4	32.8	0.7	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	313.0
1367-68	0.0	6.5	34.7	27.4	15.1	50.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	134.0
1368-69	0.0	57.9	41.9	2.8	32.1	34.3	1.7	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	173.2
1369-70	0.0	96.1	2.8	53.0	9.9	79.7	4.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	246.8
1370-71	14.4	1.2	30.5	41.7	16.8	223.4	3.2	41.4	0.0	0.0	0.0	0.0	372.6
1371-72	0.0	25.0	73.7	40.0	31.5	27.6	0.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	213.8
1372-73	0.0	44.2	6.2	20.0	24.7	208.3	1.1	73.0	0.0	0.0	0.0	0.0	377.5
1373-74	5.0	5.4	41.2	12.7	21.8	12.6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	99.3
1374-75	0.0	19.3	5.5	200.9	73.2	27.7	137.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	464.0
1375-76	8.1	5.2	7.3	19.3	10.0	6.9	24.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	81.7
1376-77	1.9	18.3	76.7	174.8	22.4	7.6	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	303.6
1377-78	0.1	0.0	4.2	43.9	27.8	67.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	143.8
1378-79	0.0	4.3	51.8	45.1	23.0	0.0	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	138.3
1379-80	0.1	7.2	105.7	48.0	41.3	13.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	216.0
1380-81	0.0	0.0	94.4	19.6	19.0	18.2	38.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	189.2

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۷-۴: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه ایستگاه بارانسنجی یزد نو (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1381-82	0.0	3.4	36.4	7.0	20.7	0.0	27.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.3
1382-83	0.0	81.9	35.9	114.9	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	245.8
1383-84	0.0	28.8	92.6	233.0	0.0	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	410.1
1384-85	0.0	10.6	5.8	29.9	124.7	0.0	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	191.6
1385-86	0.0	14.4	17.9	30.2	37.2	9.4	72.5	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	191.5
1386-87	0.0	0.0	22.3	28.4	17.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	73.2
1387-88	0.0	5.2	24.4	0.0	11.9	4.5	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.9
1388-89	0.0	14.3	32.4	29.0	12.0	0.0	13.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.7
1389-90	0.0	12.0	1.0	26.0	49.0	17.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.5
1390-91	0.0	48.0	0.0	1.0	16.5	24.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0
1391-92	0.0	50.0	34.5	37.0	22.5	1.5	0.0	225.0	0.0	0.0	0.0	0.0	370.5
1392-93	0.0	84.0	22.0	55.0	10.0	52.0	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	252.0
1393-94	7.0	7.0	78.0	5.0	18.0	7.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	130.0
1394-95	0.0	39.0	40.0	27.0	0.0	17.0	31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	154.0
1395-96	0.0	0.0	30.0	4.0	0.0	17.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.0
1396-97	0.0	3.0	2.0	0.0	4.0	54.0	32.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	104.0
1397-98	24.0	94.0	80.0	32.5	33.0	6.0	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	306.5
1398-99	0.0	28.0	39.5	0.5	38.0	18.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.0

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۷-۵: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه برآورد شده در سطح تالاب هور العظیم (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1345-46	21.0	0.0	2.7	8.2	35.6	4.6	0.0	40.2	0.0	0.0	0.0	0.0	112.4
1346-47	2.4	45.8	20.5	11.6	33.5	12.0	22.6	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	174.5
1347-48	0.0	10.1	48.4	99.6	39.3	25.6	88.6	20.1	0.0	0.0	0.0	0.0	331.7
1348-49	0.0	13.7	14.6	60.3	12.8	17.4	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	124.3
1349-50	0.0	0.0	42.0	5.5	59.4	6.4	32.9	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	149.8
1350-51	0.0	54.8	11.9	62.1	36.5	38.4	53.0	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	269.5
1351-52	0.0	3.7	69.4	1.8	26.5	5.5	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	109.6
1352-53	0.0	0.0	2.6	59.7	85.9	10.8	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	196.0
1353-54	0.0	11.9	73.5	58.6	61.2	20.1	1.8	34.7	0.0	0.0	0.0	0.0	261.8
1354-55	0.0	0.9	58.5	86.8	55.7	51.6	44.8	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	308.4
1355-56	0.0	16.4	7.9	107.4	37.0	1.8	42.5	0.0	29.2	0.0	0.0	0.0	242.3
1356-57	2.7	32.9	52.1	43.4	22.8	27.9	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	184.6
1357-58	0.0	0.9	67.6	62.1	64.9	1.8	12.8	1.8	2.7	0.0	0.0	0.0	214.7
1358-59	0.0	44.8	56.6	40.2	116.9	95.9	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	370.0
1359-60	0.0	1.8	42.0	69.0	35.2	9.6	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	172.2
1360-61	4.6	18.7	21.9	58.5	64.0	42.9	11.9	11.9	5.5	0.0	0.0	0.0	239.8
1361-62	13.7	85.0	40.2	46.6	28.3	34.7	18.3	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	281.4
1362-63	0.0	0.0	14.6	23.8	0.0	11.9	59.4	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	113.3

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۷-۵: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه برآورد شده در سطح تالاب هور العظیم (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1363-64	9.1	88.6	3.7	45.7	37.5	1.8	5.5	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	201.0
1364-65	0.0	22.8	29.2	9.1	53.0	65.8	51.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	231.2
1365-66	0.0	31.1	128.8	9.1	10.1	40.2	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	233.9
1366-67	4.6	53.9	25.6	76.7	18.3	38.4	7.3	74.9	0.0	0.0	0.0	0.0	299.7
1367-68	0.0	0.0	27.9	25.6	21.0	57.6	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	133.8
1368-69	0.0	33.3	119.7	34.7	27.4	10.1	32.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	258.1
1369-70	0.0	0.0	40.2	91.4	8.2	97.8	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	265.0
1370-71	43.9	0.0	49.3	37.5	27.4	75.8	21.9	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	264.0
1371-72	0.0	32.9	106.0	51.2	32.0	24.7	28.3	147.6	0.0	0.0	0.0	0.0	422.6
1372-73	0.0	9.1	15.1	20.1	16.4	16.9	11.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	92.7
1373-74	7.3	67.6	71.7	37.5	12.8	16.0	2.3	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	218.8
1374-75	0.0	0.0	6.4	90.9	44.8	34.3	64.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	246.2
1375-76	13.7	0.0	16.4	24.7	8.2	34.3	57.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	155.3
1376-77	4.1	64.4	96.8	75.4	26.5	10.5	11.4	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.1
1377-78	0.5	7.3	0.9	53.4	40.7	46.1	2.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	152.1
1378-79	0.0	4.1	31.5	46.6	25.6	0.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.6
1379-80	0.5	5.5	116.5	22.8	46.1	11.9	3.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	208.3
1380-81	0.0	2.7	112.4	18.7	20.6	20.6	32.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	207.9

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۷-۵: داده‌های بارش متوسط ماهیانه و سالانه برآورد شده در سطح تالاب هور العظیم (میلی متر)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1381-82	0.0	11.9	27.9	22.4	26.0	3.7	17.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	109.6
1382-83	0.0	0.0	42.5	106.9	18.7	5.5	7.8	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	187.3
1383-84	0.0	7.8	71.3	27.4	34.7	46.6	2.7	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	198.7
1384-85	0.0	11.4	7.3	49.3	135.7	1.8	9.6	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	221.6
1385-86	0.0	30.6	96.8	18.7	21.0	2.7	37.0	4.6	1.8	0.0	0.0	0.0	213.3
1386-87	0.0	0.0	45.2	24.7	19.2	3.7	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.3
1387-88	0.0	14.6	16.0	0.0	14.2	5.0	19.6	3.2	7.3	0.0	0.0	0.0	79.9
1388-89	0.0	35.6	148.9	37.0	16.9	2.7	38.4	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	303.3
1389-90	0.0	4.6	8.2	21.9	43.4	29.7	3.2	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	122.9
1390-91	0.0	50.4	0.0	2.6	16.2	44.1	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	130.7
1391-92	0.0	37.1	50.7	33.8	31.1	5.5	5.9	37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	201.5
1392-93	0.0	49.3	42.0	68.1	5.9	39.3	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	231.6
1393-94	11.4	12.8	20.1	8.2	17.4	21.9	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	119.2
1394-95	0.5	59.8	27.6	48.9	0.9	25.1	20.1	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	188.8
1395-96	0.0	0.0	17.4	17.8	3.2	11.4	8.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	60.3
1396-97	0.0	0.9	2.7	4.6	5.8	31.5	14.2	24.7	0.0	0.0	0.0	0.0	84.3
1397-98	16.4	58.5	95.9	27.4	31.5	15.3	43.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	288.3
1398-99	0.0	42.5	70.4	4.6	17.8	38.8	5.9	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	181.8

جدول ۷-۶: بارش متوسط ماهیانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری ایستگاه هواشناسی اهواز (میلی متر)

پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
متوسط	3	30	53	43	34	26	22	8	0	0	0	0	217
حداکثر	42	179	144	136	145	93	93	70	3	1	3	4	440
حداقل	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	52
انحراف معیار	8	36	41	34	28	22	24	14	1	0	0	1	82
ضریب تغییرات	288	120	77	81	82	87	110	175	-	-	-	-	38
متوسط فصلی	86			102			30			0.2			---

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۷-۷: بارش متوسط ماهیانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری ایستگاه بارانسنجی عبدالخان (میلی

متر)

پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
متوسط	2	23	45	44	37	30	31	11	0	0	0	0	223
حداکثر	30	137	138	204	149	95	161	126	6	1	0	10	434
حداقل	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
انحراف معیار	5	28	41	36	32	26	36	21	1	0	0	1	85
ضریب تغییرات	268	122	91	82	88	88	115	180	-	-	-	-	38
متوسط فصلی	70			110			43			0.2			---

جدول ۷-۸: بارش متوسط ماهیانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری ایستگاه بارانسنجی حمیدیه (میلی متر)

پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
متوسط	3	24	49	45	36	27	23	12	1	0	0	0	220
حداکثر	48	97	163	118	149	107	97	162	32	0	0	0	463
حداقل	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	66
انحراف معیار	8	27	41	32	28	25	22	25	5	0	0	0	86
ضریب تغییرات	255	111	84	71	80	92	93	212	-	-	-	-	39
متوسط فصلی	77			108			36			0.0			---

جدول ۷-۹: بارش متوسط ماهیانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری ایستگاه بارانسنجی یزد نو (میلی متر)

پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
متوسط	2	19	35	53	25	28	18	9	0	0	0	0	189
حداکثر	24	96	106	233	125	223	184	225	0	0	0	3	464
حداقل	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
انحراف معیار	4	25	29	59	22	43	35	33	0	0	0	0	99
ضریب تغییرات	261	131	83	112	85	155	189	353	-	-	-	-	52
متوسط فصلی	55			106			28			0.1			---

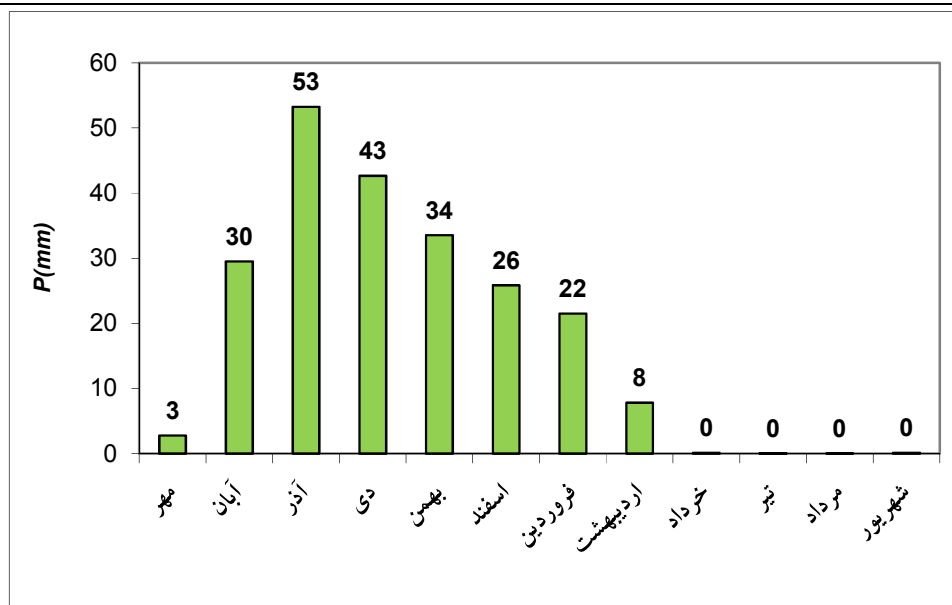
مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۷-۱۰: بارش متوسط ماهیانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری ایستگاه بارانسنجی بستان (میلی متر)

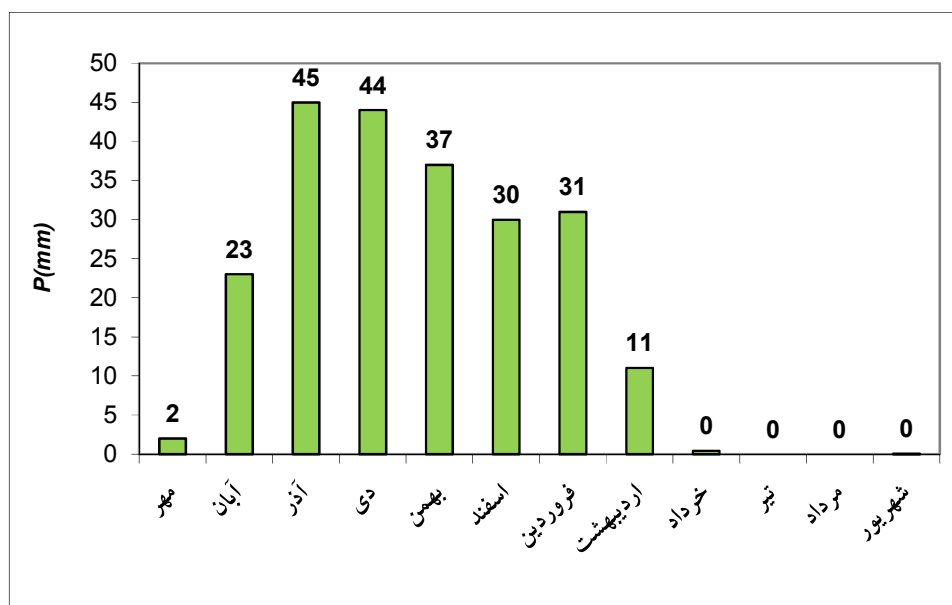
پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
متوسط	8	18	38	45	31	24	17	2	0	0	0	0	185
حداکثر	145	104	133	106	143	116	106	35	0	0	0	0	397
حداقل	23	26	36	24	34	29	21	6	0	0	0	0	73
انحراف معیار	23	27	37	24	34	29	22	6	0	0	0	0	74
ضریب تغییرات	271	144	97	54	109	122	124	251	-	-	-	-	40
متوسط فصلی	65			100			20			0.0			---

جدول ۷-۱۱: بارش متوسط ماهیانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری تالاب هورالعظیم (میلی متر)

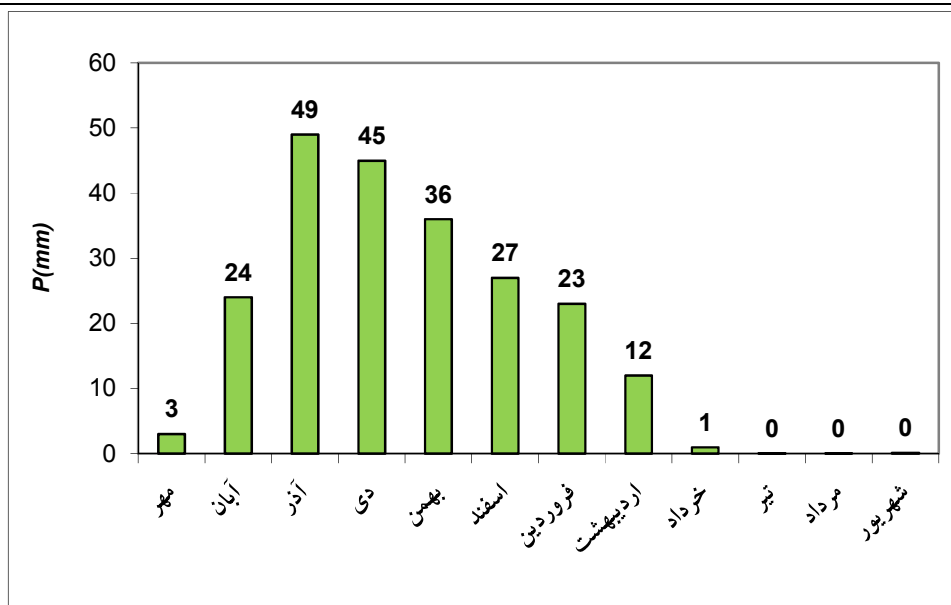
پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
متوسط	3	22	45	41	32	25	21	11	1	0	0	0	201
حداکثر	44	89	149	107	136	98	89	148	29	0	0	0	423
حداقل	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
انحراف معیار	7	24	38	29	26	23	20	23	4	0	0	0	79
ضریب تغییرات	255	111	84	71	80	92	93	212	-	-	-	-	39
متوسط فصلی	70			98			33			0.0			---



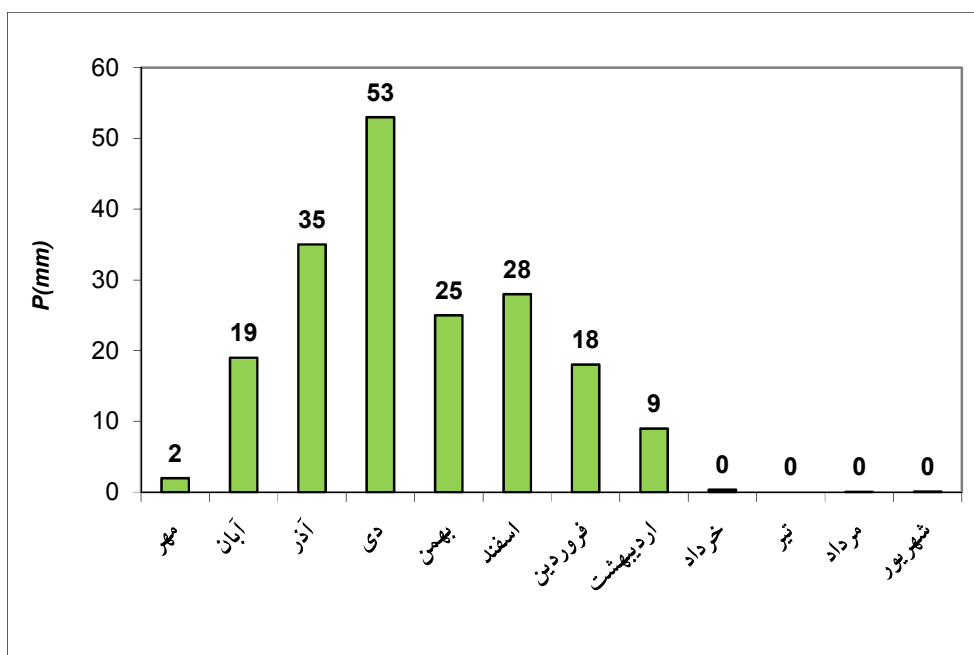
شکل ۷-۲: تغییرات بارش متوسط ماهیانه ایستگاه بارانسنجی اهواز



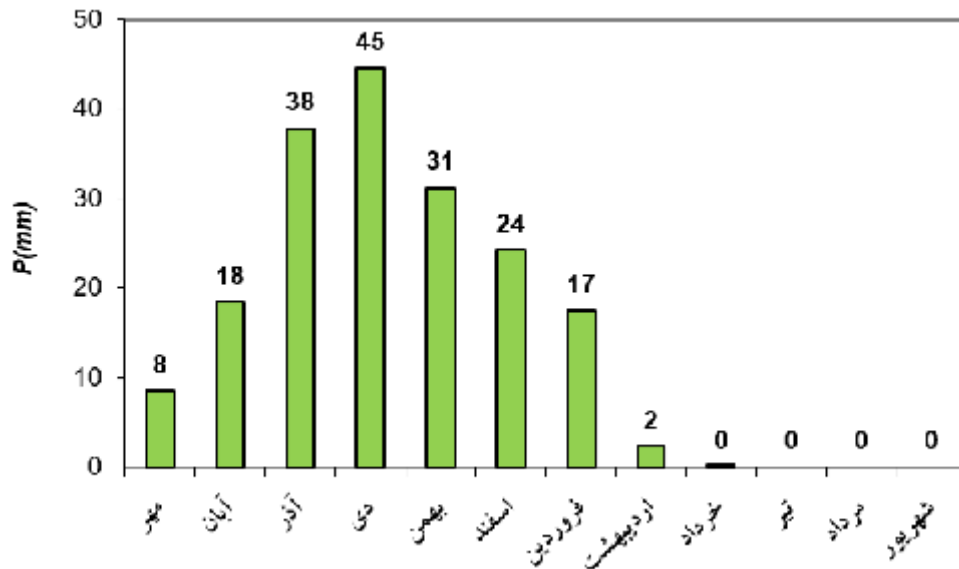
شکل ۷-۳: تغییرات بارش متوسط ماهیانه ایستگاه بارانسنجی عبدالخان



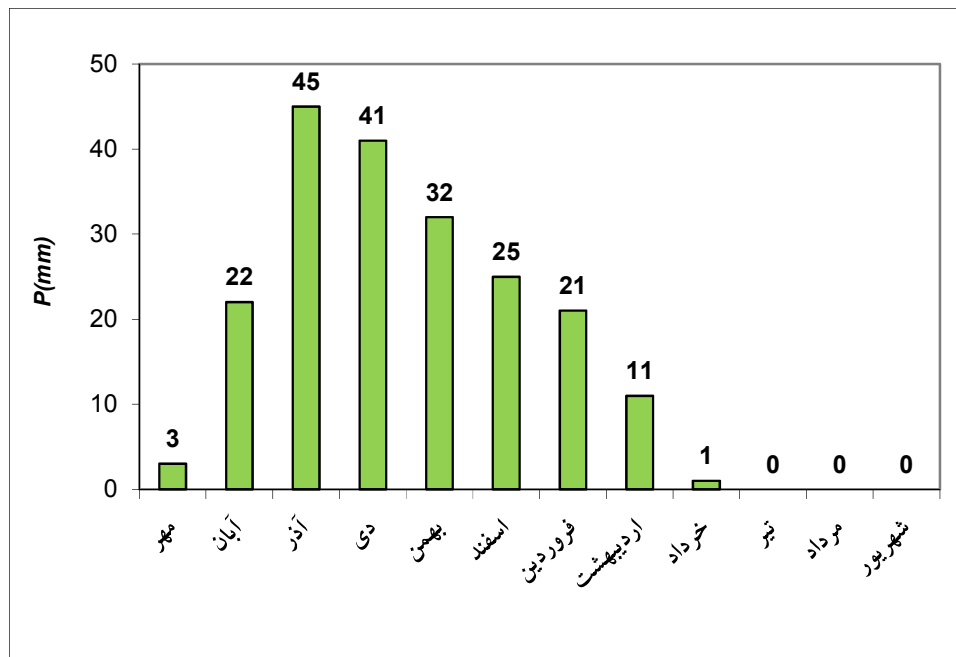
شکل ۴-۷: تغییرات بارش متوسط ماهیانه ایستگاه بارانسنجی حمیدیه



شکل ۵-۷: تغییرات بارش متوسط ماهیانه ایستگاه بارانسنجی یزد نو



شکل ۷-۶: تغییرات بارش متوسط ماهیانه ایستگاه بارانسنجی بستان



شکل ۷-۷: تغییرات بارش متوسط ماهیانه تالاب هورالعظیم

۷-۱-۳-دما و تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه مورد مطالعه

درجه حرارت یکی از شاخص‌های مهم اقلیمی است که در ایستگاه‌های هواشناسی بصورت دو بار در روز قرائت و ثبت می‌گردد. علاوه بر آن درجه حرارت حداکثر و حداقل حادث شده در همان روز نیز ثبت می‌شود. همانگونه که بند پیش اشاره شد برای مشخص شدن وضعیت درجه حرارت سالانه محدوده مورد مطالعه از ایستگاه هواشناسی در منطقه مورد مطالعه و اطراف

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

گستره تالاب استفاده شد. در جدول ۷-۱۲ تا جدول ۷-۱۲ تا جدول ۷-۱۵ درجه حرارت متوسط ماهیانه، فصلی و سری سالانه تعدادی از ایستگاه‌های مورد مطالعه منعکس شده است. همانگونه که در جداول فوق الذکر ملاحظه می‌شود شرایط دمایی و حرارتی منطقه یکسان است به نحوی که متوسط درجه حرارت سالانه در منطقه حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار آن کمتر از یک درجه سانتی‌گراد است. منطقه مورد مطالعه تغییرات ارتفاعی و به تبع آن تغییرات دمایی ناچیز می‌باشد. به طور معمول گرادیان دمایی منفی ۰/۶ درجه سانتی‌گراد در هر ۱۰۰ متر ارتفاعی می‌باشد، از آنجایی تغییرات ارتفاعی در منطقه مورد مطالعه کم است به تبع آن گرادیان دمایی نیز ناچیز است. با این حساب متوسط درجه حرارت سالانه ۲۵/۱ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار آن کمتر از یک درجه سانتی‌گراد برآورد گردید. به منظور تهیه الگوی زمانی دمای ماهیانه از الگوی دمایی متوسط ایستگاه هواشناسی مجاور کمک گرفته شد. دمای متوسط ماهیانه گستره تالاب هور العظیم در شکل ۷-۸ نشان داده شد. دمای ماهیانه از حدود ۱۲ درجه سانتی‌گراد در دی ماه تا حدود ۳۷ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه تغییر می‌کند. اضافه می‌شود که درجه حرارت مطلق دما (به صورت لحظه‌ای) به ۵۳ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد و ارقام آرایه شده متوسط ماهیانه می‌باشند.

تبخیر و تعرق پتانسیل معمولاً در مسائل بیلان و برنامه‌ریزی منابع آب به ویژه برای گستره سطح تالاب هورالعظیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و تعیین و تخمین میزان آن ضروری می‌باشد. نرخ تبخیر و تعرق از سطح مرجع، در شرایط بدون کمبود آب، تبخیر و تعرق سطحی مرجع یا تبخیر و تعرق مرجع (ET_{pot}^o) نامیده می‌شود. سطح مرجع سطح پوشیده شده از چمن فرضی با خصوصیات ویژه است. (که البته در میادین نفتی غرب کارون نیزار وجود دارد)

جدول ۷-۱۲: دمای متوسط ماهانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری ایستگاه هواشناسی اهواز (درجه سانتی
گراد)

پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
متوسط	29.1	22.0	15.4	12.4	13.4	17.3	22.5	28.9	34.4	36.7	37.1	34.1	25.3
حداکثر	31.9	24.5	19.0	16.7	16.7	20.4	25.8	31.7	36.4	39.0	39.7	36.2	27.1
حداقل	25.4	19.6	12.1	8.4	10.0	13.3	19.1	25.1	31.3	34.5	35.1	31.8	23.5
انحراف معیار	1.3	1.1	1.6	1.8	1.7	1.5	1.5	1.4	1.1	1.1	1.3	1.0	0.9
ضریب تغییرات	5	5	10	15	12	9	7	5	3	3	3	3	3
متوسط فصلی	22			14			29			36.0			---

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۷-۱۳: دمای متوسط ماهانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری ایستگاه هواشناسی عبدالخان (درجه)

سانتی گراد)

پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
متوسط	28.1	21.6	15.0	12.2	12.9	16.4	21.4	28.1	33.7	36.3	36.6	33.3	24.6
حداکثر	30.4	26.5	21.2	15.4	16.9	20.0	24.8	31.5	36.5	38.2	38.3	36.0	26.5
حداقل	25.1	18.6	11.6	8.1	9.9	11.9	18.1	24.3	31.3	34.7	33.2	31.3	23.1
انحراف معیار	1.3	1.6	1.9	2.0	1.6	1.8	1.5	1.6	1.2	0.9	1.0	1.0	0.8
ضریب تغییرات	5	7	13	16	13	11	7	6	3	3	3	3	3
متوسط فصلی	22			14			28			35.4			---

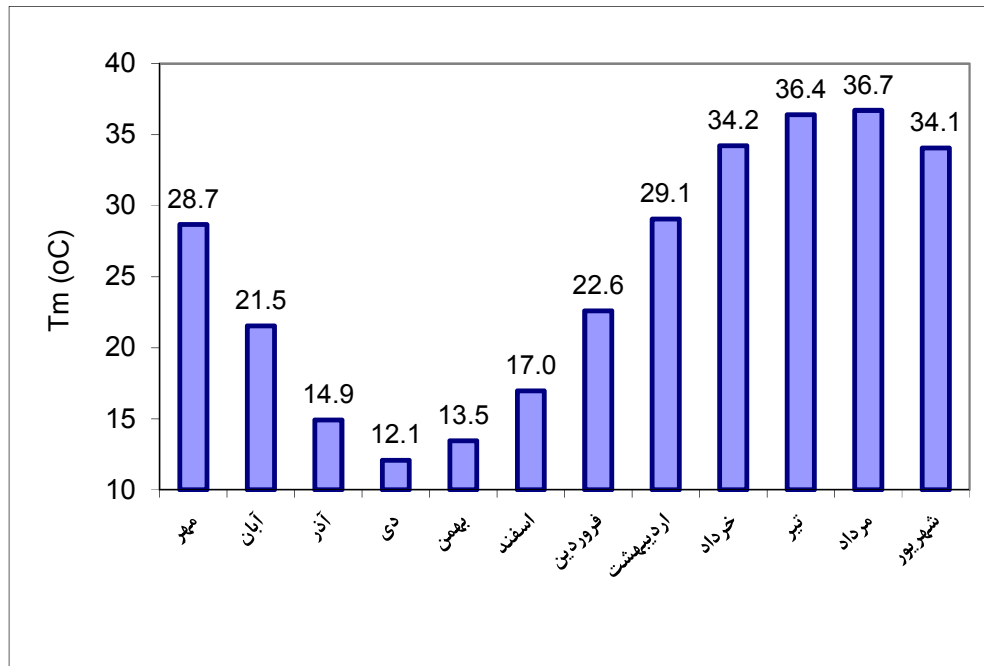
جدول ۷-۱۴: دمای متوسط ماهانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری ایستگاه هواشناسی حمیدیه (درجه)

سانتی گراد)

پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
متوسط	29.1	21.7	14.9	12.2	13.3	17.1	22.2	28.9	33.8	36.0	36.6	33.8	25.0
حداکثر	31.4	24.5	18.6	16.3	16.0	21.0	25.3	31.4	36.5	38.5	39.3	37.0	26.9
حداقل	25.5	13.4	11.4	8.9	10.9	13.9	19.4	24.4	28.8	29.5	30.1	29.6	22.2
انحراف معیار	1.4	2.0	1.8	1.8	1.5	1.8	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	1.9	1.2
ضریب تغییرات	5	9	12	15	11	10	7	6	6	5	6	6	5
متوسط فصلی	22			14			28			35.5			---

جدول ۷-۱۵: پارامترهای پنجگانه دمای ماهانه ایستگاه هواشناسی اهواز (درجه سانتی گراد)

پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
حداکثر مطلق	46.0	38.6	31.0	28.0	29.0	36.6	42.2	47.0	49.8	54.0	51.6	50.4	54.0
متوسط حداکثر	38.1	29.3	21.3	17.6	18.9	23.6	29.5	36.7	43.4	45.9	46.2	43.6	32.8
متوسط	29.1	22.0	15.4	12.4	13.4	17.3	22.5	28.9	34.4	36.7	37.1	34.1	25.3
متوسط حداقل	20.1	14.8	9.4	7.3	8.0	11.0	15.5	21.1	25.3	27.4	28.0	24.6	17.7
حداقل مطلق	8.0	2.0	-1.0	-7.0	-6.0	-1.0	6.0	12.0	15.0	19.0	18.0	17.0	-7.0



شکل ۷-۸: مقادیر متوسط دمای ماهانه گستره تالاب هور العظیم

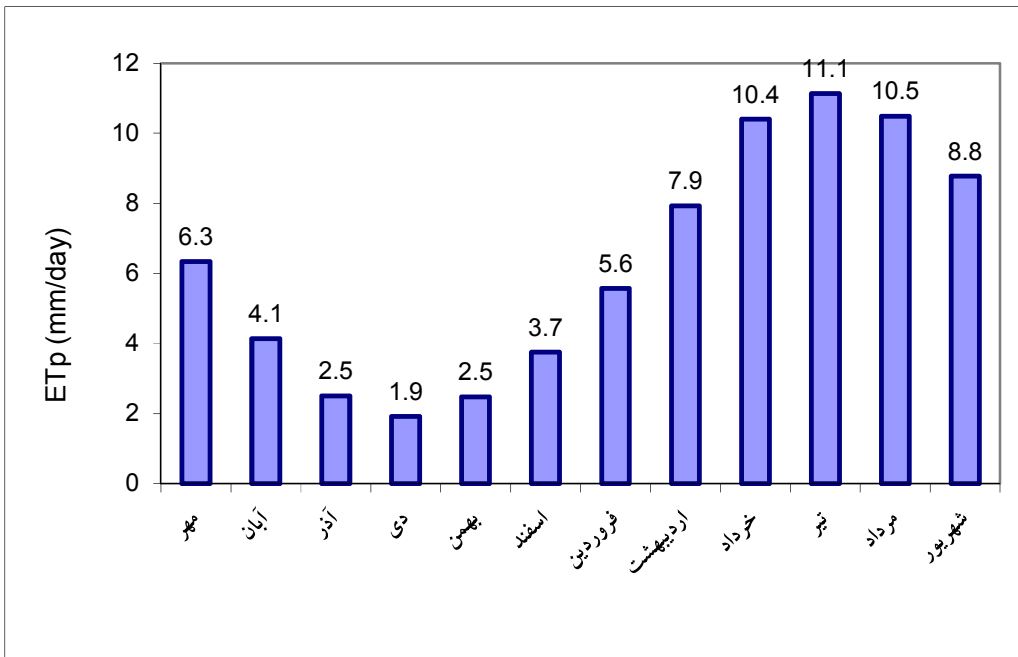
در این مطالعه تبخیر و تعرق پتانسیل در ایستگاه‌های مورد مطالعه و گستره تالاب با استفاده از نرم افزار *CropWat* و رابطه پنمن-مانتیس محاسبه و در جدول ۷-۱۶ تا جدول ۷-۱۷ و شکل ۷-۹ تا شکل ۷-۱۰ منعکس شده است. تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه در ایستگاه‌ها مورد مطالعه بین ۲۲۰۰ تا ۲۴۵۰ میلی متر و گستره تالاب سالانه ۲۳۰۰ میلی متر می‌باشد؛ ضمناً شدت تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه برای گستره تالاب حدود ۶/۳ میلی متر در روز است.

جدول ۷-۱۶: مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه و سالانه ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

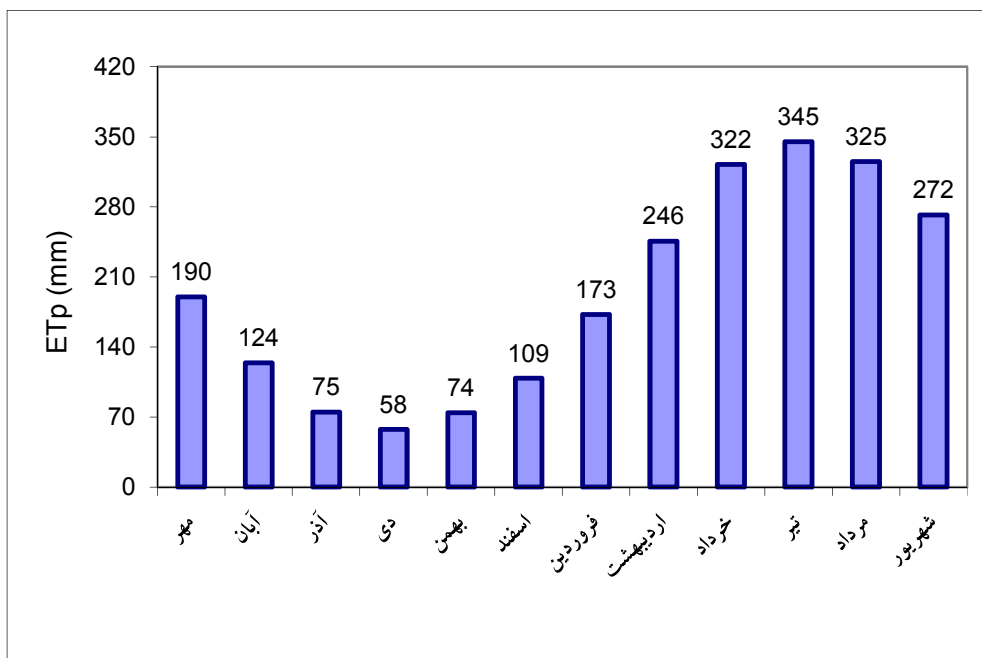
ایستگاه / زمان	اهواز	عبدالخان	حمیدیه	بستان	اهواز	عبدالخان	حمیدیه	بستان
	شدت تبخیر میلی متر در روز				میزان تبخیر میلی متر			
مهر	6.2	6.3	5.9	6.9	185	188	177	208
آبان	4.0	4.3	3.8	4.6	119	128	115	138
آذر	2.4	2.7	2.4	2.7	71	82	73	80
دی	1.9	2.0	2.0	1.9	56	61	59	58
بهمن	2.4	2.4	2.5	2.6	72	72	74	77
اسفند	3.7	3.5	3.7	3.8	107	102	108	111
فروردین	5.5	5.2	5.4	5.8	171	162	169	179
اردیبهشت	7.9	7.3	7.6	8.3	244	226	236	257
خرداد	10.4	9.7	9.9	10.9	324	299	307	337
تیر	11.1	10.6	10.5	11.8	343	328	327	365
مرداد	10.2	10.2	9.8	11.4	317	316	305	352
شهریور	8.5	8.6	8.2	9.5	265	266	255	295
سالانه	6.2	6.1	6.0	6.7	2273	2230	2204	2458

جدول ۷-۱۷: مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه و سالانه گستره تالاب

زمان / واحد	mm/day	mm	زمان / واحد	mm/day	mm
مهر	6.3	190	فروردین	5.6	173
آبان	4.1	124	اردیبهشت	7.9	246
آذر	2.5	75	خرداد	10.4	322
دی	1.9	58	تیر	11.1	345
بهمن	2.5	74	مرداد	10.5	325
اسفند	3.7	109	شهریور	8.8	272
-	-	-	سالانه	6.3	2313



شکل ۷-۱۸: مقادیر شدت تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه گستره تالاب



شکل ۷-۱۹: مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه گستره تالاب

۷-۱-۴- باد منطقه مورد مطالعه

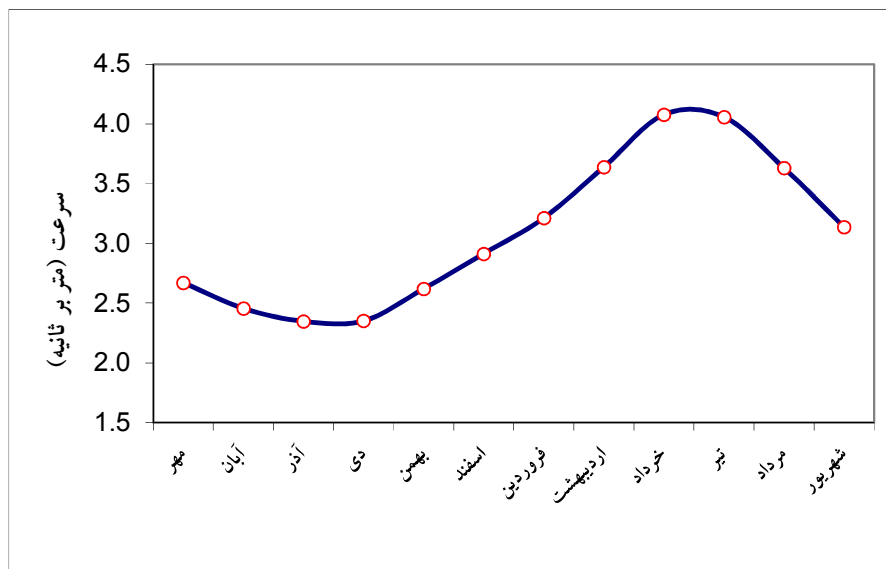
باد یک پارامتر برداری است که در هر نقطه از کره زمین به عوامل متفاوتی بستگی دارد. باد که از اختلاف فشار بین واحدهای هم فشار مجاور حاصل می‌شود، از عوامل برقراری تعادل در سطح کره زمین به شمار می‌آید. البته پاره‌ای از بادهای در مقیاسی

منطقه‌ای عمل می‌نمایند و پاره‌ای دیگر با توجه به شرایط محلی ایجاد شده، مناطق پیرامون خود را تحت تأثیر قرار می‌دهند. وجود ناهمواری‌های سطح زمین، چگونگی توزیع انرژی تابشی، جهت گسترش ارتفاعات، فیزیوگرافی منطقه‌ای، واکنش منابع گرمایی روی کره زمین و تاسیسات ساخت بشر، نقش قابل توجهی در هدایت بادها دارند. به نحوی که حرکت هوا را تحت تأثیر خود قرار داده، میزان و جهت سرعت باد در سطوح مختلف را متفاوت می‌سازند. در شبکه بادسنجی و هواشناسی کشور معمولاً فقط سرعت متوسط باد و جهت غالب وزش باد محاسبه و اندازه‌گیری می‌شود اما در ایستگاه‌های تباخیرسنجی فقط به اندازه‌گیری و محاسبه سرعت متوسط باد روزانه (بدون توجه به جهت آن) اکتفا می‌شود. همچنین در شبکه بادسنجی و هواشناسی کشور، سه ارتفاع برای سنجش باد مورد گزینش قرار گرفته است. به نحوی که در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک، بادسنج‌ها در ارتفاعات دومتری و ده متری نصب می‌شوند اما در ایستگاه‌های تباخیرسنجی، بادسنج در ارتفاع ۰/۵ متری و در کنار تشتک تباخیر نصب می‌شود. سرعت باد به وسیله دستگاهی به نام آنیمومتر (Anemometer) یا بادسنج، اندازه‌گیری می‌شود واحدهای مختلفی برای اندازه‌گیری سرعت باد به کار می‌روند که عبارتند از متر بر ثانیه، مایل بر ساعت (که معادل یک گره و یا Knot بوده و حدود ۰/۵۱ متر بر ثانیه است) و در مورد بادهای شدید و طوفان‌ها واحد کیلومتر بر ساعت نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای دست یابی به سرعت باد (در ارتفاع دو متری) در محدوده مورد مطالعه از اطلاعات موجود سینوپتیک بستان در مجاورت محدوده مورد نظر در دراز مدت استفاده شده است. خلاصه نتایج سرعت متوسط باد در جدول ۷-۱۸ و شکل ۷-۱۱ منعکس شده است. همانگونه که در جدول و شکل مورد بحث ملاحظه می‌شود سرعت متوسط ماهیانه باد در ایستگاه هواشناسی بستان از ۲/۳ متر بر ثانیه در آذر ماه تا ۴/۱ متر بر ثانیه در خرداد ماه تغییر می‌کند. انحراف معیار سرعت متوسط ماه‌های مختلف به هم نزدیک و حدود ۰/۷ متر بر ثانیه و ضریب تغییرات باد ماهیانه بین ۱۹ تا ۲۱ و به طور متوسط ۲۰ درصد است. متوسط سرعت حداکثر باد لحظه‌ای سالانه در ایستگاه هواشناسی بستان حدود ۱۹ متر بر ثانیه است. نتایج تحلیل سطوح در احتمال و دوره بازگشت مختلف سرعت حداکثر باد لحظه‌ای در جدول ۷-۱۹ نشان داده شد. ملاحظه می‌شود که در ایستگاه هواشناسی بستان سرعت حداکثر باد لحظه‌ای برای دوره بازگشت مختلف ۲ تا ۱۰۰ ساله بین ۱۹ تا ۵۵/۷ متر بر ثانیه می‌باشد.

همانگونه که قبلاً اشاره شد در مورد مطالعه باد به عنوان یک عامل آب و هوایی، سرعت و جهت آن مد نظر قرار می‌گیرد. جهت، محل وزش باد است که برای بادهای سطحی همیشه با یکی از واژه‌های مربوط به جهت‌های هشت گانه (شمال، شمال شرق، شرق، شرق و...) بیان می‌شود. معمولاً "مقادیر اندازه‌گیری شده سرعت و جهت باد را توسط گلباد (*Wind Rose*) نشان داده می‌شود که از روی محاسبه دفعات وقوع سرعت‌های مختلف تهیه می‌گردد. گلباد منطقه (ایستگاه سینوپتیک بستان) در شکل ۷-۱۲ نمایش داده شده است. باد غالب بطور کلی غربی می‌باشد.

جدول ۷-۱۸: سرعت متوسط باد در ایستگاه هواشناسی بستان

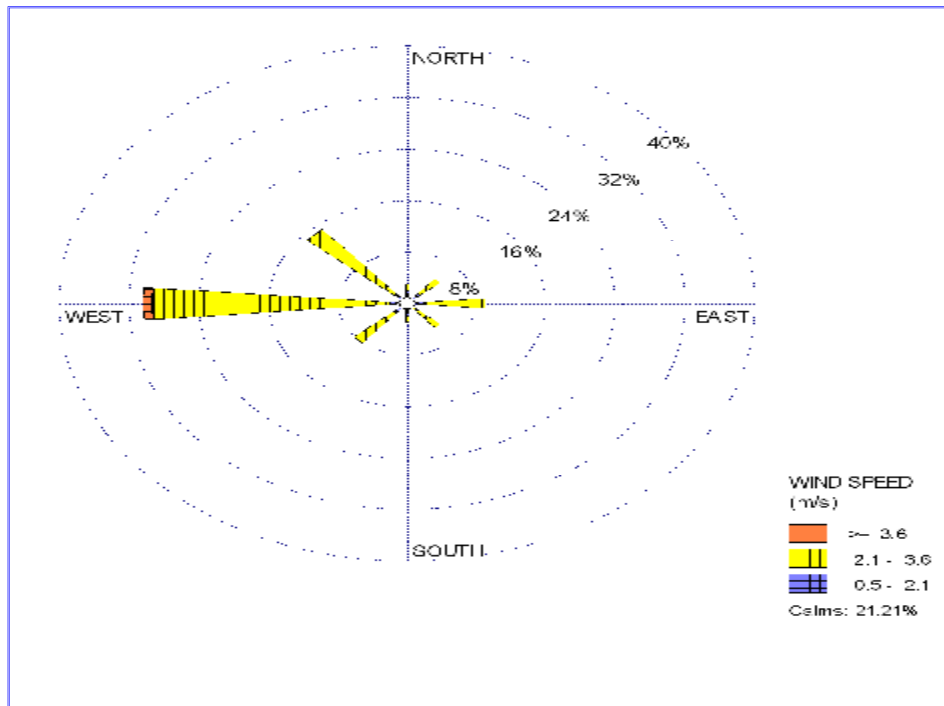
ماه	سرعت (متر بر ثانیه)	ماه	سرعت (متر بر ثانیه)
مهر	2.7	فروردین	3.2
آبان	2.5	اردیبهشت	3.6
آذر	2.3	خرداد	4.1
دی	2.4	تیر	4.1
بهمن	2.6	مرداد	3.6
اسفند	2.9	شهریور	3.1
سالانه		3.4	



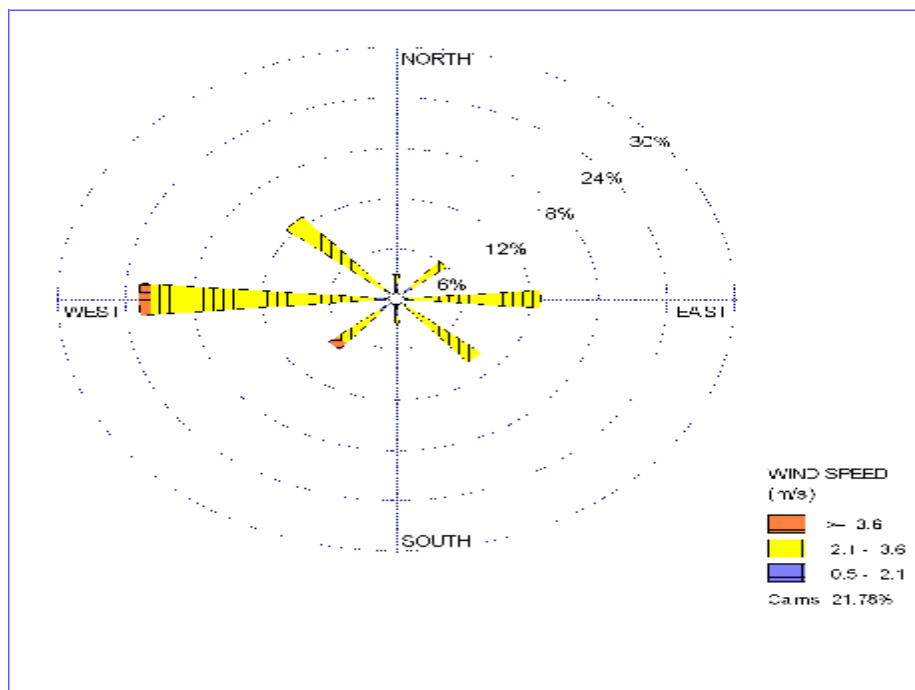
شکل ۷-۱۱: سرعت متوسط باد در ایستگاه هواشناسی بستان

جدول ۷-۱۹: دوره بازگشت‌های مختلف حداکثر لحظه‌ای سرعت باد در ایستگاه هواشناسی بستان

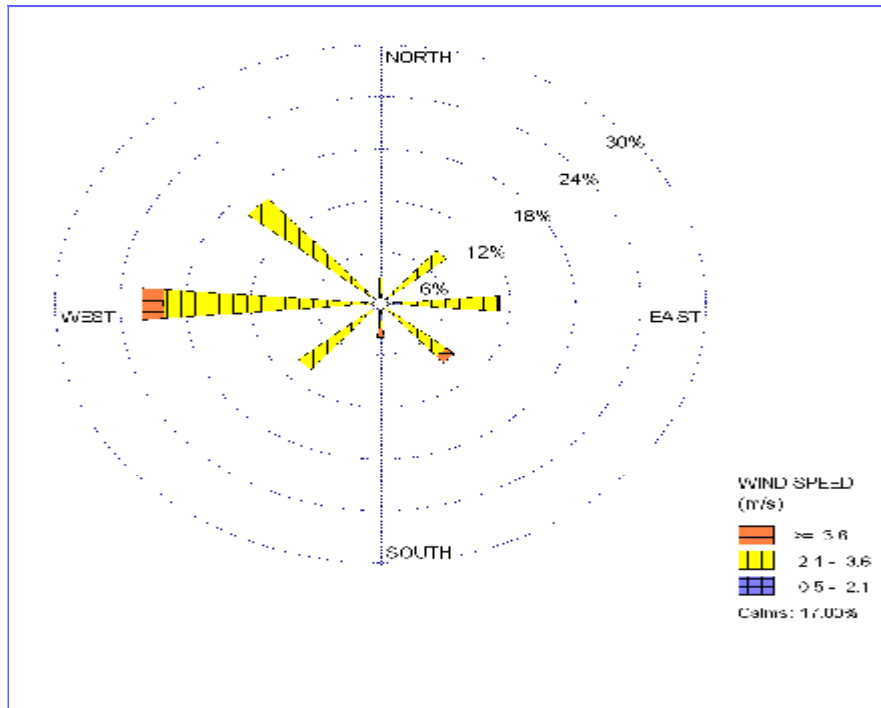
سرعت متر بر ثانیه	دوره بازگشت سال	سرعت متر بر ثانیه	دوره بازگشت سال
41.7	25	19.0	2
48.5	50	27.2	5
55.7	100	33.3	10
-	-	39.6	20



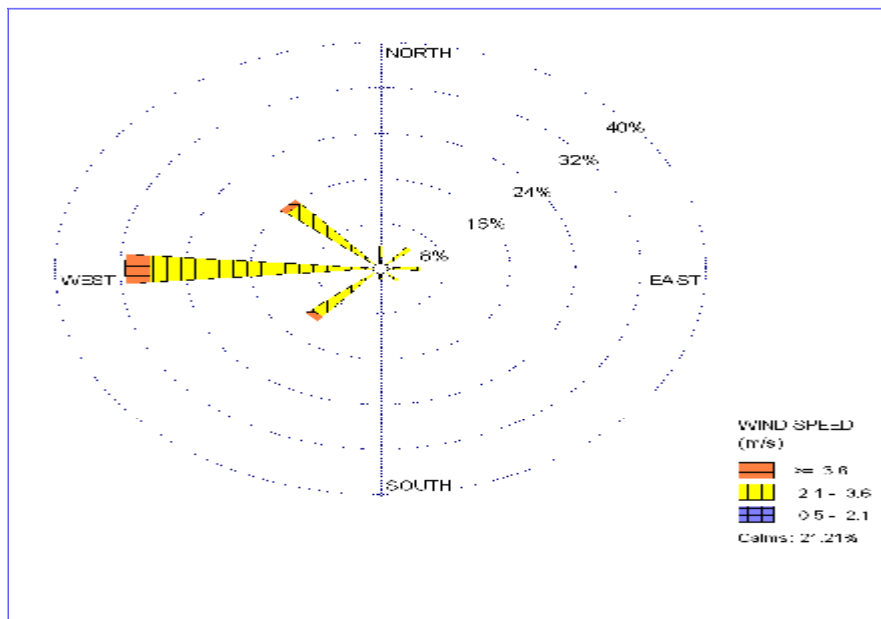
شکل ۷-۱۲: گلباد سالانه در ایستگاه هواشناسی بستان



شکل ۷-۱۲-الف: گلباد ماه مارس در ایستگاه هواشناسی بستان



شکل ۷-۱۲-ب: گلباد ماه آوریل در ایستگاه هواشناسی بوستان



شکل ۷-۱۲-ج: گلباد ماه می در ایستگاه هواشناسی بوستان

۷-۲- اقلیم منطقه مورد مطالعه

در بررسی‌ها و مطالعات هواشناسی مشخص کردن اقلیم حوضه آبریز و یا محدوده مورد مطالعه از اهمیت برخوردار است. اقلیم نتیجه تاثیر توأم پدیده‌های هواشناسی است و حالت متوسط اتمسفر را در یک نقطه دلخواه به دست می‌دهد. فرمول‌های اقلیمی تابعی از دو یا چند پارامتر مهم هواشناسی بوده که با جایگزینی در این توابع ضرایب اقلیمی بدست می‌آید و این ضرایب اساس طبقه بندی قرار می‌گیرند. در این مطالعه به منظور تعیین نوع اقلیم محدوده از میان روش‌های موجود و متداول از روش ضریب خشکی دومارتن و همچنین از ترسیم منحنی آمبروترمیک استفاده شده است. در ادامه این گزارش به شرح روش و تعیین آن‌ها پرداخته می‌شود.

الف) روش دومارتن

در روش دومارتن بین درجه حرارت و میزان بارندگی رابطه تجربی زیر برقرار است.

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

که در آن :

I - ضریب خشکی

T - متوسط درجه حرارت سالانه به سانتی گراد،

P - متوسط بارندگی سالانه به میلی متر

براین اساس ۸ نوع اقلیم برای این روش قابل تشخیص هستند. (جدول ۷-۲)

- ضریب اقلیمی دومارتن برای منطقه مورد مطالعه با متوسط بارش سالانه ۲۰۱ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۲۵/۱

$$I = 5/73 \quad \text{درجه سانتی‌گراد}$$

با توجه به ضرایب بدست آمده و ملاحظات فوق اقلیم محدوده مورد مطالعه یعنی گستره تالاب هورالعظیم با استفاده از اقلیم

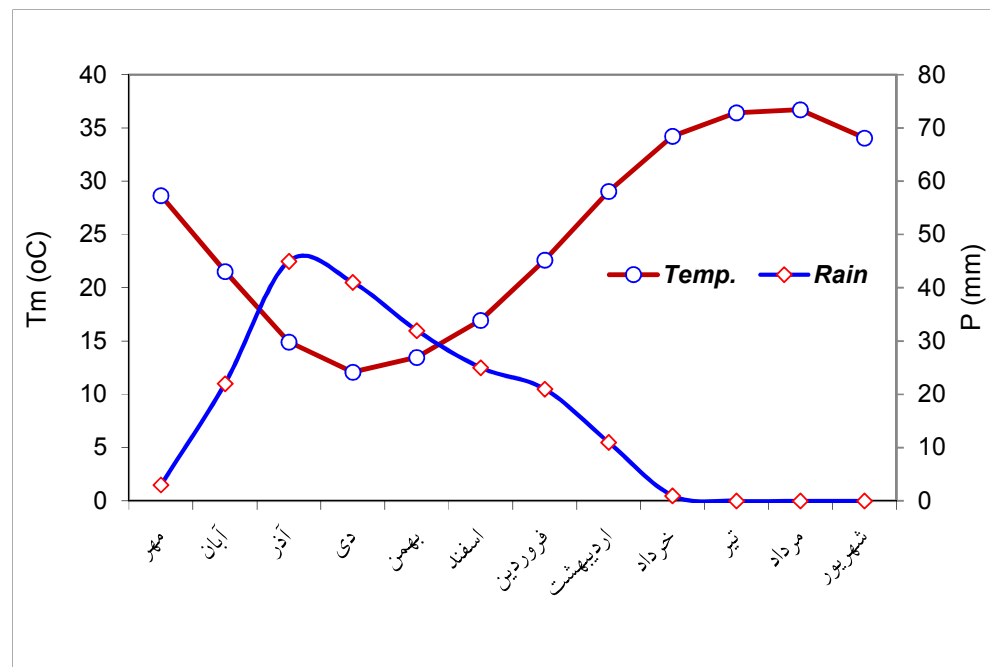
نمای دومارتن در محدوده خشک تعیین می‌گردد.

جدول ۷-۲: محدوده‌های شاخص اقلیمی به روش دومارتن

ردیف	نوع اقلیم $I-I$	ضریب خشکی
1	فرا خشک	0-5
2	خشک	5-10
3	نیمه‌خشک	10-20
4	مدیترانه‌ای	20-24
5	نیمه مرطوب	24-28
6	مرطوب	28-35
7	خیلی مرطوب - نوع الف	35-55
8	خیلی مرطوب - نوع ب	55>

ب) منحنی آمبروترمیک

با وجود آمار بارندگی و درجه حرارت متوسط ماهانه می‌توان منحنی آمبروترمیک را تهیه کرد. به این منظور بر روی دستگاه محور مختصات در روی محور افقی نام ماه‌های سال آبی و در روی محور عمودی سمت راست مقادیر بارندگی و روی محور عمودی سمت چپ مقادیر درجه حرارت قرار داده می‌شود. سعی می‌شود درجه بندی محورهای قائم به نحوی است که عدد مربوط به تقسیمات بارندگی (برحسب میلی‌متر) دو برابر عدد مربوط به درجه حرارت (بر حسب سانتی‌گراد) در نظر گرفته می‌شود. مثلاً در مقابل عدد ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باید عدد ۲۰ میلی‌متر قرار گرفته باشد. بدین ترتیب دو منحنی یکی برای بارندگی و دیگری برای حرارت به دست می‌آید که در اغلب مناطق معتدل و مدیترانه‌ای در ماه‌های گرم سال منحنی بارندگی در زیر منحنی دما قرار می‌گیرد که مطابق با فصل خشک منطقه است. در شکل ۷-۱۳ منحنی آمبروترمیک منطقه مورد مطالعه (گستره تالاب هورالعظیم) نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۳: منحنی آمبروترمیک گستره تالاب هورالعظیم

مطابق این شکل از دهه آخر آذر تا اوایل دهه اسفند ماه دوره مرطوب و سایر ماه‌ها دوره خشک را در طول سال شامل می‌شوند. به عبارتی حدود ۸۰ روز معادل ۲۲ درصد روزهای سال دوره مرطوب و مابقی دوره خشک است.

۷-۳- مطالعات رسوب

در مطالعه حاضر با توجه به اهداف آن از آمار و اطلاعات جریان آب و رسوب مشاهده شده در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه بر روی رودخانه کرخه استفاده شده است. یاد آور می‌شود که ایستگاه هیدرومتری حمیدیه از مهم ترین، قدیمی ترین و معتبر ترین ایستگاه‌های هیدرومتری کشور است، لیکن ثبت مشاهدات رسوب معلق ۱۰ سال بعد ثبت جریان شروع شده بود. این ایستگاه

مناسبتین ایستگاه آب سنجی جهت برآورد رسوب در منطقه طرح تشخیص و تعدیلات جزئی به منظور انتقال نتایج آن به منطقه طرح انجام شد. سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ بدلیل پر آب و سیلابی بودن به صورت ویژه در بخش رسوب نیز بحث می شود.

۷-۳-۱- مبانی برآورد بار رسوب معلق

تجربیات و مطالعات مختلفی که توسط منابع علمی مختلف از جمله اداره عمران اراضی آمریکا (*USBR*) انجام شد به این نتیجه انجامید که بین دبی جریان و دبی مواد معلق رابطه زیر می تواند برقرار شود.

$$Q_s = \alpha * Q_w^b$$

در این رابطه Q_s تناژ رسوب بر حسب تن در روز، Q_w دبی جریان بر حسب مترمکعب بر ثانیه و α و b مقادیر ثابت هستند. معادله فوق در واقع تابع حاصل از رگرسیون خطی بین دبی آب و دبی مواد معلق می باشد، معمولاً میانگین مقادیری که از رابطه دبی آب - دبی رسوب به دست می آید کمتر از میانگین مقادیر مشاهده شده است. بر مبنای ملاحظات فوق سازمان خواربار جهانی فائو برای تعدیل ارقام به دست آمده و نزدیک شدن نتایج حاصل از رابطه فوق به واقعیت، استفاده از ضریب α' به جای ضریب α را به صورت زیر توصیه کرده است.

$$\alpha' = \frac{\bar{Q}_s}{(\bar{Q}_w)^b}$$

که در آن، \bar{Q}_s میانگین دبی رسوب مشاهده شده در طول دوره آماری بر حسب تن در روز، \bar{Q}_w میانگین دبی آب مشاهده شده در طول دوره آماری بر حسب مترمکعب در ثانیه و b نمای معادله موسوم به (*USBR*) می باشد. بر اساس رابطه دبی آب - دبی رسوب به صورت زیر تعدیل می گردد:

$$Q_s = \alpha' Q_w^b$$

وجود داده های استثنایی با مقادیر رسوب زیاد در زوج متناظر دبی آب - دبی رسوب تأثیر زیادی روی افزایش ضریب α' به وجود می آورند. زیرا در رابطه اصلاحی تغییرات مخرج کسر به مراتب محدودتر از صورت کسر است که این امر از نقاط ضعف روش اصلاحی *FAO* می باشد. این بدین معنا است که رابطه فائو میزان بار رسوب معلق محاسبه شده را بیشتر از مقدار مشاهداتی نشان می دهد که این از نقاط ضعف روش اخیر قلمداد می شود. با توجه به این که روش اول میانگین مقادیر رسوب را کمتر از میانگین مقادیر مشاهداتی برآورد می نماید و در روش فائو میانگین مقادیر رسوب بیشتر از میانگین مقادیر مشاهداتی است، معمولاً مهندسیین با علم به این موضوع نسبت به تعدیل های کارشناسی بر اساس شاخص "نسبت اختلاف" انجام می دهند.

ارزیابی روابط متداول و معمول *USBR*، و روش اصلاحی *FAO* بر مبنای شاخص R تحت عنوان "نسبت اختلاف" صورت گرفت. مقدار R عبارت است از نسبت میزان بار معلق که از روابط یاد شده بدست می آید به مقدار بار معلق که عملاً اندازه گیری شده است. واضح می باشد که هر چه مقدار R به عدد یک نزدیک تر باشد نشان دهنده دقت آن در رابطه است. به منظور محاسبه بار رسوب معلق با استفاده از کلاسه بندی دبی جریان و تعیین فراوانی و احتمال وقوع هر دبی در هر یک از کلاسه ها می توان به ازای هر احتمال یک دبی متناظر به دست آورد که از قرار دادن آن در رابطه دبی - رسوب متناظر، تناژ یا حجم رسوب سالانه معلق در هر ایستگاه قابل محاسبه می باشد.

رودخانه کرخه یکی از پر آب‌ترین رودخانه کشور به شمار می‌رود و بالطبع قدرت انتقال و حمل رسوب آن نیز بالا می‌باشد. در مطالعه حاضر از آمار دبی آب و رسوب مشاهداتی ایستگاه‌های هیدرومتری حمیدیه واقع بر روی این رودخانه و در بالادست منطقه طرح استفاده گردید. با داشتن آمار جریان در مقیاس روزانه و با استفاده از منحنی‌های دبی آب - رسوب مشاهده شده در طول دوره آماری، بار رسوب معلق قابل محاسبه است. این کار برای ایستگاه‌های هیدرومتری حمیدیه در طول آمار، سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ و برای واقعه سیلاب فروردین ۱۳۹۸ به مدت ۷۲ روز محاسبه گردید.

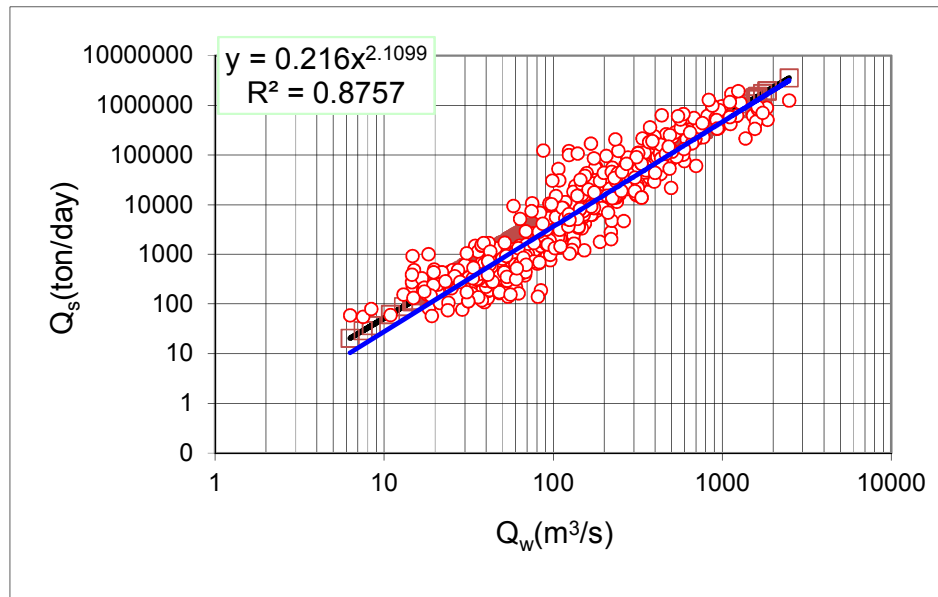
۷-۳-۲- بار رسوبی بستر و کل

به منظور برآورد مقدار بار رسوب بستر می‌توان از نسبت بار بستر به معلق (K) بهره جست، بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که مقدار این نسبت در مناطق کوهستانی در رودخانه‌ها با شیب زیاد بیشتر بوده و در نواحی جلگه‌ای که دارای شیب کمتری هستند نسبت آن به میزان محسوسی کاهش می‌یابد. مطابق بررسی‌های انجام شده توسط کاراشف نسبت بار بستر به بار معلق در رودخانه‌های روسیه بسته به شرایط توپوگرافی متفاوت است. مطابق مطالعه مذکور نسبت K برای رودخانه‌ها در مناطق کوهستانی با شیب نسبی ۲ درصد بین ۳۰ تا ۵۰ درصد متغیر بوده است و برای رودخانه‌های در مناطق جلگه با شیب کمتر از ۰/۲ درصد بین ۵ - ۱ درصد می‌باشد در رودخانه‌های ایران بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که روند تغییرات K نسبت به شیب رودخانه‌ها تا حدودی از نظریه کاراشف تبعیت می‌نماید. در ادامه برای محاسبه بار رسوبی بستر با استفاده از نموداری که بدین منظور برای رودخانه‌های کشور تهیه شده استفاده گردید؛ بدین ترتیب مقدار $k=0.05$ برآورد شده و در ادامه با استفاده از این نسبت بار رسوبی بستر محاسبه شد که بار کل از مجموع بار معلق و بار بستر حاصل می‌شود.

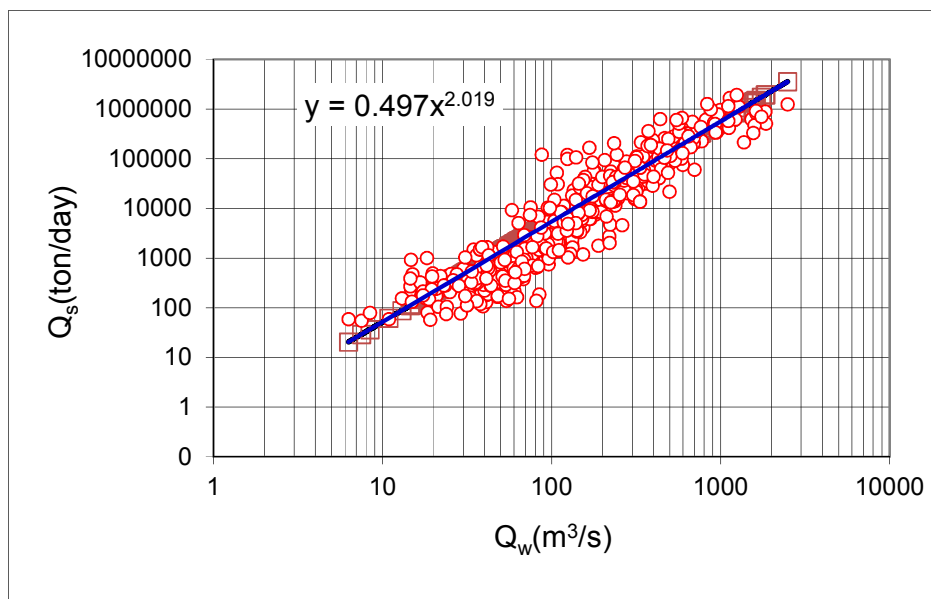
۷-۳-۳- روابط دبی آب - دبی رسوب و ارزیابی آن‌ها

منطقه طرح در پایین دست سد مخزنی کرخه واقع است، وجود این سد مقدار و رژیم جریان آب و رسوب را تغییر داده است. بر همین اساس در مطالعات حاضر میزان رسوب را طی دو دوره قبل و بعد از بهره‌برداری سد مخزنی کرخه برآورد شد تا استنتاجات لازم در این زمینه به صورت واقعی تری صورت پذیرد. طی دو دوره قبل و بعد از بهره‌برداری سد مخزنی کرخه جریان آب و رسوب نیز تغییر کرده است. سری زمانی جریان در دوره بعد از بهره‌برداری حتی با وقوع سیلاب تاریخی سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ نسبت به دوره اول کاهش داشته است. علاوه بر کاهش جریان، سیاست‌های بهره‌برداری با وجود سد نسبت به حالت طبیعی نیز دستخوش تغییرات شده است که همگی این ملاحظات در مطالعات حاضر لحاظ شده‌اند. منحنی‌ها و روابط دبی - رسوب معلق ایستگاه هیدرومتری حمیدیه برای دو دوره زمانی قبل و بعد از بهره‌برداری سد مخزنی کرخه و دو روش محاسباتی FAO و $USBR$ در شکل ۷-۱۴ و شکل ۷-۱۷ منعکس شده است. این روابط توسط شاخص R تحت یا "نسبت اختلاف" مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی انجام شده توسط داده‌های مشاهداتی نشان داد که این شاخص در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه برای روش $USBR$ برای دو دوره زمانی قبل و بعد از بهره‌برداری سد مخزنی کرخه کمتر از یک و به ترتیب برابر ۰/۴۷۷ و ۰/۶۰۴ می‌باشد. این موضوع بدین معنا است که در روش یاد شده فوق میزان بار رسوب محاسباتی کمتر از میزان مشاهداتی است. ارزیابی انجام شده نیز نشان داد که شاخص "نسبت اختلاف" در ایستگاه‌های مذکور برای دو دوره زمانی قبل و بعد از بهره‌برداری سد مخزنی کرخه برای روش اصلاحی FAO اندکی بیش‌تر از یک و به ترتیب برابر ۱/۰۹۹ و ۱/۱۱۷ می‌باشد. این موضوع بدین معنا است که در

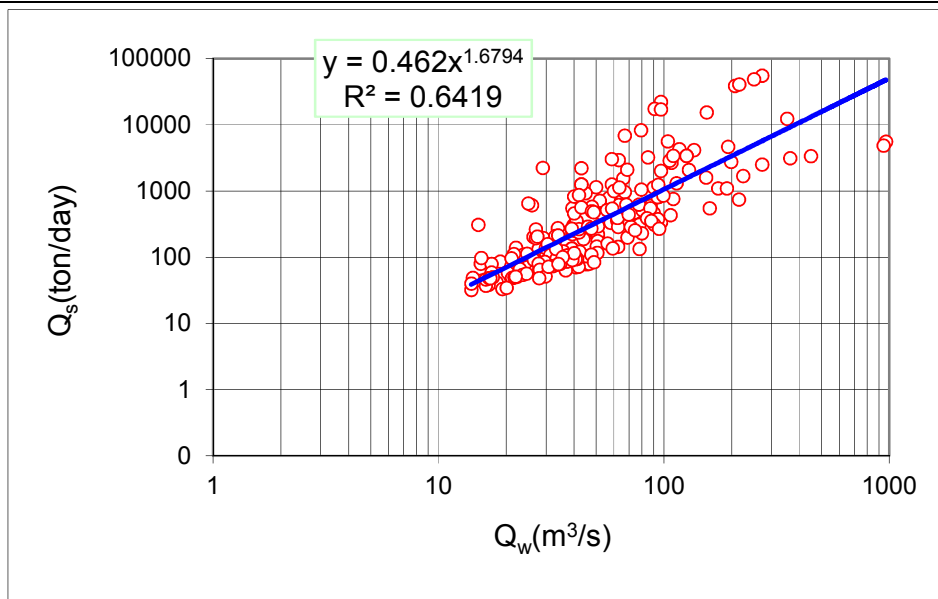
روش یاد شده فوق میزان بار رسوب محاسباتی را در نمونه اندکی بیش تر از میزان مشاهداتی نشان می دهد. از آنجایی که شاخص "نسبت اختلاف" در روش *FAO* به یک نزدیک است، نتایج این روش به عنوان یافته های مطالعات حاضر قلمداد می شوند.



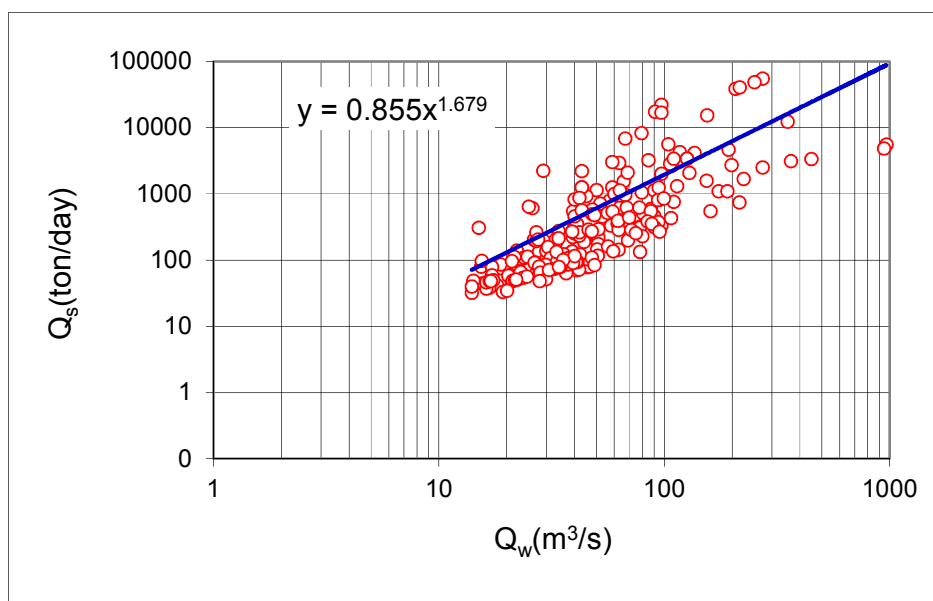
شکل ۷-۱۴: رابطه دبی آب - رسوب معلق ایستگاه هیدرومتری حمیدیه قبل از بهره برداری سد مخزنی کرخه و با روش USBR



شکل ۷-۱۵: رابطه دبی آب - رسوب معلق ایستگاه هیدرومتری حمیدیه قبل از بهره برداری سد مخزنی کرخه و با روش FAO



شکل ۷-۱۶: رابطه دبی آب - رسوب معلق ایستگاه هیدرومتری حمیدیه بعد از بهره برداری سد مخزنی کرخه و با روش USBR



شکل ۷-۱۷: رابطه دبی آب - رسوب معلق ایستگاه هیدرومتری حمیدیه بعد از بهره برداری سد مخزنی کرخه و با روش FAO

۷-۳-۴- برآورد بار رسوب (معلق، بستر و کل)

به منظور برآورد بار رسوب معلق رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه، دبی روزانه آن در طی طول دوره آماری توجه قرار گرفت سپس با استفاده از روابط مربوط به منحنی‌های شکل‌های ذیل و با بکارگیری دبی جریان در مقیاس روزانه، میزان بار رسوب معلق سال به سال محاسبه و سپس متوسط گیری شد. خلاصه نتایج برآورد بار رسوب معلق در ایستگاه هیدرومتری

حمیدیه بعد از بهره برداری سد کرخه در جدول ۷-۲۱ منعکس شده است. منطقه طرح تالاب هورالعظیم پایین دست ایستگاه هیدرومتری حمیدیه که مبنای محاسبات رسوب است، قرار دارد.

در فاصله بین ایستگاه هیدرومتری حمیدیه تا منطقه طرح زیر حوضه کوچک فاقد تولید رواناب، اندر کنش مسیر رودخانه، برداشت ها و مصرف آب وجود دارد. بررسی و تخمین این عوامل به لحاظ توصیفی و کمی با اعمال دبی های بیشتری به منحنی دبی آب - دبی رسوب؛ منجر به تخمین ضریبی برای برآورد میزان بار رسوب محل طرح نسبت به ایستگاه بالادست شد. برآیند عوامل یاد شده فوق در بار رسوب کلاً کاهشی و حدود ۱۸ درصد تخمین و در محاسبات اعمال شد. بار بستر معادل ۴ درصد بار معلق تخمین زده شد. برای تبدیل تناژ رسوب به حجم، وزن مخصوص رسوبات کل (معلق و بستر) به طور متوسط ۱/۲ تن در مترمکعب منظور شد. مقدار بده رسوب معلق روزانه به روش *USBR* طی دوره قبل از بهره برداری سد کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه به طور متوسط ۱۶ هزار تن در روز برآورد شده است. برای دوره بعد از بهره این رقم به حدود یک هزار تن در روز رسیده است. در روش *FAO* به طور متوسط ارقام یاد شده به ترتیب حدود ۳۷ و ۲ هزار تن در روز می باشند. همانگونه که قبلاً بحث شد بعد از بهره برداری سد کرخه دبی متوسط جریان آب در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه به از ۱۶۰ به ۶۷ متر مکعب بر ثانیه و مقدار بده رسوب معلق متوسط روزانه در این ایستگاه از ۳۷ به حدود ۲ تن در روز کاهش یافت. میزان کاهش بار رسوب پایین دست از اثر توأم کاهش دبی، وجود جسم سد و نیز سیاست بهره برداری سد مخزنی ناشی می شود (شکل ۷-۱۴ تا شکل ۷-۱۶ بخش قبل).

مقدار بده رسوب کل سالانه به روش *USBR* طی دوره قبل از بهره برداری سد کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه به طور متوسط ۶۱۸۰ هزار تن در روز برآورد شده است. برای دوره دوم یعنی بعد از بهره برداری سد این رقم به حدود ۳۸۴ هزار تن در روز رسیده است. در روش *FAO* ارقام یاد شده به ترتیب حدود ۱۴۲۱۹ و ۷۱۰ هزار تن در سال می باشند. از آنجایی در ارزیابی منحنی های دبی آب- دبی رسوب شاخص "نسبت اختلاف" ارجحیت روش *FAO* را نشان داد؛ بنابراین نتایج این روش طی دوره دوم (بعد از بهره برداری سد کرخه) به عنوان یافته های مطالعات حاضر قلمداد می شوند. با این حساب کل بار رسوبی رودخانه کرخه طی دوره بعد از بهره برداری سد به طور متوسط برابر ۰/۷۱۰ میلیون تن در سال می باشد. ضمناً متوسط بار رسوب کل رودخانه کرخه در محل طرح حدود ۰/۶۳۴ میلیون تن در سال برآورد شده است. حجم بار رسوبی رودخانه کرخه طی دوره بعد از بهره برداری سد کرخه در محل ایستگاه هیدرومتری حمیدیه به طور متوسط سالانه بالغ بر ۵۹۲ هزار مترمکعب می باشد. ضمناً حجم بار رسوب کل رودخانه کرخه در محل طرح به طور متوسط حدود ۵۲۸ هزار مترمکعب در سال برآورد شده است. این حجم در مقابل سطح تالاب ناچیز است اما محل ترسیب آن مهم می باشد.

جدول ۷-۲۱: خلاصه نتایج بار رسوب رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه بعد از بهره‌برداری سد کرخه

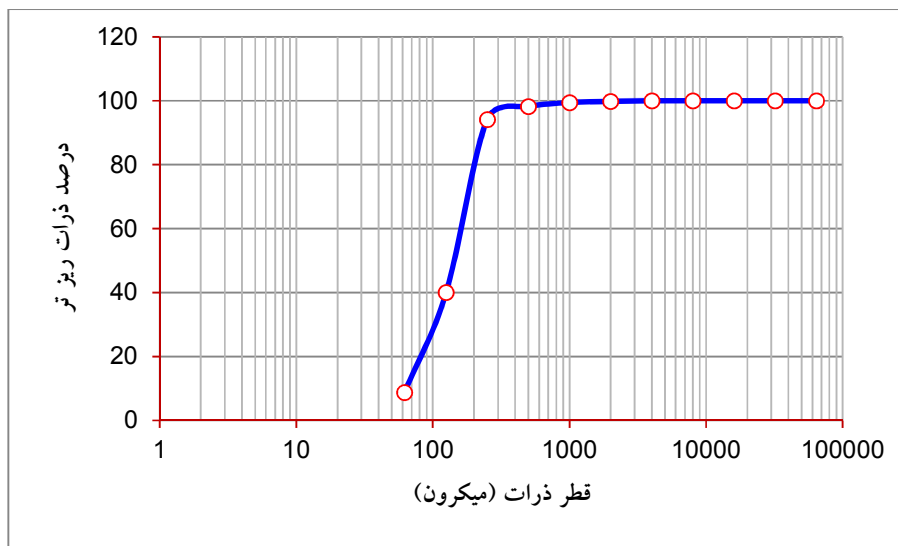
پارامتر / ایستگاه	روش	واحد	حمیدیه	تالاب هورالعظیم
بار معلق سالانه	USBR	هزار تن	365	329
			18.3	13.2
			383	342
بار معلق سالانه	FAO	هزار تن	676	610
			33.8	24.4
			710	634
بار معلق سالانه	FAO	هزار مترمکعب	563	508
			28	20
			592	528

۷-۳-۵- محاسبه بده ویژه رسوب کل حوضه

بده ویژه رسوب از تقسیم میزان رسوبات (تناژ یا حجم) بر مساحت حوضه آبریز حاصل می‌شود. همانگونه که اشاره شد در مطالعه حاضر با توجه به اهداف آن از آمار و اطلاعات جریان آب و رسوب مشاهده شده در ایستگاه‌های هیدرومتری حمیدیه بر روی رودخانه کرخه استفاده شده است. مساحت این ایستگاه برابر ۴۶۶۵۴ کیلومتر مربع در حالت طبیعی می‌باشد. از سویی تناژ رسوب کل برآورد شده در مطالعات حاضر برای ایستگاه‌های هیدرومتری مذکور در حالت طبیعی و قبل از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه به روش *FAO* حدود ۱۴/۲ میلیون تن در سال و حجم رسوبات گذری از ایستگاه مذکور معادل ۱۱/۸ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. با تقسیم تناژ و حجم رسوبات به مساحت حوضه، میزان رسوب ویژه در ایستگاه‌های هیدرومتری حمیدیه ۳۰۵ تن در سال در کیلومتر مربع یا ۲۵۴ مترمکعب در سال در کیلومتر مربع است. اضافه می‌شود با وجود سد مخزنی کرخه و تله اندازی بیشتر رسوبات حوضه بالادست آن رسوب ویژه تغییر کرده است. مساحت حوضه میانی حد فاصل سد مخزنی کرخه تا ایستگاه هیدرومتری حمیدیه حدود ۳۶۵۴ کیلومتر مربع در است و کل بار رسوبی رودخانه کرخه طی دوره بعد از بهره‌برداری سد به طور متوسط برابر ۷۱۰ هزار تن در سال یا ۵۶۳ هزار مترمکعب در سال می‌باشد. با تقسیم تناژ و حجم رسوبات به مساحت حوضه، میزان رسوب ویژه در ایستگاه‌های هیدرومتری حمیدیه ۱۹۴ تن در سال در کیلومتر مربع یا ۱۶۲ مترمکعب در سال در کیلومتر مربع برآورد گردید.

۷-۳-۶- مشخصات دانه بندی مواد بستر در محل ایستگاه هیدرومتری حمیدیه

نوع رسوبات معلق و بستر رودخانه کرخه در حمیدیه، رسوبات دانه ریز از نوع رس سیلتی، سیلت و ماسه ریز دانه می‌باشد که به صورت لایه‌های متناوب بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند. مشخصات و منحنی دانه بندی مواد بستر در محل ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در شکل ذیل منعکس شده است. از ویژگی‌های فیزیکی مواد بستر می‌توان به قطر ذرات رسوبی مواد بستر اشاره نمود. قطر ذرات رسوبی D_{10} , D_{50} و D_{90} در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه به ترتیب برابر ۶۲، ۱۵۴ و ۲۲۵ میکرون می‌باشد. (شکل ۷-۱۸)



شکل ۷-۱۸: منحنی دانه بندی مواد رسوبی بستر ایستگاه هیدرومتری حمیدیه

فصل هشتم

**بررسی مطالعات مهندسی آب انجام شده
در میدان نفتی آزادگان شمالی و آزادگان
جنوبی (اعم از هیدرولوژی، ارتفاع موج و
غیره)**

فصل هشتم- بررسی مطالعات مهندسی آب انجام شده در میدان نفتی آزادگان شمالی و آزادگان جنوبی (اعم از هیدرولوژی، ارتفاع موج و غیره)

۸-۱- مقدمه

بررسی سوابق مطالعات گذشته نشان می‌دهد که در حوضه آبریز کرخه مخصوصاً بخش سفلی آن مطالعات معتناهی در خصوص منابع آب صورت گرفته است، مطالعات پیشین توسعه منابع آب این حوضه را بیش‌تر در حوزه عملکرد استان خوزستان در نظر گرفته است (نمونه‌ای از مطالعات در ادامه بحث آمده است) اما وضعیت کنونی منابع آب تغییراتی به همراه دارد. کاهش جریان و منابع آب سطحی در دوره بعد از بهره‌برداری سد مخزنی کرخه علیرغم وقوع سیلاب تاریخی سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ نسبت به دوره قبل از بهره‌برداری سد بسیار مشهود بوده است. علاوه بر کاهش جریان، سیاست‌های بهره‌برداری با وجود سد نسبت به حالت طبیعی تغییر کرده است که سعی می‌شود این ملاحظات در مطالعات حاضر لحاظ شود. در هر حال در زمینه موضوع مطالعات ذیل به طور مستقیم یا غیر مستقیم در حوضه کرخه و در ارتباط با تالاب هورالعظیم صورت گرفته است:

- سری مطالعات مشاور مه‌اب قدس در خصوص هیدرولوژی رودخانه کرخه و شبکه‌های آبیاری و زهکشی کرخه، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، تهیه شده در دهه ۶۰ و ۷۰
- مطالعات ساماندهی تالاب هورالعظیم توسط شرکت مهندسان مشاور سازآب پردازان و کارفرمای سازمان آب و برق خوزستان مرحله اول سال ۱۳۷۵ و بازنگری در سال ۱۳۸۲.
- طرح جامع توسعه منابع آب رودخانه کرخه، مطالعات تکمیلی طرح جامع توسعه منابع آب رودخانه کرخه، توسط مهندسان مشاور جاماب به کارفرمایی سازمان آب و برق خوزستان، سال ۱۳۸۲.
- مطالعات تعیین بستر و حریم رودخانه کرخه (سد کرخه- تالاب هورالعظیم)، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان، سال ۱۳۸۲

- طرح سیستمی حوضه آبریز رودخانه کرخه، جلد سوم : مطالعات مصارف آب ۳-۴- گزارش مطالعات آبیاری (طرح های توسعه) شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، مهندسان مشاور مهتاب قدس ۱۳۸۸.
- گزارش هیدرولوژی مطالعات بهنگام سازی بیلان منابع آب حوضه آبریز رودخانه کرخه برای دوره منتهی به سال آبی ۹۰-۱۳۸۹، کارفرما شرکت سهامی آب منطقه ای کرمانشاه، مشاور آب و توسعه پایدار، تهیه شده در سال ۱۳۹۲.
- مطالعات هیدرولوژی طرح ساماندهی رودخانه کرخه و کرخه نور، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، مشاور شرکت مهندسی مشاور آب کرخه، تهیه شده در سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۳۹۸
- مطالعات پهنه‌بندی سیلاب رودخانه کرخه از سد کرخه تا تالاب هورالعظیم، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، مهندسین مشاور سازآب اهواز، تهیه شده در سال ۱۳۹۶.
- مطالعات مدیریت یکپارچه حوضه کرخه (بازه سد مخزنی کرخه تا هورالعظیم) فاز اول، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، شرکت مهندسین مشاور پورآب، سال ۱۳۹۶.
- پروژه انجام مطالعه و بررسی آبگرفتگی و مدیریت سیلاب میادین نفتی غرب کارون، ۱۳۹۸.
- تعیین و تأمین نیاز زیست محیطی تالاب‌های استان خوزستان (تالاب هورالعظیم)، کارفرما اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان، مشاور دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۹۹.

۸-۲- مطالعات سازآب پردازان

طرح‌های مطالعات و بازنگری مطالعات ساماندهی تالاب هورالعظیم در سالهای ۱۳۷۵ و ۱۳۸۲، به کارفرمایی سازمان آب و برق خوزستان اجرا شده که پس از انجام مطالعات هیدرولوژی و منابع آب تالاب هورالعظیم، کلیه نقشه‌های سازه‌های هیدرولیکی بین مخازن طراحی شده اند. براساس نتایج حاصل از این مطالعات سطح نرمال آب در مخازن ۲، ۱، معادل ۴+ و در مخازن ۳، ۴ و ۵، معادل ۳+ متر نسبت به سطح آب دریا محاسبه شده است. در زمان عبور سیلاب طرح، تراز حداکثر سطح آب در این مخازن به ترتیب به ۵+ و ۳/۵+ افزایش می‌یابد. این مطالعات براساس سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله انجام شده است. در زمان انجام عملیات اکتشاف و بهره برداری میادین نفتی غرب کارون جهت سهولت عملیات اجرایی با قطع ارتباط آبی بین مخازن شمالی و جنوبی تالاب از طریق بستن دریچه های ۷۵ دهانه مخازن ۳ تا ۵ خشک گردید. در سال‌های اخیر به دلیل شرایط زیست محیطی و به منظور کنترل ریز گرد‌ها در خوزستان جریان مذکور مجدداً برقرار و آب به مخازن ۳ تا ۵ هدایت گردید لذا این امر مشکلاتی برای بهره برداری و توسعه میادین نفتی غرب کارون در پی داشته که موضوع "پروژه انجام مطالعه و بررسی آبگرفتگی و مدیریت سیلاب میادین نفتی غرب کارون" و مطالعه حاضر نیز می‌باشد.

تالاب هورالعظیم، بخش ایرانی، مخازن پنجانگانه و جاده‌های آنتنی: جهت استفاده‌ها و کاربری‌های مختلف از تالاب، احداث جاده های آنتنی در تالاب در سال ۱۳۷۹ آغاز و در سال ۱۳۹۰ به پایان رسید. با این کار بخش ایرانی تالاب به پنج مخزن تبدیل شد که از طریق زیرگذر جاده ها با یکدیگر ارتباط می‌یابند. پنج مخزن یاد شده از بخش های شمالی تالاب آغاز و تا جاده طلائییه ادامه پیدا می کنند و عبارتند از:

مخزن شماره ۱- از شمالی ترین بخش تالاب تا جاده امام رضا(ع)

مخزن شماره ۲- از جاده امام رضا (ع) تا جاده شط علی

مخزن شماره ۳- از جاده شط علی تا جاده شهید همت

مخزن شماره ۴- از جاده شهید همت تا جاده سید الشهداء

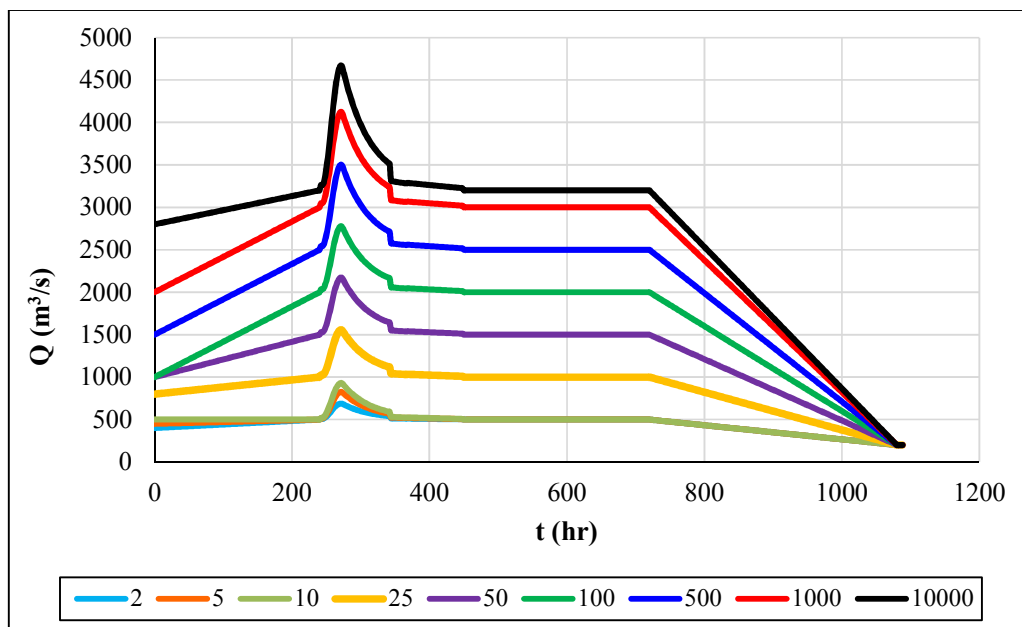
مخزن شماره ۵- از جاده سید الشهداء تا جاده طلائیه

در مطالعات گذشته این پنج مخزن رویهم تالاب را تشکیل می‌دهند به صورت دو مخزن مرتبط بهم (یک و دو با هم و سه تا پنج با هم) از طریق سازه های هیدرولیکی بین آنها، شبیه سازی شدند.

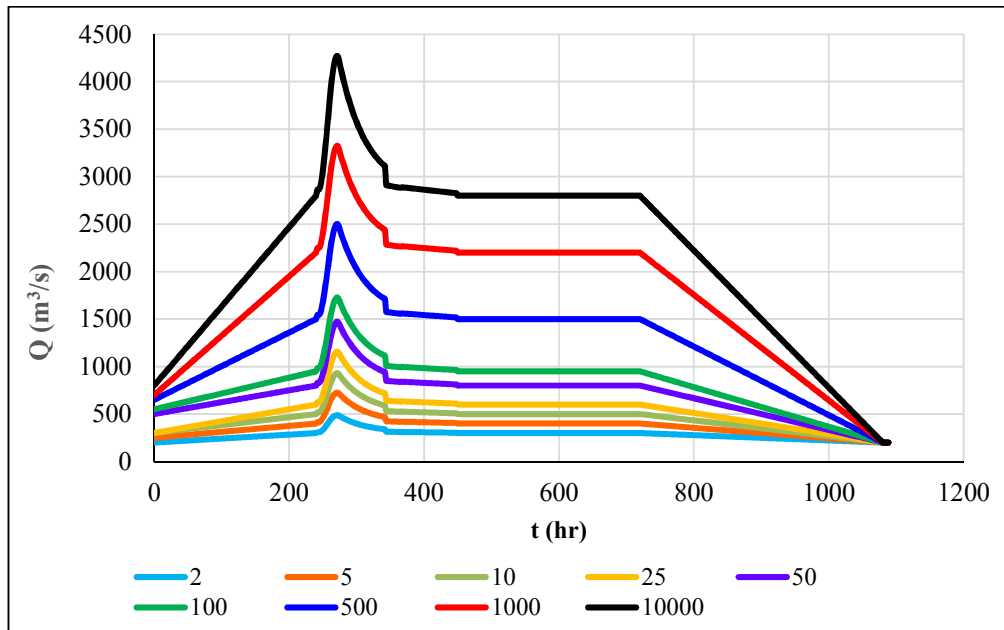
در بخش هیدرولوژی پروژه انجام مطالعه و بررسی آبرفتگی و مدیریت سیلاب میادین نفتی غرب کارون؛ محاسبات هیدرولوژی به منظور برآورد هیدروگراف سیلاب در ورودی به تالاب هورالعظیم انجام گردیده است. این مطالعات بر اساس در نظر گرفتن اثر سد سیمره و سد کرخه در بالادست و ترکیب سیلاب حوضه میانی حدفاصل سد کرخه تا تالاب هورالعظیم انجام شده است. به این ترتیب که سیلاب ورودی به سیمره در شرایط طبیعی محاسبه شده و پس از روندیابی در مخزن، سیلاب خروجی سد با سیلاب حوضه میانی سد سیمره تا کرخه ترکیب و سیلاب در شرایط تنظیمی وارد مخزن سد کرخه گردید. در مرحله بعد سیلاب خروجی از سد کرخه در شرایط تنظیمی با سیلاب حوضه میانی ترکیب و با توجه به شرایط ساماندهی آینده مسیر، بطور مستقیم وارد تالاب هورالعظیم می‌گردد. این مراحل براساس جلسات متعدد که با کمیته بررسی کننده مطالعات صورت گرفت بر اساس دو سناریو انجام گردید:

گزینه حداکثری: سیلاب در زمانی اتفاق می افتد که تراز سطح آب در سد کرخه برابر تراز نرمال ۲۲۰ بوده و در مدت سیلاب تراز تا ۲۲۶ افزایش و سپس به همان تراز ۲۲۰ بر می‌گردد (شکل ۸-۱).

گزینه حداقلی: سیلاب در زمانی اتفاق می افتد که تراز سطح آب در سد کرخه ۱۰ متر پایین تر از تراز نرمال (۲۱۰) بوده و در مدت سیلاب تراز تا ۲۲۶ افزایش و سپس به تراز نرمال (۲۲۰) بر می‌گردد. نتیجه برآورد ها نهایتاً برای دوره بازگشت های مختلف و برای هر کدام از گزینه ها مصوب گردید (شکل ۸-۲).



شکل ۸-۱: هیدروگراف سیلاب رودخانه کرخه در ورودی به تالاب هورالعظیم با دوره بازگشت‌های مختلف (گزینه حداکثری)



شکل ۸-۲: هیدروگراف سیلاب رودخانه کرخه در ورودی به تالاب هورالعظیم با دوره بازگشت‌های مختلف (گزینه حداقلی)

دوره آماری مطالعات مشاور سازآب پردازن منتهی به سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ می‌باشد اما دوره آماری مطالعات حاضر منتهی به سال آبی ۰۰-۱۳۹۹ است. همچنین با توجه به مشاهده و ثبت سیلاب فروردین ۱۳۹۸ و تجارب ناشی از آن، به نظر می‌رسد مبنای بررسی‌ها و تحلیل‌ها می‌تواند از حدس مهندسی و برون‌یابی داده‌های سیلاب کاسته و به نتایج واقعی‌تری برسد. علیرغم این که هیدروگراف‌های سیلاب استخراج شده، دارای تداوم حدود ۴۵ روزه و مناسب است اما احجام (البته در گزارشات در دسترس مقادیر عددی حجم زیر هیدروگراف عنوان نشده است.) سیل هیدروگراف‌ها و دبی اوج حوضه میانی دست بالا بنظر می‌رسد. هیدروگراف‌های خروجی سد مخزنی کرخه به منظور کاهش خسارات پایین دست می‌توانند بهینه تر و به صورت پلکانی باشند. در این زمینه در مطالعات حاضر این مسئله روشن‌تر خواهد شد.

در بخش برنامه ریزی منابع آب پروژه انجام مطالعه و بررسی آبرفتگی و مدیریت سیلاب میادین نفتی غرب کارون؛ به شبیه‌سازی سیستم منابع آب تالاب هورالعظیم در بخش ایرانی آن پرداخته است. اهداف مورد نظر برنامه ریزی منابع آب عبارت بودند از:

- بررسی عملکرد کلی سیستم منابع آب تالاب در شرایط احداث سد مخزنی کرخه و اجرای شبکه های آبیاری مربوطه
- بررسی نوسانات سطح و حجم آب تالاب
- نحوه تامین نیازهای آبی مصرفی تعریف شده تالاب
- حفظ و رعایت مسائل زیست محیطی تالاب
- تخلیه جریانهای اضافی سیلابها جهت حفاظت خاکریزها و در صورت لزوم افزایش ارتفاع خاکریزها
- تعیین رقوم سطح آب مناسب تالاب بعنوان رقوم شروع روند یابی سیلابها در تالاب
- جریان‌های آب شیرین ورودی به تالاب از طریق دو شاخه هوفل و نیسان به مخازن ۱ و ۲ وارد می‌شود. در شرایط احداث سد مخزنی کرخه و توسعه شبکه های آبیاری مربوطه جریان‌های مزبور برآورد گردید.

جهت شبیه سازی تالاب از برنامه ARSP (Acres Reservoir Simulation Program) استفاده شده است.

جمع بندی نتایج شبیه سازی و نحوه عملکرد سیستم منابع آب تالاب را می‌توان بصورت زیر خلاصه کرد:

* نیاز پرورش ماهی و جابجایی آب از مخازن ۱ و ۲

حداقل تضمین ۹۰/۵ درصد با احتساب آبیگری سد مخزنی کرخه (سال‌های ۸۱-۱۳۷۹) در مرداد ماه و ۹۱/۸ درصد بدون احتساب سال‌های آبیگری سد کرخه و حداکثر با و بدون احتساب آبیگری سد کرخه ۱۰۰ درصد در ماه‌های آذر لغایت اردیبهشت ماه

* حفظ حداقل حجم در مخازن ۱ و ۲

حفظ حداقل حجم ۱۵۵ میلیون مترمکعب یک بار در سال: حداقل تضمین با احتساب آبیگری سد کرخه ۹۶/۸ درصد و حداکثر بدون احتساب آبیگری سد کرخه در کلیه سال‌ها (تضمین ۱۰۰ درصد).

* رقوم سطح آب در مخازن ۱ و ۲

ماه‌های بحرانی از نظر رقوم سطح آب آذر، دی و اسفند لغایت اردیبهشت ماه است که بترتیب در ۶۳ سال شبیه سازی در آذر لغایت اسفند ۱ ماه و ماه‌های فروردین و اردیبهشت هر کدام ۴ ماه رقوم سطح آب مساوی یا بیشتر از ۴ متر رخ داده است که معادل احتمال وقوع تجربی بترتیب ۱/۵ و ۶/۳ درصد می‌باشد. متوسط رقوم سطح آب در این ماه‌ها برابر با ۳/۶۸ متر بدست آمده است. حداکثر رقوم سطح آب نیز بترتیب ۴الی ۴/۰۳ متر بوده است. باتوجه به این ارقام رقوم ۴ متر بعنوان رقوم شروع روندیابی سیلاب در مخازن مزبور توصیه می‌شود.

* رقوم سطح آب در مخازن ۳ تا ۵

بالاترین رقوم‌های سطح آب در طول دوره شبیه‌سازی شده در مخازن ۳، ۴ و ۵، دی الی اردیبهشت ماه می‌باشند. در این ماه‌ها رقوم سطح آب +۳ و یا بیشتر است. البته در ماه‌های آبان، آذر و شهریور با فراوانی یک ماه در کل دوره رقوم سطح آب از +۳ بالاتر می‌رود. احتمال وقوع تجربی دی ماه ۵۵/۶ درصد و در ماه‌های بهمن الی اردیبهشت ماه ۱۰۰ درصد و در ماه‌های آبان، آذر و شهریور ۱/۶ درصد می‌باشد. متوسط سطح آب در ماه‌های بحرانی ۳/۱+ و در کل دوره ۲/۷۸ می‌باشد. لذا انتخاب رقوم نرمال در این مخازن برابر +۳ مناسب می‌باشد.

از آنجا که در پروژه حاضر، از یک مدل توزیعی استفاده شده (MIKE21) امکان بررسی جزئی خروجی‌ها و ورودی‌ها در پلان وجود دارد. یادآور می‌شود مدل ARSP یک مدل متمرکز (LUMP) است و مخزن به صورت یک گره در آن دیده می‌شود. لازم به ذکر است گام زمانی نرم افزار بکار رفته در مدل‌سازی مربوط به مطالعات پیشین ماهیانه است لذا امکان شبیه سازی امواج وجود نداشته است.

در مطالعات پیشین شرکت سازآب پردازان، وضعیت موجود تالاب در شرایط صحیح بهره برداری از مخازن تالاب بر اساس طرح ساماندهی تالاب هورالعظیم بررسی شده است. رقوم سطح آب با دوره بازگشت طراحی (۵۰ ساله)، در مخزن ۱ تا ۵ به ترتیب ۵/۳، ۵/۲۴، ۴/۰۸، ۴/۰۲ و ۳/۸۲ متر از سطح دریا می‌باشد.

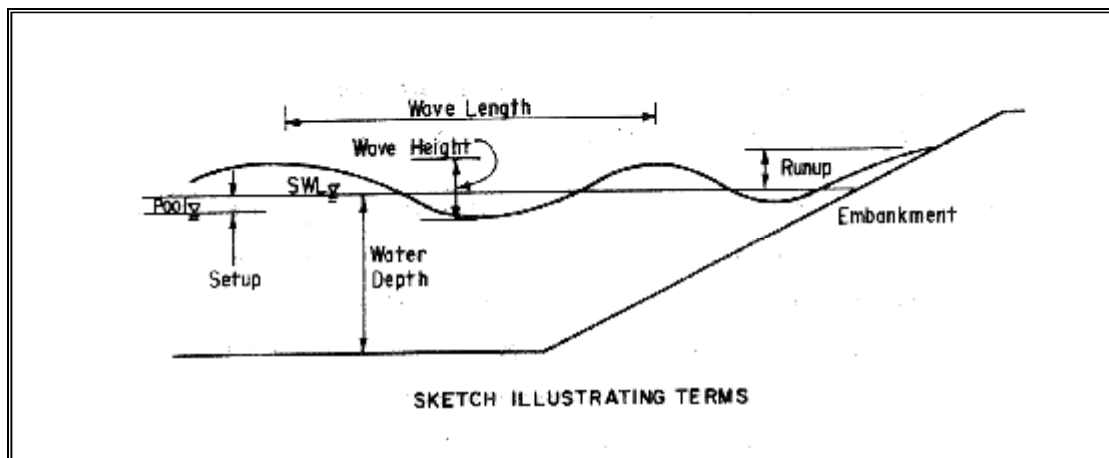
در خصوص مواردی مانند پدها و بخصوص گودال‌های سوخت و سازه‌های حساس دیگر پیشنهاد می‌شود ارتفاع آزاد بیشتری لحاظ گردد. در خصوص گودال‌های سوخت جهت پیشگیری از اختلاط آب با مواد نفتی رقوم دیواره آن باید حداقل ۷۰ سانتیمتر بیش از ارتفاع موج لحاظ گردد.

به منظور بررسی شرایط سیلاب با دوره بازگشت‌های بالاتر از ۱۰۰ سال، اطلاع از سیلاب‌های رودخانه دجله و مطالعه همزمان دو سمت عراقی و ایرانی تالاب هورالعظیم ضرورت خواهد یافت. باید توجه نمود که بیشترین ارتفاع امواج در مخزن ۲

پیش بینی گردیده است که با توجه به اینکه در حال حاضر این مخزن از نی پوشیده شده است و پوشش نی از تشکیل امواج جلوگیری می‌نماید، به نظر می‌رسد که سازه‌های موجود در این مخزن تحت تاثیر امواج، دچار مشکل نخواهند شد. لازم به ذکر است که با توجه به اهمیت پوشش نی در مخزن شماره ۲ به دلیل کنترل تشکیل امواج، پایش مستمر وضعیت پوشش نی‌زارها در این مخزن ضروری می‌باشد، زیرا در صورت حذف پوشش گیاهی در مخزن شماره ۲ مشکلات آن به مراتب جدی تر از مخازن جنوبی خواهد بود. به منظور حفاظت پایدار جاده‌ها، ایجاد و حفظ پوشش نی در همه مخازن تالاب به عنوان یک تمهید دراز مدت ضرورت دارد. همچنین با توجه به این که امواج محدود به عمق آب می‌باشند، حفاظت از بستر نیز در مقابل فرسایش در محل های نزدیک جاده‌ها باید مد نظر قرار گیرد. این هدف با ادامه دادن حفاظت در بستر و استفاده از مصالح درشت دانه در نزدیک پاشنه جاده‌ها یا استفاده از پوشش‌های گیاهی و موارد دیگر قابل تحقق می‌باشد.

به منظور بررسی تغییرات تراز سطح آب، در سیلاب های با دوره بازگشت مختلف اقدام به مدل سازی جریان در مخازن تالاب هورالعظیم با استفاده از نرم افزار *HEC-RAS* گردیده است. در این راستا اقدامات ذیل انجام گردیده است. تعریف مخازن تالاب هورالعظیم، با استفاده از منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن که با توجه به نقشه‌های مطالعات گذشته استخراج گردیده است. همچنین به منظور بررسی شرایط برای دوره بازگشت‌های بالاتر این منحنی‌ها تا تراز +۱۰ برون‌یابی گردیده است. کلیه سازه‌های اصلی که ارتباط بین مخازن را برقرار می‌نماید، با توجه به ابعاد و شرایط آن در مدل تعریف گردیده است. به منظور مدل سازی امکان سرریز از روی جاده‌ها، روی هر جاده بجز دایک مرزی، سرریزی با طول و رقوم آن فرض گردید. بکارگیری مدل رودخانه ای و یک بعدی در این بخش و انجام شبیه سازی غیرماندگار، ساده سازی بسیار بزرگی در شبیه سازی مخازن تالاب هورالعظیم است. در مطالعه حاضر این ضعف بر طرف می‌شود.

ارتفاع بالاروی موج (*Runup*): در اثر برخورد امواج پیاپی به سطح شیبدار، امواج ضمن پخش شدن روی بدنه سطح تا ارتفاعی که ارتفاع بالازدگی موج نامیده می‌شود، بالا می‌روند. این ارتفاع تابع ارتفاع موج، شیب بدنه، طول موج، طول موج گاه و سرعت باد می‌باشد. ارتفاع بالازدگی موج (*Setup*): بر اثر وزش باد مداوم بر سطح آب، سطح آب در جهت باد بالا می‌آید.



شکل ۸-۳: پارامترهای موثر موج

۸-۲-۱- ارتفاع آزاد آب در ارتباط با باد

ارتفاع آزاد (*Freeboard*)، ارتفاع اضافی سازه‌ای مهندسی در بالای حداکثر مد (سازه‌هایی چون سد برای جلوگیری از موج ناشی از دریاچه آن، موج شکن یا کانال) که از تخریب شدن سازه مذکور توسط جریان‌های متلاطمی چون امواج ایجاد شده توسط باد، رانش زمین و نشست جلوگیری می‌کند. گرچه بحث ارتفاع آزاد سازه‌ای موضوع گزارش هواشناسی نیست؛ مع الوصف شرح مختصری به نقل از کتاب اصول مهندسی سدهای خاکی تالیف دکتر علی قنبری (۱۳۹۳) انتشارات دانشگاه خوارزمی مرور می‌شود تا بطور مناسبی در بخش‌های بعدی از آن استفاده شود.

ارتفاع آزاد قسمتی از مخزن سد است که برای اطمینان خالی نگهداشته می‌شود تا در هنگام سیل و طوفان امواج آب از روی تاج سد عبور نکنند. در واقع تاج سد چند متر بلندتر از رقوم آب دریاچه انتخاب می‌شود و بدین صورت خطرات ناشی از روگذری آب از تاج سد کنترل می‌گردد.

به طور کلی ارتفاع آزاد مجموع ارتفاع ناشی از عوامل زیر است:

- ارتفاع ناشی از بالا آمدن امواج دریاچه بر اثر بادهای شدید یا سیل (FB_1)
 - ارتفاعی که برای جبران نشست‌های استاتیکی منظور می‌شود (FB_2)
 - ارتفاعی که برای جبران نشست‌های سد در حین زلزله منظور می‌شود (FB_3)
- ارتفاع آزاد نهایتاً از جمع سه مقدار بالا به دست می‌آید، به عبارت دیگر:

$$FB = FB_1 + FB_2 + FB_3$$

برای محاسبه ارتفاع بالا آمدن امواج لازم است ارتفاع موج و سرعت باد در دست باشد. معمولاً ارتفاع موج به سرعت باد و طول آزاد دریاچه وابسته است. از سوی دیگر ارتفاعی که برای جبران نشست‌های استاتیکی و لرزه‌ای منظور می‌شود، معمولاً در ابتدای طراحی سد در دست نیست، زیرا هنوز خصوصیات هندسی سد و خصوصیات مکانیکی مصالح به طور قطعی تعیین نشده است که بتوان بر اساس آن تحلیل‌های عددی لازم را انجام داد. بر همین اساس برای محاسبه این نشست‌ها می‌توان در این مرحله از نمودارها و روابط تقریبی استفاده کرد. معمولاً برای ارتفاع آزاد سد دو تعریف متفاوت وجود دارد. در یکی از این دو فرض بر این است که باد شدید در حال وزیدن است، ولی بارندگی و سیل در حد نرمال است. این ارتفاع را ارتفاع آزاد نرمال گویند. در حالت دیگر فرض می‌شود که سیل با دوره بازگشت بسیار زیاد به وقوع پیوسته است، ولی باد سرعت نرمال خود را دارد. این ارتفاع آزاد را ارتفاع آزاد حدی گویند. *USBR* در سال ۱۹۸۱ توصیه کرده است که برای سرریزهای بدون دریچه، حداقل ارتفاع آزاد سدهای خاکی باید معادل ۹۰ سانتی‌متر باشد و برای سرریزهای دریچه دار فهرستی از سایر عوامل و پارامترهایی را که باید در نظر گرفته شوند ارائه نموده است. در جدول ۸-۱ مقادیر تقریبی ارتفاع آزاد بر حسب طول آزاد دریاچه سد (فج) ارائه شده است. این مقادیر برای تخمین اولیه کارایی دارند و در ادامه مطالعات باید دقیق گردند.

جدول ۸-۱: مقادیر اولیه برای تخمین ارتفاع آزاد در مطالعات مقدماتی (USBR, 1977)

طول آزاد دریاچه سد (کیلومتر)	ارتفاع آزاد نرمال (متر)	ارتفاع آزاد حداقل (متر)
< 1.6	1.2	0.9
1.6	1.5	1.2
4	1.8	1.5
8	2.4	1.8
16	3	2.1

به نظر می‌رسد راهنمای ارائه شده در جدول بیش‌تر برای جریان‌های با عمق متوسط است و برای جریان‌های کم عمق و سازه‌های درون و محیط تالاب (با وجود/ عدم پوشش گیاهی) می‌تواند برآوردهای مناسب‌تر سازه‌ای صورت گیرد. در این مطالعات با توجه به کاربرد مدل دو بعدی (توزیعی) و حل معادلات ناویه - استوکس در گام زمانی بسیار کوچک‌تر انتظار می‌رود خصوصیات امواج را بتوان به صورت بسیار دقیق‌تر و مناسب‌تری بدست آورد.

۸-۳- مطالعات تعیین و تأمین نیاز زیست محیطی تالاب هورالعظیم

همانگونه که در بخش قبلی عنوان شد مطالعات تعیین و تأمین نیاز زیست محیطی تالاب‌های استان خوزستان (تالاب هورالعظیم) به کارفرمایی اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان و مشاوره دانشگاه شهید چمران اهواز در سال ۱۳۹۹ به سرانجام رسیده است. بر اساس مطالعات مورد بحث نیاز زیست محیطی تالاب هورالعظیم در سه سناریوی اول تا سوم به ترتیب برابر ۱۸۳۲، ۱۶۱۰ و ۱۳۸۳ میلیون متر مکعب در سال تعیین شده است. جزییات بیش‌تر از این مطالعات در ادامه برای مخازن پنجگانه تالاب و سناریوی اول یا حداکثر سطح و تأمین نیاز تالاب نقل می‌شود. این شرایط به عنوان شرایط پایه یا اولیه در مدل سازی تلقی گردد.

در جدول ۸-۲ الی جدول ۸-۶ شبیه سازی جریان مخازن تالاب هورالعظیم با منظور نمودن مولفه‌های طبیعی دخیل در بیلان و با مقیاس زمانی فصلی و ماهیانه هر کدام طی سه سناریو ارائه شد. در تمام سناریوها حداکثر مساحت تالاب و مساحت متوسط سالانه متفاوت می‌باشد.

- ✓ سناریوی اول حداکثر سطح تالاب معادل ۹۹۵ کیلومتر مربع.
- ✓ سناریوی دوم حداکثر سطح تالاب معادل ۸۷۶ کیلومتر مربع.
- ✓ سناریوی سوم حداکثر سطح تالاب معادل ۷۶۰ کیلومتر مربع

در این سناریوها علاوه بر سطح نهایی، یک سیاست کلی برای مساحت تالاب در فصول مختلف سال اتخاذ شد. بدین صورت که تالاب در فصل پاییز دارای مساحت حدود ۸۰ درصد مساحت نهایی، فصل زمستان به صورت پر و دارای ۱۰۰ درصد مساحت نهایی، فصل بهار نسبتاً پر و با مساحت ۹۱ درصد مساحت نهایی و بالاخره در فصل تابستان با ۶۸ درصد مساحت نهایی نگه داشته شود. لازم به ذکر است که با این سیاست به طور کلی در هر سناریو تالاب سالانه به طور متوسط حدود ۸۴ درصد مساحت نهایی

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

یا حداکثری خود را حفظ می‌کند. به عبارتی مساحت متوسط سالانه تالاب در سناریوی اول ۸۴۳ کیلومترمربع، سناریوی دوم ۷۴۲ کیلومترمربع و در سناریوی سوم ۶۳۹ کیلومترمربع است.

در فصل پاییز مخزن تالاب در یک حالت حداقل نسبی قرار دارد که با حرکت زمانی از پاییز به زمستان، مخزن تالاب در حالت آبیگری و افزایش توأم ارتفاع، سطح و حجم است. با این وصف دبی ورودی به تالاب علاوه بر جبران تلفات (برآیند بارش، نفوذ و تبخیر و تعرق) باید حجم آبیگری تالاب را نیز تأمین نماید. طی زمستان سطح تالاب به اوج خود می‌رسد و در فصول بعد یعنی بهار و به خصوص تابستان که حجم تلفات نیز زیاد است به مخزن تالاب اجازه داده می‌شود که کاهش سطح بدهد، بنابراین در این حالت مخزن از طریق کاهش سطح، بخش زیادی از تلفات را جبران می‌کند. بخش کوچتری را نیز از دبی ورودی به تالاب تأمین می‌نماید.

همانگونه که در جدول ۸-۲ تا جدول ۸-۶ ملاحظه می‌شود در تمام فصول علامت حجم تلفات منفی است؛ این بدین معنا است که تلفات تبخیر و نفوذ حتی در دی ماه بر میزان بارش غلبه دارد. در سناریوی نخست حجم تلفات طی پاییز و زمستان به ترتیب برابر ۲۸۸ و ۱۵۱ میلیون مترمکعب، طی بهار و تابستان به ترتیب برابر ۶۸۴ و ۷۰۸ میلیون مترمکعب و بالاخره سالانه ۱۸۳۲ میلیون مترمکعب است.

همانگونه که قبلاً اشاره شد در فصل پاییز مخزن تالاب در حالت حداقل قرار دارد که با حرکت زمانی از پاییز به زمستان، مخزن تالاب آبیگری شده و در فصل زمستان سطح تالاب به حداکثر می‌رسد. در فصول بعد یعنی بهار و به خصوص تابستان به مخزن تالاب اجازه داده می‌شود که کاهش سطح داده و بخش عمده تلفات خود را جبران نماید. حجم کل از جمع جبری تغییرات مخزن و حجم تلفات حاصل می‌شود. در ادامه این حجم به دبی معادل فصل تبدیل شد. یادآور می‌شود که در کلیه این محاسبات یک حجم اولیه برای مخزن تالاب در نظر گرفته شد. در سناریوی اول دبی مورد نیاز تالاب طی پاییز و زمستان به ترتیب برابر ۶۴ و ۷۷ مترمکعب بر ثانیه، طی بهار و تابستان به ترتیب برابر ۶۴ و ۲۹ مترمکعب بر ثانیه و بالاخره سالانه ۵۸ مترمکعب بر ثانیه معادل ۱۸۳۲ میلیون متر مکعب است.

جدول ۸-۲: شبیه سازی جریان مخزن ۱ و ۲ تالاب هور العظیم با منظور نمودن مولفه‌های طبیعی دخیل در بیان مقیاس

زمانی فصلی (سناریوی اول: سطح حداکثر برابر ۳۷۳ کیلومتر مربع)

پارامتر	P	I	ET	A	V ₀	dv	V _{loss}	V _T	Q
واحد	mm	%	mcm	cms					
پاییز	68	35	396	85	788	-97	-115	-212	27.2
زمستان	111	20	243	100	1011	-223	-57	-280	36.4
بهار	29	45	742	97	964	46	-274	-228	28.4
تابستان	0	90	950	78	691	274	-303	-29	3.6
سالانه	208	190	2331	90.0	860	0	-749	-749	23.7

P: بارش بر حسب میلی متر؛ I: نفوذ بر حسب میلی متر؛ ET: تبخیر و تعرق بر حسب میلی متر؛ A: سطح پر شدگی به درصد؛ V₀: حجم متناظر سطح بر حسب میلیون متر مکعب؛ dv: تغییرات حجم بر حسب میلیون متر مکعب؛ V_{loss}: حجم

تلفات بر حسب میلیون متر مکعب؛ V_T : حجم کل بر حسب میلیون متر مکعب؛ Q : دبی متناظر حجم کل بر حسب مترمکعب بر ثانیه

جدول ۳-۸: شبیه سازی جریان مخزن ۳ تالاب هور العظیم با منظور نمودن مولفه‌های طبیعی دخیل در بیان مقیاس زمانی

فصلی (سناریوی اول: سطح حداکثر برابر ۱۴۷ کیلومتر مربع)

Q	VT	Vloss	dv	V0	A	ET	I	p	پارامتر
cms	mcm				%	mm			واحد
8.6	-67	-44	-23	145	83	396	35	68	پاییز
9.0	-69	-22	-47	192	100	243	20	111	زمستان
9.0	-72	-100	28	163	90	742	45	29	بهار
8.9	-72	-113	42	122	74	950	90	0	تابستان
8.9	-280	-280	0	155	86.8	2331	190	208	سالانه

جدول ۴-۸: شبیه سازی جریان مخزن ۴ تالاب هور العظیم با منظور نمودن مولفه‌های طبیعی دخیل در بیان مقیاس زمانی

فصلی (سناریوی اول: سطح حداکثر برابر ۲۹۳ کیلومتر مربع)

Q	VT	Vloss	dv	V0	A	ET	I	p	پارامتر
cms	mcm				%	mm			واحد
17.0	-132	-80	-52	185	75	396	35	68	پاییز
19.0	-146	-45	-101	286	100	243	20	111	زمستان
16.5	-132	-191	59	227	86	742	45	29	بهار
10.9	-88	-183	95	133	60	950	90	0	تابستان
15.8	-498	-498	0	205	80.3	2331	190	208	سالانه

جدول ۵-۸: شبیه سازی جریان مخزن ۵ تالاب هور العظیم با منظور نمودن مولفه‌های طبیعی دخیل در بیان مقیاس زمانی

فصلی (سناریوی اول: سطح حداکثر برابر ۱۸۲ کیلومتر مربع)

Q	VT	Vloss	dv	V0	A	ET	I	p	پارامتر
cms	mcm				%	mm			واحد
10.8	-84	-49	-35	114	74	396	35	68	پاییز
12.1	-93	-28	-66	180	100	243	20	111	زمستان
10.2	-82	-119	37	143	86	742	45	29	بهار
5.7	-46	-110	64	79	58	950	90	0	تابستان
9.7	-305	-305	0	127	79.5	2331	190	208	سالانه

جدول ۸-۶: شبیه سازی جریان مخازن ۱ تا ۵ تالاب هور العظیم با منظور نمودن مولفه‌های طبیعی دخیل در بیان مقیاس

زمانی فصلی (سناریوی اول: سطح حداکثر برابر ۹۹۵ کیلومتر مربع)

Q	VT	Vloss	dv	V0	A	ET	I	p	پارامتر
cms	mcm				%	mm			واحد
64	-495	-288	-207	1231	80	396	35	68	پاییز
77	-588	-151	-437	1669	100	243	20	111	زمستان
64	-514	-684	170	1498	91	742	45	29	بهار
29	-234	-708	474	1025	68	950	90	0	تابستان
58	-1832	-1832	0	1346	84.7	2331	190	208	سالانه

۸-۴- ضوابط بهره‌برداری از مخزن سد کرخه به هنگام سیلاب

۸-۴-۱- ضوابط بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه مه‌باب قدس (مشاور طراح سد)

ضوابط و دستوالعمل بهره‌برداری از مخزن سد کرخه در شرایط سیلاب ابتدا توسط شرکت مهندسی مشاور مه‌باب قدس؛ مشاور طراح سد تهیه شده است. برخی مشخصات سد و سرریز سد مخزنی کرخه در بخش اول گزارش حاضر آمده و در جدول ۸-۷ نیز خلاصه شده است.

- در محاسبات پخش سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف، رقوم سطح آب در شروع سیلاب در تراز نرمال مخزن (رقوم ۲۲۰ متر) در نظر گرفته شده است و حداکثر دبی خروجی از سرریز تا تراز ۲۲۶ متر به دبی ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه با فرض سامان‌دهی رودخانه کرخه بگونه‌ای که به اراضی پایین‌دست سد آسیب وارد نشود محدود گردیده است.
- بدیهی است پس از رسیدن رقوم سطح آب مخزن به تراز ۲۲۶ متر در صورت ادامه سیلاب سطح آب مخزن در تراز فوق ثابت نگه داشته می‌شود. این عمل بدان مفهوم است که بالاتر از تراز ۲۲۶ متر جریان خروجی از سرریز عیناً معادل جریان ورودی خواهد بود و دریچه‌های سرریز متناسب با دبی ورودی بازگشایی می‌شوند و در صورت ادامه سیلاب، عملیات پخش سیلاب با شرایط فوق‌الذکر تا حدی که تمامی دریچه‌های سرریز به حالت کاملاً باز در آیند؛ ادامه می‌یابد.
- پس از بازگشایی کامل دریچه‌های سرریز در صورت ادامه روند صعودی سیلاب، کنترل رقوم سطح آب در تراز ۲۲۶ متر عملی نبوده و از این مرحله به بعد جریان خروجی از سرریز تابع ظرفیت آبگذری سرریز و حجم ذخیره مخزن بوده و متناسب با افزایش رقوم سطح آب مخزن، جریان خروجی از سرریز نیز افزوده می‌شود.
- در مرحله فروکش سیلاب، پس از رسیدن سطح آب به تراز ۲۲۶ متر مجدداً با تنظیم دریچه‌ها نسبت به کاهش دبی خروجی از سرریز به ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه اقدام می‌شود و حجم ذخیره مخزن در حد فاصل تراز ۲۲۶ تا ۲۲۰ متر (رقوم نرمال مخزن) با جریان خروجی تنظیمی معادل ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه تخلیه می‌گردد.
- با توجه به حالات سه گانه به طور کلی در پخش سیلاب توسط شرکت مهندسی مشاور مه‌باب قدس در زمان طراحی سد، سه حالت متمایز تفکیک شده است. اول این که توان کنترل سیلاب مخزن سد کرخه در زمان طراحی به

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

سیلاب‌های تا حدود ۲۵ سال محدود می‌گردد. در حالت میانه وقتی سیلاب بین دوره بازگشت‌های ۲۵ تا ۱۰۰۰ ساله باشد، بیش از این سیلاب امکان کنترل توسط مخزن سد کرخه نبوده و با توجه به حجم و بزرگی سیلاب‌ها دریچه‌های سرریز متناسب با دبی ورودی و ظرفیت سرریز به گونه‌ای که تراز آب در رقوم ۲۲۶ متر تثبیت شود باز می‌گردد تا این که بطور کامل دریچه‌ها باز شود، لذا کنترل سطح آب در تراز ۲۲۶ تا سیلاب ۱۰۰۰ سال ممکن بوده است. در حالت آخر یعنی سیلاب ورودی به مخزن فراتر از ۱۰۰۰ ساله باشد؛ پس از آن براساس ظرفیت سرریز و حجم مخزن و میزان جریان ورودی سطح آب افزایش می‌یابد و در حداکثر سیلاب محتمل تراز آب به ۲۳۱ متر خواهد رسید و میزان خروجی نیز در حدود ۱۸۰۰۰ مترمکعب در ثانیه خواهد بود.

در تجربه سیلاب فروردین ۱۳۹۸ از این دستورالعمل به دلایل منطقی دیگر عدول شده است. بعنوان مثال با این که برای کنترل سیلاب‌های بالاتر از ۲۵ ساله، بهره‌بردار می‌تواند در رقوم ۲۲۶ متری قرار گیرد اما در بهره‌بردار تا رقوم ۲۲۴/۶۷ متر به عنوان بالاترین رقوم استفاده شد. این امر به این دلیل بود که بالاتر از تراز ۲۲۶ متر جریان خروجی از سرریز عیناً معادل جریان ورودی خواهد بود و میزان خسارات به پایین دست ممکن غیر قابل تحمل گردد.

جدول ۸-۷: رقوم و مشخصه‌های اساسی سد مخزنی کرخه

مقدار	مشخصه
۲۳۴ متر بالاتر از سطح دریا	رقوم تاج
۲۲۰ متر بالاتر از سطح دریا	رقوم نرمال سطح آب مخزن
۵۲۷۴ میلیون مترمکعب	کل حجم مخزن در رقوم نرمال (به‌هنگام شده)
۱۷۸ متر بالاتر از سطح دریا	حداقل رقوم بهره‌برداری از نیروگاه
۲۲۶ متر بالاتر از سطح دریا	حداکثر رقوم کنترل سیلاب مخزن
۱۰۵۷ میلیون مترمکعب	حجم اختصاص یافته جهت کنترل سیلاب
۱۶۰ متر بالاتر از سطح دریا	حداقل تراز بهره‌برداری از سد
۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه	حداکثر دبی از سرریز در سیلاب تا دوره بازگشت ۲۵ ساله
۲۲۶ متر بالاتر از سطح دریا	حداکثر رقوم در وقوع سیلاب تا دوره بازگشت ۲۵ ساله
۱۴۴۵۰ متر مکعب در ثانیه	حداکثر دبی از سرریز در حالت وقوع سیل ۱۰۰۰۰ ساله
۲۲۸ متر بالاتر از سطح دریا	حداکثر رقوم سطح آب مخزن در حالت وقوع سیل ۱۰۰۰۰ ساله
۱۸۲۶۰ مترمکعب در ثانیه	حداکثر دبی از سرریز در صورت وقوع حداکثر سیل محتمل (P.M.F)
۲۳۰/۹۰ متر بالاتر از سطح دریا	حداکثر رقوم سطح آب در صورت وقوع حداکثر سیل محتمل (P.M.F)

۸-۴-۲- مطالعات سیلاب حوضه کرخه سازآب اهواز با کارفرمایی سازمان آب و برق خوزستان

مطالعات سیلاب حوضه کرخه در سال ۱۳۹۷ با کارفرمایی سازمان آب و برق خوزستان و توسط شرکت مهندسی مشاور سازآب اهواز انجام و بعد از وقوع سیلاب تاریخی فروردین ۱۳۹۸ نیز به آن اصلاحاتی اضافه شد. این مطالعه پس از تعیین ضوابط بهره برداری از سد کرخه در زمان سیلاب و بهینه سازی خروجی‌ها، دبی‌های خروجی از ترازهای مختلف سد مخزنی کرخه را تعیین نمود و در ادامه روندیابی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف در سد کرخه انجام گردید. در جدول ۸-۸ دبی خروجی از ترازهای مختلف سد کرخه و خلاصه نتایج روندیابی سیلاب ارائه شده است. همانگونه که در جدول مذکور ملاحظه می‌شود در سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف ۲ تا ۱۰۰۰ ساله خروجی مخزن بین ۶۵۰ تا ۲۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه تغییر می‌کند. اما در دوره بازگشت ۱۰۰۰۰ توان استهلاک سیل توسط مخزن به شدت کاهش می‌یابد و دبی اوج خروجی از ۶۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه گذر می‌کند.

جدول ۸-۸: دبی‌های اوج ورودی و خروجی سد مخزنی کرخه در دوره‌های بازگشت مختلف

(مهندسی مشاور سازآب اهواز، ۱۳۹۷)

تراز (متر)	دبی اوج خروجی (cms)	دبی اوج ورودی (cms)	دوره بازگشت (سال)
220.36	650	1680	2
221.00	994	2650	5
221.31	994	3360	10
221.86	994	4090	20
222.03	1232	4430	25
222.48	1232	5032	50
223.10	1366	5864	100
223.86	1366	6719	200
224.42	1798	7881	500
225.00	2500	8797	1000
226.00	6000	12336	10000
228.45	14000	17560	*10000

*دبی با دوره بازگشت ۱۰۰۰۰ ساله برآورد شده توسط مشاور طراح سد (مهتاب قدس)

۸-۴-۳- مطالعات هیدرولوژی میادین نفتی سهراب و آزادگان شمالی

مطالعات هیدرولوژی میادین نفتی آزادگان شمالی و سهراب توسط کارفرما در اختیار مشاور قرار گرفت. انجام این خدمات و مطالعات هیدرولوژی در میدان نفتی سهراب توسط مهندسی مشاور زیستاب صورت گرفته و خلاصه گزارش هواشناسی،

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

هیدرولوژی و گزارش اصلاحی هیدرولیک و سیلاب در دسترس است. این مطالعه جدید و آمار هواشناسی آن برای یک دوره ۳۱ ساله منتهی به سال ۲۰۲۰ و آمار هیدرومتری آن منتهی به سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ می باشد.

روشهای برآورد سیلاب بسیار متنوع و متعدد می باشد. بدیهی است انتخاب روش مناسب با توجه به اطلاعات در دسترس، ویژگی های اقلیمی و شرایط فیزیکی حوضه آبریز و سایر عوامل موثر در پدیده سیلاب صورت می گیرد. در این مطالعه برای برآورد سیلاب در محل های مورد نظر، با توجه به موقعیت قرارگیری حوضه ها نسبت به چاه ها و خط انتقال از روش بارش رواناب مدل *HEC-HMS* استفاده شده است. در بخش هیدرولوژی این مطالعه متدولوژی و نتایج ذیل ذکر شده است.

بمنظور برآورد سیلاب با دوره برگشت های مختلف در ساختگاه های مورد نظر، مقادیر بارندگی ۲ تا ۱۰۰۰ ساله از گزارش هواشناسی همین طرح استفاده شده است. همچنین پارامترهای فیزیوگرافی حوضه ها مساحت، طول آبرهه، زمان تاخیر، زمان رسیدن به نقطه پیک سیلاب و ... و شماره منحنی از بخش فیزیوگرافی و همچنین با توجه به بازدید به عمل آمده استخراج شده است. با توجه به وضعیت حوضه های مورد مطالعه مقادیر سیلاب حوضه های پایین دست ایستگاه های هیدرومتری پل بستان، پایین دست نیسان و پایین دست هویزه با مقادیر سیلاب حوضه های مورد مطالعه در مدل بارش رواناب ترکیب شده اند و حوضه خروجی ۱۳ به دلیل این که حوضه مستقل می باشد و از بالادست حوضه، مسیل و یا انشعابی وارد نمی شود مقادیر بارش به رواناب تبدیل شده و مورد استفاده قرار گرفته است. مقادیر سیلاب با دوره برگشت های مختلف برای حوضه های مورد مطالعه در گزارش مطالعات هیدرولوژی و سیل خیزی ارائه شده است. در جدول ۸-۹ و جدول ۹-۱۰ نتایج سیلاب خلاصه شده است.

جدول ۸-۹: مقادیر پیک سیلاب با دوره برگشت های مختلف در محل ایستگاه های هیدرومتری (مترمکعب بر ثانیه)

دوره بازگشت (سال)	یزد نو	پل بستان	پل رفیع	هوفل نیسان	هویزه
2	15.5	183	264	179.5	26.7
5	21	605	675	316	46.2
10	24.8	974	1089	413	65.7
20	28.7	1373	1606	508	88.1
25	29.9	1507	1797	539	95.8
50	33.9	1937	2471	632	121
100	38	2389	3280	725	148
1000	53.1	4014	7136	1028	249

جدول ۸-۱: مقادیر یک سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف در حوضه‌های مورد مطالعه (مترمکعب بر ثانیه)

دوره بازگشت (سال)	خروجی ۱۳	پایین دست هویزه	پایین دست هوفل نیسان	پایین دست پل بستان
2	9	26.5	155.8	164
5	41.2	67.1	297.4	564
10	75.6	112	402.7	926
20	121.8	158.8	508.2	1314
25	135.5	174.9	542.3	1445
50	189.4	234.4	654.8	1876
100	247.9	289.5	769.2	2317
1000	437.3	505.6	1140.6	3930

مطالعات میدان نفتی آزادگان شمالی یک نسخه قدیمی در زمان آغاز مطالعات طرح است این مطالعه قدیمی و آمار هواشناسی آن برای یک دوره کوتاه منتهی به سال ۲۰۰۳ و آمار هیدرومتری آن منتهی به سال آبی ۱۹۹۶ و قبل از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه می‌باشد که در نتیجه گیری آن عنوان شده " با توجه به حساسیت بالای پروژه نفتی آزادگان و هزینه‌های جبران ناپذیر در خصوص توقف بهره‌برداری از چاه‌های نفت در دوره‌های تر سالی و افزایش سطح تراز آب در تالاب هورالعظیم، حداکثر تراز آب در تالاب هورالعظیم جهت احداث جاده و سایر تاسیسات سر چاهی ۵ متر از سطح دریا پیشنهاد شده است." همچنین در مطالعات میدان نفتی آزادگان شمالی عنوان شده که با افزایش تراز سطح آب از ۵ متر به بالا و با توجه به تراز جاده دسترسی که حداقل یک متر از سطح تراز آب بالاتر در نظر گرفته می‌شود، لذا جاده و تاسیسات سر چاهی چاه‌های نفت در حاشیه امنیت بالایی قرار دارند. از آنجایی که جزئیات این مطالعات و گزارشات آن در دسترس نیست نمی‌توان راجع به دقت مطالب خلاصه شده اظهار نظر نمود.

فصل نهم

**مدل سازی منطقه هورالعظیم با استفاده از
نرم افزار برای تعیین ارتفاع آب از سطح دریا
بر پایه دوره بازگشت سیلاب**

فصل نهم-مدل سازی منطقه هورالعظیم با استفاده از نرم افزار برای تعیین ارتفاع آب از سطح دریا بر پایه دوره بازگشت سیلاب امکان پذیر

۹-۱-مدل مورد استفاده

در این بخش پیش زمینه علمی برای سیستم مدلسازی *MIKE21* که توسط *DHI* توسعه داده شده اند، آمده است. هدف در اینجا ارائه جزء به جزء معادلات جریان و انتقال، روش های حل و گسسته سازی عددی است. همچنین بررسی اعتبار این مدل نیز بحث شده است. *MIKE21* براساس یک شبکه انعطاف پذیر بنا نهاده شده و برای کاربردهای اقیانوسی، ساحلی و جزر و مدی ساخته شده است. این سیستم مدلسازی همچنین می تواند برای مطالعات پهنه بندی سیلاب استفاده شود. این سیستم براساس حل عددی دو بعدی معادلات ناویه-استوکس برای سیال غیرقابل تراکم رینالدز میانگین (*incompressible Reynolds average*) با شرط قبول فرضیات بوزینسک و فشار هیدرودینامیک می باشد. بنابراین این مدل، شامل معادلات پیوستگی، مومنتم، شوری، گرما و چگالی می باشد و بوسیله یک مدل ارائه آشفتگی تکمیل می شود.

گسسته سازی مکانی معادلات اولیه با استفاده از روش حجم محدود مرکز سلولی انجام شده است. دامنه مکانی بوسیله تقسیم محیط به المان های غیرپیوسته انجام شده است.

۹-۲-معادلات حاکم

۹-۲-۱-معادلات حاکم سه بعدی در مختصات کارتیزین

۹-۲-۱-۱-معادلات آب کم عمق

این مدل براساس حل معادلات ناویه-استوکس برای سیال غیرقابل تراکم رینالدر میانگین با شرط قبول فرضیات بوزینسک و فشار هیدرودینامیک می‌باشد. معادله پیوستگی محلی به صورت زیر نوشته می‌شود.

(۱)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S$$

و دو معادله مومنتم در افق برای مؤلفه‌های x و y به ترتیب هستند.

(۲)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S$$

(۳)

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S$$

جاییکه t زمان، x ، y و z مختصات کارتزین، η ارتفاع سطحی، d عمق آب سطحی ساکن، $h = d + \eta$ کل عمق آب، u ، v و w مؤلفه‌های سرعت در راستاهای x ، y و z می‌باشند، $f = 2\Omega \sin \phi$ پارامتر کوریولیس است (Ω نرخ زاویه‌ای و چرخش و ϕ عرض جغرافیایی است)، g شتاب گرانش، ρ دانسیته و v_t لزجت آشفتگی عمودی (یا ادی)، p_a فشار اتمسفری و ρ_0 چگالی مرجع می‌باشد. S اندازه دبی به دلیل وجود چشمه‌های نقطه‌ای و u_s و v_s سرعت‌هایی هستند که آب از اطراف در محیط تخلیه می‌شود. جملات تنش افقی با استفاده از رابطه تنش-شیب، که به صورت زیر ساده می‌شود، بیان می‌شوند.

(۴)

$$F_u = \frac{\partial}{\partial x} \left(2A \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right)$$

(۵)

$$F_v = \frac{\partial}{\partial x} \left(A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2A \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

جاییکه A لزجت آشفتگی افقی است.

شرایط مرزی کف و سطح برای u ، v و w به این صورت هستند.

$$z = \eta$$

(۶)

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} - w = 0, \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 v_t} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

$$z = -d$$

(۷)

$$u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} + w = 0, \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 \nu_t} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

جاییکه (τ_{bx}, τ_{by}) و (τ_{sx}, τ_{sy}) مؤلفه‌های در راستاهای x و y تنش‌های کف و باد سطحی می‌باشند. عمق آب کل، h زمانی که میدان سرعت توسط معادلات مومنتم و پیوستگی مشخص شده است، می‌تواند توسط شرایط مرزی کینماتیک در سطح تعیین شوند. اگرچه یک معادله قوی‌تر با انتگرال‌گیری عمودی از معادله پیوستگی محلی حاصل می‌شود.

(۸)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h \bar{v}}{\partial y} = hS + \bar{P} - \bar{E}$$

جاییکه \bar{P} و \bar{E} به ترتیب نرخ‌های تبخیر و بارش هستند و \bar{u} و \bar{v} سرعت‌های میانگین عمقی می‌باشند.

(۹)

$$\bar{u} = \int_{-d}^{\eta} u dz \quad \bar{v} = \int_{-d}^{\eta} v dz$$

سیال غیرقابل تراکم فرض می‌شود. بنابراین چگالی ρ ، به فشار بستگی ندارد و تنها به دما T و شوری S از طریق معادله حالت مربوط می‌شود.

(۱۰)

$$\rho = \rho(T, S)$$

در اینجا معادله حالت *UNESCO* استفاده شده است (به *UNESCO* در سال ۱۹۸۱ نگاه کنید).

۹-۲-۱-۲- معادلات انتقال برای شوری و دما

انتقال دما T و شوری S از معادلات پخشیدگی-انتقال پیروی می‌کنند.

(۱۱)

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial uT}{\partial x} + \frac{\partial vT}{\partial y} + \frac{\partial wT}{\partial z} = F_T + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \bar{H} + T_s S$$

(۱۲)

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial uS}{\partial x} + \frac{\partial vS}{\partial y} + \frac{\partial wS}{\partial z} = F_s + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial S}{\partial z} \right) + \bar{H} + S_s S$$

جاییکه D_v ضریب پخشیدگی (ادی) آشفته‌گی عمودی است، \bar{H} جمله چشمه به دلیل تبادل گرما با اتمسفر است، و S_s شوری و T_s دمای چشمه می‌باشند، F جمله پخشیدگی افقی است که به صورت زیر تعریف می‌شود.

(۱۳)

$$(F_T, F_S) = \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) \right) + \left(\frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right) (T, S)$$

جاییکه D_h ضریب پخشیدگی افقی است. ضرایب پخشیدگی می‌توانند به لزجت مغشوش به صورت زیر مرتبط شوند.

(۱۴)

$$D_h = \frac{A}{\sigma_T}, D_v = \frac{v_t}{\sigma_T}$$

جاییکه σ_T عدد پراتل است. در بسیاری کاربردها عدد ثابت پراتل می‌تواند استفاده شود (به $Rodi$ در سال ۱۹۸۴ مراجعه کنید). شرایط مرزی کف و سطح برای دما به صورت زیر هستند.

$$z = \eta$$

(۱۵)

$$D_h \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{Q_n}{\rho_0 c_p} + T_p \bar{P} - T_e \bar{E}$$

$$z = -d$$

(۱۶)

$$\frac{\partial T}{\partial z} = 0$$

جاییکه Q_n شار گرمای خالص سطحی و $c_p = 4217 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{K}$ گرمای ویژه آب است. بیان همراه با جزییات برای

تعیین Q_n و \bar{H} در بخش ۷ داده شده است. شرایط مرزی کف و سطح به صورت زیر هستند:

$$z = \eta$$

(۱۷)

$$\frac{\partial s}{\partial z} = 0$$

$$z = -d$$

(۱۸)

$$\frac{\partial s}{\partial z} = 0$$

وقتی که تبادل گرما از اتمسفر در نظر گرفته شده باشد، تبخیر به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۱۹)

$$\bar{E} = \begin{cases} \frac{q_v}{\rho_0 l_v} & q > 0 \\ 0 & q \leq 0 \end{cases}$$

جاییکه q_v شار گرمای نهان و $l_v = 2.5 \times 10^6$ گرمای نهان بخار آب است.

۹-۲-۱-۳- معادله انتقال برای یک مقدار عددی

معادله انتقال برای یک مقدار عددی (*scalar quantity*) به صورت زیر است.

(۲۰)

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} = F_C + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial C}{\partial z} \right) - k_p C + C_s S$$

جاییکه C غلظت به صورت یک اسکالر است، k_p نرخ اضمحلال آن مقدار عددی، C_s غلظت مقدار عددی در چشمه و D_v

ضریب پخشیدگی عمودی است. F_C جمله پخشیدگی افقی تعریف شده به صورت زیر است.

(۲۱)

$$F_C = \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial C}{\partial x} \right) \right) + \left(\frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial C}{\partial y} \right) \right) C$$

جاییکه D_h ضریب پخشیدگی افقی است.

۹-۲-۱-۴- مدل آشفستگی

آشفستگی با استفاده از مفهوم چسبندگی ادی مدل می‌شود. لزوجت آشفستگی اغلب به صورت جداگانه برای انتقال افقی و عمودی بیان می‌شود. در اینجا مدل‌های آشفستگی متعددی مانند، لزوجت ثابت، لزوجت سهمی عمودی و مدل استاندارد (*Rodi*) در سال ۱۹۸۴ می‌توانند، به کار گرفته شوند. در بسیاری مدلسازی‌های عددی، آشفستگی‌های با مقیاس کوچک بوسیله ریزنمایی مکانی اتخاذ شده قابل ارائه نیستند، این نوع آشفستگی‌ها می‌توانند با استفاده از مدل‌های با مقیاس ریز شبکه (*sub-grid*) تقریب زده شوند.

الف) لزوجت گردابه‌ای عمودی

لزوجت گردابه‌ای از قانون لگاریتمی بوسیله معادله زیر محاسبه می‌شود.

(۲۲)

$$v_t = U_\tau h \left(c_1 \frac{z+d}{h} + c_2 \left(\frac{z+d}{h} \right)^2 \right)$$

جاییکه $U_\tau = \max(U_{\tau s}, U_{\tau b})$ و c_1 و c_2 دو ثابت هستند و $U_{\tau b}$ ، $U_{\tau s}$ سرعت‌های اصطکاک مرتبط با تنش‌های

کف و سطح می‌باشند، $c_1 = 0.41$ و $c_2 = -0.41$ نیمرخ سهمی استاندارد را بدست می‌دهند.

در کاربردهای همراه با لایه‌بندی تأثیرات شناوری (*buoyancy*) می‌توانند به صورت مستقیم لحاظ شوند. این کار از طریق معرفی عدد ریچاردسون وابسته به میرایی ضریب لزوجت گردابه‌ای، جاییکه یک لایه‌بندی پایدار اتفاق می‌افتد، انجام می‌شود. میرایی بیان عمومی فرمول‌بندی *Munk – Anderson* (در سال ۱۹۴۸) می‌باشد.

(۲۳)

$$v_t = v_t^*(1 + aRi)^{-b}$$

جاییکه v_t^* لزوجت گردابه‌ای غیرمیرا و Ri شیب محلی عدد ریچاردسون است.

(۲۴)

$$Ri = -\frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial z} \left(\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right)^{-1}$$

$a = 10$ و $b = 0.5$ ثابت‌های تجربی هستند.

در مدل $\varepsilon - k$ ، لزوجت گردابه‌ای با استفاده از پارامترهای آشفتگی k و ε به صورت زیر محاسبه می‌شود.

(۲۵)

$$v_t = c_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

جاییکه k انرژی جنبشی آشفتگی^{۲۱} در واحد جرم (TKE)، ε پخشیدگی TKE و c_μ یک ضریب تجربی است. انرژی

جنبشی آشفتگی k و ε پخشیدگی TKE ، با استفاده از معادلات انتقال محاسبه می‌شوند.

(۲۶)

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial uk}{\partial x} + \frac{\partial vk}{\partial y} + \frac{\partial wk}{\partial z} = F_k + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) + P + B - \varepsilon$$

(۲۷)

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial u\varepsilon}{\partial x} + \frac{\partial v\varepsilon}{\partial y} + \frac{\partial w\varepsilon}{\partial z} = F_\varepsilon + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + \frac{\varepsilon}{k} (c_{1\varepsilon}P + c_{3\varepsilon}B - c_{2\varepsilon}\varepsilon)$$

جاییکه P تولید برشی (*shear production*) و B تولید شناوری (*buoyancy production*) به صورت

زیر داده شده‌اند.

(۲۸)

$$P = \frac{\tau_{xz}}{\rho_0} \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\tau_{yz}}{\rho_0} \frac{\partial v}{\partial z} \approx v_t \left(\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right)$$

^{۲۱} turbulent kinetic energy

(۲۹)

$$B = -\frac{v_t}{\sigma_t} N^2$$

که N فرکانس *Brunt – Väisälä* است، که به صورت زیر تعریف می‌شود.

(۳۰)

$$N^2 = -\frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial z}$$

σ_t عدد پراتل و σ_k ، σ_ε ، $C_{1\varepsilon}$ ، $C_{2\varepsilon}$ و $C_{3\varepsilon}$ ثابت‌های تجربی هستند. F ها جملات پخشیدگی افقی تعریف شده به

صورت زیر هستند.

(۳۱)

$$(F_k, F_\varepsilon) = \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) \right) + \left(\frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right) (k, \varepsilon)$$

ضرایب پخشیدگی افقی به ترتیب $D_h = A/\sigma_k$ و $D_h = A/\sigma_\varepsilon$ هستند. چندین ضریب تجربی به دقت کالیبره شده

در مدل وارد می‌شوند. ثابت‌های تجربی در جدول ۹-۱ لیست شده‌اند (*Rodi* در سال ۱۹۸۴).

جدول ۹-۱: مقادیر ثابت تجربی در مدل $k - \varepsilon$

C_μ	$C_{1\varepsilon}$	$C_{2\varepsilon}$	$C_{3\varepsilon}$	σ_t	σ_k	σ_ε
0.09	1.44	1.92	0.0	0.9	1.0	1.3

در شرایط مرزی در سطح، انرژی جنبشی آشفتگی و نرخ پخش (*dissipation*) آن به تنش برشی باد U_{τ} بستگی

دارند.

در $z = \eta$:

(۳۲)

$$k = \frac{1}{\sqrt{c_\mu}} U_{\tau s}^2$$

(۳۳)

$$\varepsilon = \frac{U_{\tau s}^3}{k\Delta z_b} \quad \text{for } U_{\tau s} > 0$$

$$\varepsilon = \frac{(k\sqrt{c_\mu})^{3/2}}{akh} \frac{\partial k}{\partial z} = 0 \quad \text{for } U_{\tau s} = 0$$

جاییکه $k = 0.4$ ثابت فن کارمن است. $a = 0.07$ ثابت تجربی و Δz_s فاصله از سطح جاییکه شرط مرزی وارد می‌شوند، است. در شرط مرزی کف

$$\text{در } z = -d \quad (34)$$

$$\varepsilon = \frac{U_{\tau b}^3}{k\Delta z_b}, k = \frac{1}{\sqrt{c_\mu}} U_{\tau b}^2$$

جاییکه Δz_b فاصله از کف جاییکه شرط مرزی وارد می‌شود، است.

ب) لزوجت گردابه‌ای افقی

در بسیاری کاربردها یک لزوجت گردابه‌ای ثابت می‌تواند برای لزوجت گردابه‌ای افقی استفاده شود. به صورت جایگزین اسماگورینسکی در سال ۱۹۶۳ راهی برای بیان انتقال‌های با مقیاس ریز شبکه بوسیله لزوجت گردابه‌ای مؤثر مرتبط با یک مقیاس طولی مشخصه پیشنهاد کرد. لزوجت گردابه‌ای زیر-مقیاس به صورت زیر داده می‌شود.

(۳۵)

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

جاییکه c_s یک ثابت، l طول مشخصه است و نرخ تغییر شکل به صورت زیر داده شده است:

(۳۶)

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (i, j = 1, 2)$$

۹-۲-۱-۵- معادلات حاکم سه بعدی در مختصات دکارتی

معادلات با استفاده از نگاشت عمودی سیگما حل می‌شوند.

(۳۷)

$$\sigma = \frac{z-z_b}{h} \quad x' = x \quad y' = y$$

جاییکه σ بین صفر در کف و یک در سطح تغییر می‌کند. نگاشت مختصات به روابط زیر منتج می‌شود:

(۳۸)

$$\frac{\partial}{\partial z} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma}$$

(۳۹)

$$\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right) = \left(\frac{\partial}{\partial x'} - \frac{1}{h} \left(-\frac{\partial d}{\partial x} + \sigma \frac{\partial h}{\partial x} \right) \frac{\partial}{\partial \sigma}, \frac{\partial}{\partial y'} - \frac{1}{h} \left(-\frac{\partial d}{\partial y} + \sigma \frac{\partial h}{\partial y} \right) \frac{\partial}{\partial \sigma} \right)$$

در این سیستم مختصات جدید معادلات حاکم به صورت زیر تعریف می‌شوند:

(۴۰)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x'} + \frac{\partial vh}{\partial y'} + \frac{\partial wh}{\partial \sigma} = hS$$

(۴۱)

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial u^2 h}{\partial x'} + \frac{\partial vuh}{\partial y'} + \frac{\partial wuh}{\partial \sigma} =$$

(۴۲)

$$f_v h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xx}}{\partial y} \right) + hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + hu_s S$$

$$\frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial vuh}{\partial x'} + \frac{\partial v^2 h}{\partial y'} + \frac{\partial wuh}{\partial \sigma} =$$

$$f_u h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y'} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y'} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + hv_s S$$

(۴۳)

$$\frac{\partial hT}{\partial t} + \frac{\partial uhT}{\partial x'} + \frac{\partial vhT}{\partial y'} + \frac{\partial whT}{\partial \sigma} = hF_T + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right) + h\bar{H} + hT_s S$$

(۴۴)

$$\frac{\partial hs}{\partial t} + \frac{\partial uhs}{\partial x'} + \frac{\partial vhs}{\partial y'} + \frac{\partial whs}{\partial \sigma} = hF_s + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial s}{\partial \sigma} \right) + h\bar{H} + hs_s S$$

(۴۵)

$$\frac{\partial hk}{\partial t} + \frac{\partial uhk}{\partial x'} + \frac{\partial vhk}{\partial y'} + \frac{\partial whk}{\partial \sigma} = hF_k + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial \sigma} \right) + h(P + B - \varepsilon)$$

(۴۶)

$$\frac{\partial h\varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial uh\varepsilon}{\partial x'} + \frac{\partial vh\varepsilon}{\partial y'} + \frac{\partial wh\varepsilon}{\partial \sigma} = hF_\varepsilon + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma} \right) + h \frac{\varepsilon}{k} (c_{1\varepsilon} P + c_{3\varepsilon} B - c_{2\varepsilon} \varepsilon)$$

(۴۷)

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial uhC}{\partial x'} + \frac{\partial vhC}{\partial y'} + \frac{\partial whC}{\partial \sigma} = hF_C + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) + hk_p C + hC_s$$

سرعت عمودی اصلاح شده به صورت زیر تعریف می‌شود.

(۴۸)

$$\omega = \frac{1}{h} \left(w + u \frac{\partial d}{\partial x'} + v \frac{\partial d}{\partial y'} - \sigma \left(\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial d}{\partial x'} + v \frac{\partial d}{\partial y'} \right) \right)$$

سرعت عمودی اصلاح شده، سرعت در عرض یک سطح با σ ثابت است. جملات پخشیدگی افقی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

(۴۹)

$$hF_u \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(2hA \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hA \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) \quad (50)$$

$$hF_v \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(hA \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2hA \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (51)$$

$$h(F_T, F_S, F_k, F_\varepsilon, F_C) \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) (T, S, k, \varepsilon, C)$$

شرط مرزی در سطح آزاد و در کف به صورت زیر است:

در $\sigma = 1$

(۵۲)

$$\omega = 0 \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 v_t} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

در $\sigma = 0$

(۵۳)

$$\omega = 0 \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = \frac{h}{\rho_0 v_t} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

معادله تعیین عمق آب بوسیله تبدیل مختصات تغییر نمی‌کند. بنابراین معادله ۶ ثابت می‌ماند.

۹-۲-۲- معادلات حاکم سه بعدی در مختصات کروی و سیگما

در مختصات کروی متغیرهای مستقل، طول جغرافیایی λ و عرض جغرافیایی ϕ می‌باشند. میدان سرعت افقی (u, v) به صورت زیر تعریف می‌شود.

(۵۴)

$$u = R \cos \phi \frac{d\lambda}{dt} \quad v = R \frac{d\phi}{dt}$$

جایگاه R شعاع زمین است.

در این سیستم مختصات، معادلات حاکم به صورت زیر داده شده‌اند (تمامی بالانویس‌های بیانگر مختصات جدید برای راحتی درک نمادها حذف شده‌اند).

(۵۵)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial hu}{\partial \lambda} + \frac{\partial hv \cos \phi}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial h\omega}{\partial \sigma} = hS$$

(۵۶)

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial hu^2}{\partial \lambda} + \frac{\partial huv \cos \phi}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial h\omega u}{\partial \sigma} = \left(f + \frac{u}{R} \tan \phi \right) vh - \frac{1}{R \cos \phi} \left(gh \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial \phi} + \frac{g}{\rho_0} \int_z \eta \frac{\partial \rho}{\partial \lambda} dz + \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial \lambda} + \cos \phi \frac{\partial s_{xy}}{\partial \phi} \right) \right) + hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + hu_s S$$

(۵۷)

$$\frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial huv}{\partial \lambda} + \frac{\partial hv^2 \cos \phi}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial h\omega v}{\partial \sigma} = \left(f + \frac{u}{R} \tan \phi \right) uh - \frac{1}{R \cos \phi} \left(gh \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial \phi} + \frac{g}{\rho_0} \int_z \eta \frac{\partial \rho}{\partial \lambda} dz + \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial s_{yx}}{\partial \lambda} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial \phi} \right) \right) + hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + hv_s S$$

(۵۸)

$$\frac{\partial hT}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial huT}{\partial \lambda} + \frac{\partial hvT \cos \phi}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial h\omega T}{\partial \sigma} = hF_T + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right) + h\bar{H} + hT_s S$$

(۵۹)

$$\frac{\partial hs}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial hus}{\partial \lambda} + \frac{\partial hvs \cos \phi}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial h\omega s}{\partial \sigma} = hF_s + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial s}{\partial \sigma} \right) + hs_s S$$

(۶۰)

$$\frac{\partial hk}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial huk}{\partial \lambda} + \frac{\partial hvk \cos \phi}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial h\omega k}{\partial \sigma} = hF_k + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial \sigma} \right) + h(P + B - \varepsilon)$$

(۶۱)

$$\frac{\partial h\varepsilon}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial hu\varepsilon}{\partial \lambda} + \frac{\partial hv\varepsilon \cos \phi}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial h\omega \varepsilon}{\partial \sigma} = hF_\varepsilon + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma} \right) + h \frac{\varepsilon}{k} (c_{1\varepsilon} P + c_{3\varepsilon} B - c_{2\varepsilon} \varepsilon)$$

(۶۲)

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial huC}{\partial \lambda} + \frac{\partial hvC \cos \phi}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial h\omega C}{\partial \sigma} = hF_C + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) + hk_p C + hC_s S$$

سرعت عمودی اصلاح شده در مختصات کروی به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۶۳)

$$\omega = \frac{1}{h} \left(W + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial d}{\partial \lambda} + \frac{v}{R} \frac{\partial d}{\partial y} - \sigma \left(\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial h}{\partial \lambda} + \frac{v}{R} \frac{\partial h}{\partial \phi} \right) \right)$$

معادله تعیین کننده عمق آب در مختصات کروی به صورت زیر است.

(۶۴)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \left(\frac{\partial h \bar{u}}{\partial \lambda} + \frac{\partial h \bar{v} \cos \phi}{\partial \phi} \right) = hS$$

۹-۲-۳- معادلات حاکم دو بعدی در مختصات کارتیزین

۹-۲-۳-۱- معادلات آب کم عمق

با انتگرال گیری از معادلات مومنتم افقی و معادله پیوستگی در تمام عمق $h = \eta + d$ معادلات آب کم عمق دو بعدی

بدست می‌آیند:

(۶۵)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h \bar{v}}{\partial y} = hS$$

(۶۶)

$$\frac{\partial h \bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h \bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h \bar{u} \bar{v}}{\partial y} = f \bar{v} h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S$$

(۶۷)

$$\frac{\partial h \bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h \bar{u} \bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h \bar{v}^2}{\partial y} = -f \bar{u} h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S$$

نماد خط بالای حروف بیانگر میانگین عمقی است. برای مثال \bar{u} و \bar{v} سرعت‌های متوسط عمقی به صورت زیر تعریف

می‌شوند.

(۶۸)

$$h \bar{u} = \int_{-d}^{\eta} u dz, h \bar{v} = \int_{-d}^{\eta} v dz$$

تنش‌های جانبی T_{ij} شامل اصطکاک آشفته‌گی و همرفتی تفاضلی (*differential advection*) هستند. آن‌ها با

استفاده از فرمول بندی لزوجت گردابه‌ای براساس شیب‌های سرعت میانگین عمقی تخمین زده می‌شوند.

(۶۹)

$$T_{xx} = 2A \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \quad T_{xy} = A \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \quad T_{yy} = 2A \frac{\partial \bar{v}}{\partial y}$$

۹-۲-۳-۲- معادلات انتقال برای شوری و دما

با انتگرال‌گیری از معادلات انتقال برای شوری و دما در عمق، معادلات انتقال دو بعدی زیر حاصل می‌شوند.

(۷۰)

$$\frac{\partial h\bar{T}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{T}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{T}}{\partial y} = hF_T + h\bar{H} + hT_s S$$

(۷۱)

$$\frac{\partial h\bar{S}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{S}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{S}}{\partial y} = hF_s + hS_s S$$

جاییکه \bar{T} و \bar{S} شوری و دمای میانگین عمقی هستند.

۹-۲-۳-۳- معادلات انتقال برای یک مقدار عددی

با انتگرال‌گیری از معادلات انتقال برای یک مقدار عددی در عمق معادلات انتقال دو بعدی زیر حاصل می‌شوند:

(۷۲)

$$\frac{\partial h\bar{C}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{C}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{C}}{\partial y} = hF_C - hk_p \bar{C} + hC_s S$$

جاییکه \bar{C} مقدار عددی متوسط عمقی است.

۹-۲-۴- معادلات دو بعدی حاکم در مختصات کروی

در مختصات کروی متغیرهای مستقل، طول جغرافیایی λ و عرض جغرافیایی ϕ هستند. میدان سرعت افقی (u, v) به

صورت زیر تعریف می‌شود.

(۷۳)

$$\bar{u} = R \cos\phi \frac{d\lambda}{dt} \quad \bar{v} = R \frac{d\phi}{dt}$$

جاییکه R شعاع زمین است.

در مختصات کروی معادله حاکم می‌تواند به صورت زیر نوشته شود.

(۷۴)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{R \cos\phi} \left(\frac{\partial h\bar{u}}{\partial \lambda} + \frac{\partial h\bar{v} \cos\phi}{\partial \phi} \right) = 0$$

(۷۵)

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{1}{R \cos\phi} \left(\frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial \lambda} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v} \cos\phi}{\partial \phi} \right) = \left(f + \frac{\bar{u}}{R} \tan\phi \right) \bar{v}h - \frac{1}{R \cos\phi} \left(gh \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial \lambda} + \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial \lambda} + \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial \lambda} + \cos\phi \frac{\partial s_{xy}}{\partial \phi} \right) \right) + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S$$

(۷۶)

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{1}{R \cos\phi} \left(\frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial \lambda} + \frac{\partial h\bar{v}^2 \cos\phi}{\partial t} \right) = - \left(f + \frac{\bar{u}}{R} \tan\phi \right) \bar{u}h - \frac{1}{R} \left(gh \frac{\partial \eta}{\partial \phi} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial \phi} + \right.$$

$$\left. \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial \phi} + \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{1}{\cos\phi} \frac{\partial s_{yx}}{\partial \lambda} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial \phi} \right) \right) + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + h\nu_s S$$

(۷۷)

$$\frac{\partial h\bar{T}}{\partial t} + \frac{1}{R \cos\phi} \left(\frac{\partial h\bar{u}\bar{T}}{\partial \lambda} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{T} \cos\phi}{\partial \phi} \right) = hF_T + h\bar{H} + hT_s S$$

(۷۸)

$$\frac{\partial h\bar{s}}{\partial t} + \frac{1}{R \cos\phi} \left(\frac{\partial h\bar{u}\bar{s}}{\partial \lambda} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{s} \cos\phi}{\partial \phi} \right) = hF_s + hS_s S$$

(۷۹)

$$\frac{\partial h\bar{c}}{\partial t} + \frac{1}{R \cos\phi} \left(\frac{\partial h\bar{u}\bar{c}}{\partial \lambda} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{c} \cos\phi}{\partial \phi} \right) = hF_c - hk_p \bar{c} + hC_s S$$

۹-۲-۵- تنش کف

تنش کف $\vec{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by})$ بوسیله یک قانون اصطکاک درجه دو (quadratic) بیان می‌شود.

(۸۰)

$$\frac{\vec{\tau}_b}{\rho_0} = c_f \vec{u}_b |\vec{u}_b|$$

جاییکه c_f ضریب کشش و $\vec{u}_b = (u_b, v_b)$ سرعت جریان بالای کف است. سرعت اصطکاک مرتبط با تنش کف به

صورت زیر داده شده است.

(۸۱)

$$\vec{u}_{\tau b} = \sqrt{c_f |u_b|^2}$$

برای محاسبات دو بعدی \vec{u}_b سرعت میانگین عمقی است و ضریب کشش می‌تواند با استفاده از عدد شزی C و یا مانینگ

M تعیین شود.

(۸۲)

$$c_f = \frac{g}{C^2}$$

(۸۳)

$$c_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2}$$

برای محاسبات سه بعدی \vec{u}_b سرعت در یک فاصله ΔZ_b بالای کف و ضریب کشش با فرض نیمرخ لگاریتمی بین کف و

یک نقطه ΔZ_b بالای کف تعیین می‌شود.

(۸۴)

$$C_f = \frac{1}{\left(\frac{1}{k} \ln\left(\frac{\Delta z_b}{z_0}\right)\right)^2}$$

جاییکه $k = 0.4$ ثابت فن کارمن و Z_0 مقیاس طولی زبری کف است، وقتی که سطح مرز زبر باشد Z_0 به ارتفاع زبری بستگی دارد.

(۸۵)

$$z_0 = m k_s$$

جاییکه m تقریباً برابر $\frac{1}{30}$ است.

توجه کنید که عدد مانینگ می‌تواند از ارتفاع زبری کف با استفاده از رابطه زیر بدست آید.

(۸۶)

$$M = \frac{25.4}{k_s^{1/6}}$$

۹-۲-۶- تنش باد

در مناطقی که بوسیله یخ پوشیده نشده‌اند تنش سطحی $(\tau_{sx}, \tau_{sy}) = \vec{\tau}_s$ بوسیله باد بالای سطح تعیین می‌شود. این تنش بوسیله رابطه تجربی زیر داده شده است.

(۸۷)

$$\vec{\tau}_s = \rho_a c_d |u_w| \bar{u}_w$$

جاییکه ρ_a چگالی هوا، c_d ضریب کشش هوا و $\bar{u}_w = (u_w, v_w)$ سرعت باد در ۱۰ متری بالای سطح آب است. سرعت اصطکاک مرتبط با تنش سطحی به صورت زیر داده می‌شود.

(۸۸)

$$U_{\tau s} = \sqrt{\frac{\rho_a c_d |\bar{u}_w|^2}{\rho_0}}$$

ضریب کشش می‌تواند یک مقدار ثابت باشد یا بستگی به سرعت باد داشته باشد. فرمول تجربی پیشنهاد شده توسط Wu در سال ۱۹۸۴ و ۱۹۹۴ برای فرمول‌بندی ضریب کشش استفاده می‌شود.

(۸۹)

$$c_f = \begin{cases} c_a & w_{10} \leq w_a \\ c_a + \frac{c_b - c_a}{w_b - w_a} (w_b - w_a) & w_a \leq w_{10} \leq w_b \\ c_b & w_b \leq w_{10} \end{cases}$$

جاییکه c_a ، c_b ، w_a و w_b فاکتورهای تجربی و w_{10} سرعت باد در ۱۰ متری بالای سطح دریاست. مقادیر پیش فرض برای فاکتورهای تجربی $c_a = 1.255 \times 10^{-3}$ ، $c_b = 2.425 \times 10^{-3}$ ، $w_a = 7 \text{ m/s}$ و $w_b = 25 \text{ m/s}$ هستند. این‌ها عموماً نتایج خوبی برای کاربردهای دریای آزاد بدست می‌دهند.

اندازه‌گیری‌های میدانی ضریب کشش در دریاچه‌ها نشان می‌دهد که ضریب کشش بیشتر از داده‌های اقیانوسی است. برای بررسی جزئیات ضریب کشش به *Plant* و *Geernaert* در سال ۱۹۹۰ مراجعه کنید.

۹-۲-۷- پوشش یخی

در نظر گرفتن اثرات پوشش یخی در میدان جریان امکان‌پذیر است. در مناطقی که دریا با یخ پوشیده شده از تنش باد صرف نظر می‌شود. در عوض تنش سطحی ناشی از زبری یخ می‌باشد. تنش سطحی $\vec{\tau}_s = (\tau_{sx}, \tau_{sy})$ با یک قانون اصطکاک درجه دوم بیان می‌شود.

(۹۰)

$$\frac{\vec{\tau}_s}{\rho_0} = c_f |\vec{u}_s| \vec{u}_s$$

جاییکه c_f ضریب کشش و $\vec{u}_s = (u_s, v_s)$ سرعت جریان در زیر سطح است. سرعت اصطکاک مرتبط با تنش سطحی به صورت زیر داده شده است.

(۹۱)

$$U_{\tau s} = \sqrt{c_f |\vec{u}_s|^2}$$

برای محاسبات دو بعدی \vec{u}_s سرعت میانگین عمقی و ضریب کشش می‌تواند از یک عدد مانینگ (M) تخمین زده شود.

(۹۲)

$$c_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2}$$

عدد مانینگ M از ارتفاع زبری بستر با استفاده از فرمول زیر بدست می‌آید.

(۹۳)

$$M = \frac{25.4}{k_s^{1/6}}$$

محاسبات سه بعدی \vec{u}_s سرعت در یک فاصله Δz_s زیر سطح است و ضریب کشش با فرض یک نیمرخ لگاریتمی بین سطح و یک نقطه Δz_b زیر سطح تعیین می‌شود.

(۹۴)

$$c_f = \frac{1}{\left(\frac{1}{k} \ln\left(\frac{\Delta z_s}{z_0}\right)\right)^2}$$

جاییکه $k = 0.4$ ثابت فن کارمن و z_0 مقیاس طولی زبری بستر است. هنگامی که سطح مرز زبر باشد z_0 بسته به ارتفاع

زبری k_s دارد.

(۹۵)

$$z_0 = mk_s$$

جاییکه m تقریباً برابر $\frac{1}{30}$ است.

۹-۲-۸- پتانسیل جزر و مدی

پتانسیل جزر و مدی (*tidal potential*) یک نیرو است که با تغییرات در گرانش به دلیل حرکت نسبی زمین، ماه و خورشید که در دامنه محاسبات عمل می‌کنند، ایجاد می‌شود. این نیرو با تکرار (expanded in frequency space) افزایش می‌یابد و این پتانسیل مجموع تعداد تمام جملات بیانگر مؤلفه‌های جزر و مدی است.

این نیرو به صورت یک به اصطلاح جزر و مد تعادل (so – called equilibrium tide) که می‌تواند به شکل ارتفاع تئوری رخ داده تا زمین با آب پر شود، اعمال می‌شود. این نیرو در معادله مومنتم (برای مثال معادلات ۶۶ و ۷۵) به صورت یک جمله اضافی بیانگر شیب ارتفاع‌های جزر و مدی معادل به گونه‌ای که ارتفاع η می‌تواند به صورت مجموع ارتفاع واقعی و پتانسیل جزر و مدی تعادل باشد، دیده می‌شود.

(۹۶)

$$\eta = \eta_{Actual} + \eta_T$$

پتانسیل جزر و مدی تعادل η_T به صورت زیر داده شده است.

(۹۷)

$$\eta_T = \sum_i e_i H_i f_i L_i \cos \left(2\pi \frac{t}{T_i} + b_i + i_0 x \right)$$

جاییکه η_T پتانسیل جزر و مدی تعادل است، i به شماره مؤلفه‌ها اشاره می‌کند (توجه کنید که مؤلفه‌ها در اینجا به صورت متوالی شمرده می‌شوند). e_i یک تصحیح برای جزر و مدی زمین براساس عدد *Love* است. H_i دامنه جزر و مد (*amplitude*) و f_i فاکتور *nodal* در زیر داده شده‌اند، t زمان، T_i دوره تناوب مؤلفه و b_i فاز و x طول جغرافیایی موقعیت واقعی است. فاز b براساس حرکت ماه و خورشید متناسب با زمین است و می‌تواند به صورت زیر داده شود.

(۹۸)

$$b_i = (i_1 - i_0)s + (i_2 + i_0)h + i_3p + i_4N + i_5p_s + u_i \sin(N)$$

جاییکه i_0 گونه‌ها (*species*) می‌باشند و i_1 تا i_5 اعداد *Doodson* هستند. u فاکتور مدولاسیون نودال و s ، h ، N ، p و p_s آرگومان‌های فضایی در جداول ۲ و ۳ داده شده‌اند.

جدول ۹-۲: آرگومان‌های فضایی

طول جغرافیایی متوسط ماه	s	$277.02 + 481267.89T + 0.0011T^2$
طول جغرافیایی میانگین خورشید	h	$280.19 + 36000.77T + 0.0003T^2$
طول جغرافیایی حضیض ماه (<i>perigee</i>)	p	$334.39 + 4069.04T + 0.0103T^2$
<i>Longitude of ascending node</i>	N	$259.16 + 1934.14T + 0.0021T^2$
طول جغرافیایی حضیض خورشیدی (<i>perihelion</i>)	p_s	$281.22 + 1.72T + 0.0005T^2$

در جدول ۹-۲ مبنای محاسبه زمان T اول ژانویه ۱۹۰۰ *UTC* است.

بنابراین $T = (365(y - 1900) + (d - 1) + i) / 36525$ و $i = \text{int}(y - 1901) / 4$ و y سال

است و d شماره روز است.

$$i_0 = 0 \quad L = 3 \sin^2(y) - 1$$

$$i_0 = 1 \quad L = \sin(2y)$$

$$i_0 = 2 \quad L = \cos^2 y$$

L بستگی به شماره گونۀ i_0 و عرض جغرافیایی y دارد.

فاکتور نودال f_i بیانگر مدولاسیون تحلیل هارمونیک است و می‌تواند برای بعضی مؤلفه‌ها در جدول ۹-۳ حاصل شود.

جدول ۹-۳: مدولاسیون نودال

	f_i	u_i
M_m	$1.000 - 0.130 \cos(N)$	0
M_f	$1.043 + 0.414 \cos(N)$	$-23.7 \sin(N)$
Q_1, O_1	$1.009 + 0.187 \cos(N)$	$10.8 \sin(N)$
K_1	$1.006 + 0.115 \cos(N)$	$-8.9 \sin(N)$
$M_2, N_2, v_2, \mu_2, 2N_2$	$1.000 + 0.037 \cos(N)$	$-2.1 \sin(N)$
K_2	$1.024 + 0.286 \cos(N)$	$-17.7 \sin(N)$

۹-۲-۹- پخشیدگی موج (wave radiation)

تنش‌های درجه دوم ناشی از شکست موج‌های با دوره تناوب کوتاه در مدلسازی می‌توانند لحاظ شوند. تنش‌های پخشیدگی (*radiation*) به صورت نیروهای عامل برای جریان میانگین عمل می‌کنند و می‌توانند برای محاسبه موج القایی استفاده شوند.

۹-۲-۱۰- تبادل گرمایی

تبادل گرمایی با اتمسفر براساس چهار فرآیند فیزیکی محاسبه می‌شود.

- ۱- شار گرمای نهان (یا افت گرمایی ناشی از تبخیر)
- ۲- شار گرمایی محسوس (یا شار گرمایی ناشی از همرفت)
- ۳- تشعشع موج کوچک خالص
- ۴- تشعشع موج بلند ناخالص

شارهای گرمای نهان و تشعشع موج بلند فرض می‌شوند که در سطح اتفاق می‌افتند. نیمرخ جذب برای شار موج کوتاه با استفاده از قانون Beer تخمین زده می‌شود. کاهش شدت نور (*attenuation of the light intensity*) بوسیله قانون اصلاح شده Beer بیان می‌شود.

(۹۹)

$$I_d = (1 - \beta)I_0 e^{-\lambda d}$$

جاییکه I_d شدت در عمق d زیر سطح، I_0 شدت دقیقاً زیر سطح آب، β مقدار یست که بخشی از انرژی نور (مادون قرمز) را که جذب سطحی می‌شود، لحاظ می‌کند. λ ضریب میرایی نور است. مقادیر نمونه برای β و λ به ترتیب $0.2 - 0.6$ و $\lambda = 0.5 - 1.4 m^{-1}$ هستند. مقادیر پیش فرض $\beta = 0.3$ و $\lambda = 1.0 m^{-1}$ هستند. قسمتی از انرژی نورانی که در نزدیک سطح جذب می‌شود برابر βI_0 است. افت تشعشع موج کوتاه خالص $q_{sr,net}$ توسط قانون *Beer* اصلاح شده بیان می‌شود. بنابراین شار گرمایی خالص سطحی به صورت زیر داده شده است.

$$(100)$$

$$Q_n = q_v + q_c + \beta q_{sr,net} + q_{tr,net}$$

برای محاسبات سه بعدی جمله چشمه \bar{H} به صورت زیر می‌باشد.

$$(101)$$

$$\bar{H} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{q_{sr,net}(1-\beta)e^{-\lambda(\eta-z)}}{\rho_0 c_p} \right) = \frac{q_{sr,net}(1-\beta) \frac{e^{-\lambda(\eta-z)}}{\lambda}}{\rho_0 c_p}$$

برای محاسبات دو بعدی جمله چشمه \bar{H} به صورت زیر است.

$$(102)$$

$$\bar{H} = \frac{q_v + q_c + q_{sr,net} + q_{tr,net}}{\rho_0 c_p}$$

محاسبه شار گرمای نهان، شار گرمای محسوس، تشعشع موج کوتاه خالص و تشعشع موج بلند خالص در بخش‌های بعدی آمده‌اند. در مناطقی که بوسیله یخ پوشیده شده‌اند، تبادل گرمایی در نظر گرفته نمی‌شود.

۹-۲-۱۰-۱- تبخیر

قانون دالتون به رابطه زیر برای تلفات گرمایی تبخیر (یا شار نهان) منجر می‌شود.

$$(103)$$

$$q_v = LC_e(a_1 + b_1 W_{2m})(Q_{water} - Q_{air})$$

جاییکه گرمای نهان تبخیر $L = 2.5 \times 10^6 J/kg$ است، $C_e = 1.32 \times 10^{-3}$ ضریب رطوبت، W_{2m} سرعت باد در ۲ متری بالای سطح دریا، Q_{water} چگالی بخار آب نزدیک به سطح، Q_{air} چگالی بخار آب در اتمسفر، a_1 و b_1 ثابت‌هایی هستند که توسط کاربر تعیین می‌شوند. مقادیر پیش فرض $a_1 = 0.5$ و $b_1 = 0.9$ می‌باشند.

اندازه‌گیری Q_{water} و Q_{air} به طور مستقیم امکان‌پذیر نیست، اما چگالی بخار آب می‌تواند به فشار بخار مرتبط شود.

$$(104)$$

$$Q_i = \frac{0.2167}{T_i + T_k} e_i$$

که در آن زیرنویس i هم به آب و هم به هوا ارجاع می‌شود. فشار بخار نزدیک دریا e_{water} می‌تواند با استفاده از دمای آب با فرض اینکه هوای نزدیک سطح اشباع هم دما با آب است، بیان می‌شود.

$$(105)$$

$$e_{water} = 6.11e^K \left(\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_{water}+T_k} \right)$$

جاییکه $K = 5418^\circ K$ و $T_K = 273.15^\circ K$ در صفر درجه سانتیگراد است. به طور مشابه فشار بخار هوا می‌تواند با استفاده از دمای هوا و رطوبت نسبی R بیان شود.

(۱۰۶)

$$e_{air} = R \times 6.11 \times e^K \left(\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_{air}+T_k} \right)$$

با جایگذاری Q_{water} و Q_{air} در این معادلات گرمای نهان می‌تواند به صورت زیر نوشته شود.

(۱۰۷)

$$q_v = -p_v(a_1 + b_1 W_{2m}) \left(\frac{\exp(K(\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_{water}+T_k}))}{T_{water}+T_k} - \frac{\exp(K(\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_{air}+T_k}))}{T_{air}+T_k} \right)$$

جاییکه تمام ثابت‌ها در ثابت نهان جدید $p_v = 4370 J^\circ K/m^3$ لحاظ شده‌اند. در حین سرد شدن سطح افت گرمای نهان تأثیر عمده‌ای بر مقادیر نمونه تا $100 W/m^2$ دارد.

۹-۲-۱۰-۲-همرفت

شار گرمای محسوس (یا شار گرما به دلیل همرفت) بسته به نوع لایه مرزی بین سطح آب و اتمسفر دارد و عموماً این لایه مرزی مغشوش است که رابطه زیر را بدست می‌دهد.

(۱۰۸)

$$q_c = \begin{cases} \rho_{air} c_{air} c_{heating} W_{10} (T_{air} - T_{water}) & T_{air} \geq T_K \\ \rho_{air} c_{air} c_{cooling} W_{10} (T_{air} - T_{water}) & T_{air} < T_K \end{cases}$$

جاییکه ρ_{air} چگالی هوا (kg/m^3)، $c_{air} = 1007 J/(kg \cdot K)$ گرمای ویژه هوا، $c_{cooling} = 0.0011$ ، $c_{heating} = 0.0011$ ، $4186 J/(kg \cdot K)$ ، $c_c = 1.41 \times 10^{-3}$ ضریب انتقال محسوس و W_{10} سرعت باد در ۱۰ متری بالای سطح آب، T_{water} دمای سطح آب و T_{air} دمای هواست. شار گرمای همرفت به طور نمونه بین صفر تا صد (W/m^2) متغیر است.

۹-۲-۱۰-۳-تشنع موج کوتاه

تشنع خورشیدی شامل موج‌های الکترومغناطیسی است که طول موج‌های متغیر از ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ انگستروم (\AA) دارند. بیشتر این‌ها در لایه ازن جذب می‌شوند و تنها بخشی از انرژی برای رسیدن به سطح زمین باقی می‌ماند. علاوه بر این، طیف، هنگامی که اشعه خورشیدی از اتمسفر می‌گذرد، تغییر می‌کند و بیشتر ترکیبات مادون قرمز و ماوراء بنفش نور جذب می‌شوند به گونه‌ای که تشنعات خورشیدی در سطح زمین اساساً شامل نور با طول موج‌های بین ۴۰۰ تا ۹۰۰۰ انگستروم هستند. این تشنعات معمولاً تشنعات موج کوتاه نامیده می‌شوند. شدت آن‌ها بستگی به فاصله از خورشید، زاویه تمایل، عرض جغرافیایی تشنعات غیرزمینی و ابرناکی و مقدار بخار آب موجود در اتمسفر دارد. خروج از مرکز مدار خورشیدی، E_0 به صورت زیر داده شده است.

(۱۰۹)

$$E_0 = \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 = 1.000110 + 0.034221 \cos(\Gamma) + 0.001280 \sin(\Gamma) + \\ 0.000719 \cos(2\Gamma) + 0.000077 \sin(2\Gamma)$$

جاییکه r_0 فاصله میانگین از خورشید، r فاصله واقعی و Γ بر حسب رادیان زاویه روز است. و به صورت زیر تعریف می‌شود.
(۱۱۰)

$$\Gamma = \frac{2\pi(d_n - 1)}{365}$$

و d_n روز میلادی است.

گردش روزانه زمین به دور محورهای قطبی به تغییرات تشعشعات خورشیدی منجر می‌شود. تشعشعات فصلی تابع زاویه تمایل هستند، δ (rad) می‌توانند به صورت زیر بیان شوند.
(۱۱۱)

$$\delta = 0.006918 - 0.399912 \cos(\Gamma) + 0.07257 \cos(\Gamma) - 0.006758 \cos(2\Gamma) + \\ 0.000907 \sin(2\Gamma) 0.002697 \cos(3\Gamma) + 0.00148 \sin(3\Gamma)$$

طول روز n_d با δ تغییر می‌کند. برای عرض جغرافیایی دلخواه ϕ (مثبت در نیم کره شمالی) طول روز به صورت زیر داده شده است.
(۱۱۲)

$$n_d = \frac{24}{\pi} \arccos(-\tan(\phi) \tan(\delta))$$

و زاویه طلوع خورشید ω_{sr} (rad) و زاویه غروب آفتاب ω_{ss} (rad) به صورت زیر هستند.
(۱۱۳)

$$\omega_{sr} = \arccos(-\tan(\phi) \tan(\delta)) \quad \omega_{ss} = \omega_{sr}$$

شدت تشعشعات موج کوتاه در سطح موازی با سطح برخورد با زمین تغییر می‌کند. بیشترین شدت در نقطه قائم بر ناظر یا سمت الرأس (zenith) و کمترین در حین طلوع یا غروب اتفاق می‌افتد.
با انتگرال گیری در تمام روز شدت غیرزمینی H_0 ($MJ/m^2/day$) در تشعشعات موج کوتاه سطح می‌تواند به این صورت حاصل شود.
(۱۱۴)

$$H_0 = \frac{24}{\pi} q_{sc} E_0 \cos(\phi) \cos(\delta) (\sin(\omega_{sr}) - \omega_{sr} \sin(\omega_{sr}))$$

جاییکه $q_{sc} = 4.9212$ ($MJ/m^2/h$) ثابت خورشیدی است.

برای تعیین تشعشعات روزانه زیر آسمان ابری H ($MJ/m^2/day$) معادله زیر استفاده می‌شود
(۱۱۵)

$$\frac{H}{H_0} = a_2 + b_2 \frac{n}{n_d}$$

که در آن n تعداد ساعات آفتابی و n_d حداکثر تعداد ساعات های آفتابی می باشد. a_2 و b_2 ثابت هایی هستند که توسط کاربر تخصیص داده می شوند. مقادیر پیش فرض $a_2 = 0.295$ و $b_2 = 0.371$ هستند. بنابراین تشعشعات موج کوتاه ساعتی میانگین $q_s (W/m^2)$ می توانند به صورت زیر بیان شوند.

(۱۱۶)

$$q_s = \left(\frac{H}{H_0}\right) q_0 (a_3 + b_3 \cos(\omega_i)) \frac{10^6}{3600}$$

جاییکه

(۱۱۷)

$$a_3 = 0.4090 + 0.5016 \sin(\omega_{sr} - \frac{\pi}{3})$$

(۱۱۸)

$$b_3 = 0.6609 + 0.4767 \sin(\omega_{sr} - \frac{\pi}{3})$$

شدت غیرزمینی و ω_i زاویه ساعتی به صورت زیر داده می شوند.

(۱۱۹)

$$q_0 = q_{sc} E_0 (\sin(\phi) \sin(\delta) + \frac{24}{\pi} \cos(\phi) \cos(\delta) \cos(\omega_i))$$

(۱۲۰)

$$\omega_i = \frac{\pi}{12} (12 + \Delta t_{displacement} + \frac{4}{60} (L_S - L_E) - \frac{E_t}{60} - t_{local})$$

$\Delta t_{displacement}$ جابجایی ساعت ها به دلیل زمان تابستانی و زمان نصف النهاری می باشد. L_S طول جغرافیایی استاندارد برای آن منطقه زمانی است. $\Delta t_{displacement}$ و L_S ثابت های تخصیص داده شده توسط کاربر هستند. مقادیر پیش فرض $\Delta t_{displacement} = 0 (h)$ و $L_S = 0 (deg)$ هستند. L_E طول جغرافیایی محلی به درجه است. $E_t(s)$ اختلاف در زمان ناشی از مدار خورشیدی است که در طول سال متغیر است، به صورت زیر داده شده است.

(۱۲۱)

$$E_t = \left(\begin{array}{l} 0.000075 + 0.001868 \cos(\Gamma) - 0.032077 \sin(\Gamma) \\ -0.014615 \cos(2\Gamma) - 0.04089 \sin(2\Gamma) \end{array} \right) \times 229.18$$

در نهایت، t_{local} زمان محلی به ساعت است.

تشعشعات خورشیدی که به سطح آب برخورد می کنند تماماً در آب نفوذ نمی کنند. بخشی از آن ها به عقب منعکس می شوند و از دسترس خارج می شوند. مگر اینکه دوباره توسط اتمسفر اطراف باز پخش شوند. این انعکاس انرژی خورشیدی، آلبیدو نامیده می شود. مقدار انرژی که به دلیل آلبیدو از دست می رود بسته به زاویه برخورد و زاویه شکست دارد. برای یک دریای آرام انعکاس می تواند به صورت زیر بیان شود.

(۱۲۲)

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)} + \frac{\tan^2(i-r)}{\tan^2(i+r)} \right)$$

جاییکه α زاویه برخورد، r زاویه شکست و α ضریب انعکاس است که به طور نمونه از ۵ تا ۴۰ درصد تغییر می‌کند. می‌تواند با استفاده از رابطه زیر تخمین زده شود.

(۱۲۳)

$$\alpha = \begin{cases} \frac{\text{altitude}}{5} \times 0.48 & \text{altitude} < 5 \\ \frac{30-\text{altitude}}{25} \times (0.48 - 0.05) & 5 \leq \text{altitude} \leq 30 \\ 0.05 & 30 < \text{altitude} \end{cases}$$

جاییکه ارتفاع به درجه به صورت زیر داده شده است.

(۱۲۴)

$$\text{altitude} = 90 - \left(\frac{180}{\pi} \arccos(\sin(\delta) \sin(\phi)) + \cos(\delta) \cos(\phi) \cos(\omega_i) \right)$$

بنابراین تشعشع موج کوتاه خالص $q_{sr,net} (W/m^2)$ می‌تواند در نهایت به صورت زیر بیان شود.

(۱۲۵)

$$q_{sr,net} = (1 - \alpha)q_s$$

۹-۲-۱۰-۴- تشعشع موج بلند

یک جسم یا سطح، در تمام طول موج‌های طیف، انرژی الکترومغناطیسی از خود ساطع می‌کند. تشعشعات موج بلند شامل موج‌های با طول موج‌های بین ۹۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ انگستروم است. تشعشعات در این فاصله تشعشعات مادون قرمز نامیده می‌شوند و از اتمسفر و سطح آب ساطع می‌شوند. انتشار موج بلند از سطح به اتمسفر منهای تشعشعات موج بلند از اتمسفر به سطح، تشعشعات موج بلند خالص نامیده می‌شود و وابسته به ابرناکی، دمای هوا، فشار بخار در هوا و رطوبت نسبی است. تشعشعات موج بلند خروجی خالص $q_{lr,net} (W/m^2)$ به صورت زیر داده شده‌اند.

(۱۲۶)

$$q_{lr,net} = -\sigma_{sb} (T_{air} + T_K)^4 (a - b\sqrt{e_d})(c - d\frac{n}{n_d})$$

جاییکه e_d فشار بخار در دمای نقطه شبنم اندازه‌گیری شده در mb است. n تعداد ساعات آفتابی و n_d تعداد حداکثر

ساعات‌های آفتابی می‌باشد. $\sigma_{sb} = 5.6697 \times 10^{-8} (W/m^2 \cdot ^\circ K)$ ثابت استفان بولتزمن است. $T_{air} (^\circ C)$ دمای هوا و ضرایب a, b, c, d به صورت زیر داده شده‌اند.

(۱۲۷)

$$a = 0.56, b = 0.077 mb^{-1/2}, c = 0.10, d = 0.90$$

فشار بخار به صورت زیر تعیین می شود.

(۱۲۸)

$$e_d = 10 \times Re_{saturated}$$

جاییکه R رطوبت نسبی و $e_{saturated}(kPa)$ فشار بخار اشباع با ۱۰۰ درصد رطوبت نسبی در حد فاصل بین ۵۱- تا ۵۲ درجه سانتیگراد می تواند تخمین زده شود.

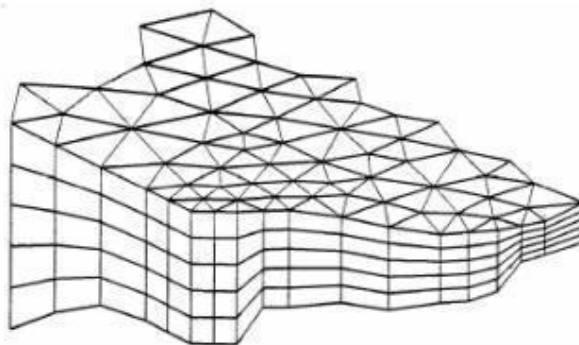
(۱۲۹)

$$e_{saturated} = 3.38639 \times (7.39 \times 10^{-3} T_{air} + 0.8072)^8 - 1.9 \times 10^{-5} |1.8 \times T_{air} + 48| + 1.316 \times 10^{-3}$$

۹-۳- حل عددی

۹-۳-۱- گسسته سازی مکانی

گسسته سازی در دامنه حل با استفاده از روش حجم محدود انجام می شود. دامنه مکانی با استفاده از تقسیم پیوستار به المان های جدا از هم انجام می شود. در حالت دو بعدی المان ها می توانند به شکل چند ضلعی های دلخواه باشند، اگرچه در این جا فقط المان های مثلثی و چهار وجهی لحاظ شده اند. متغیرهای وابسته سیستم به صورت ثابت های تفکیک شده درون هر المان بیان می شوند. متغیرها به مراکز المان ها اختصاص می یابند. در حالت سه بعدی یک شبکه لایه لایه استفاده می شود. در گستره افقی شبکه نامنظم استفاده می شود، در حالی که در گستره عمودی یک گسسته سازی منظم استفاده شد. این المان ها می توانند منشوری یا شش وجهی که وجوه افقی آن ها به ترتیب المان های چهاروجهی هستند، باشند. این المان ها عمودی هستند و تمام لایه ها توپولوژی یکسان دارند. عمق آب مرتبط با مرکز المان در شبکه افقی است شکل ۹-۱ مؤلفه های سرعت افقی مرتبط با مرکز سلول های سه بعدی هستند، اما سرعت عمودی به وجوه افقی مربوط شده است.



شکل ۹-۱: اصول شبکه بندی

۹-۳-۱-۱- معادلات آب کم عمق دو بعدی

شکل انتگرالی سیستم معادلات آب کم عمق دو بعدی در مختصات کارترین می‌تواند به صورت زیر نوشته شود.

(۱۳۰)

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \nabla \cdot F(U) = S(U)$$

جاییکه U بردار مقادیر پیوسته (vector of conserved variable) $F = F^I - F^V$ تابع بردار شار و S

بردار جملات چشمه است. این‌ها به صورت زیر داده شده‌اند.

(۱۳۱)

$$U = \begin{bmatrix} h \\ h\bar{u} \\ h\bar{v} \end{bmatrix} \quad F_x^I = \begin{bmatrix} h\bar{u} \\ h\bar{u} + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \\ h\bar{u}\bar{v} \end{bmatrix} \quad F_x^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA \left(2 \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right) \\ hA \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \end{bmatrix}$$

$$F_y^I = \begin{bmatrix} h\bar{v} \\ h\bar{u}\bar{v} \\ h\bar{v}^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \end{bmatrix} \quad F_y^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \\ hA \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 \\ g\eta \frac{\partial d}{\partial y} + f\bar{v}h - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} + hu_s \\ g\eta \frac{\partial d}{\partial y} + f\bar{u}h - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} + hv_s \end{bmatrix}$$

بالا نویس‌های I و V به ترتیب به معنای شارهای بدون لزجت (*inviscid*) و لزج (*viscous*) هستند. با انتگرال‌گیری

از معادله در المان Ω و با استفاده از تئوری Gauss برای دوباره نویسی انتگرال شار رابطه زیر حاصل می‌شود.

(۱۳۲)

$$\int_{A_i} \frac{\partial U}{\partial t} d\Omega - \int_{A_i} S(U) d\Omega = - \int_{\Gamma_i} (F \cdot n) ds$$

جاییکه A_i سطح المان است، Ω متغیر انتگرال‌گیری در A_i ، Γ_i محیط المان Ω و ds متغیر انتگرال‌گیری در امتداد محیط،

n بردار نرمال واحد به سمت خارج است. شارهای همرفت افقی با استفاده از حل تقریبی ریمان (مراجعه کنید به Roe در سال

۱۹۸۱) قابل محاسبه هستند. روش درجه اول برای انتگرال‌گیری مکانی استفاده شده است.

۹-۳-۱-۲- معادلات آب کم عمق سه بعدی

همچنین شکل انتگرالی سیستم سه بعدی معادلات آب کم عمق می‌تواند با استفاده از معادلات ۱۳۱ بیان شوند. $F = U$ ،

$F^I - F^V$ و S در این حالت به صورت زیر داده شده‌اند.

(۱۳۴)

$$U = \begin{bmatrix} h \\ hu \\ hv \end{bmatrix}, F_x^I = \begin{bmatrix} h\bar{u} \\ hu^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \\ huv \end{bmatrix}, F_x^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} \right) \\ hA \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \end{bmatrix}$$

$$F_x^I = \begin{bmatrix} h\bar{u} \\ hu^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \\ huv \end{bmatrix}, F_y^I = \begin{bmatrix} h\bar{v} \\ hvu \\ hv^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - d^2) \end{bmatrix}, F_y^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \\ hA \left(2 \frac{\partial v}{\partial x} \right) \end{bmatrix}$$

$$F_\sigma^I = \begin{bmatrix} h\omega \\ \omega u \\ \omega v \end{bmatrix}, F_\sigma^V = \begin{bmatrix} 0 \\ v_t \frac{\partial u}{\partial \sigma} \\ h \frac{\partial \sigma}{\partial \sigma} \\ v_t \frac{\partial v}{\partial \sigma} \\ h \frac{\partial \sigma}{\partial \sigma} \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} g\eta \frac{\partial d}{\partial y} + fvh - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x'} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + hu_s \\ g\eta \frac{\partial d}{\partial y} + fuh - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y'} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + hv_s \end{bmatrix}$$

شارهای همرفتی افقی با استفاده از حل تقریبی ریمان محاسبه می‌شوند (مراجعه کنید به *Roë* در سال ۱۹۸۱). روش درجه یک در انتگرال گیری مکانی استفاده شده است.

۹-۳-۲-انتگرال گیری زمانی

روش اوپلر صریح در مدل سازی دو بعدی استفاده شد. در مدل سازی سه بعدی برای پیشروی در گام های زمانی از یک روش نیمه صریح استفاده شد، جاییکه جملات افقی به صورت صریح و جملات عمودی به صورت ضمنی حل شده اند.

۹-۳-۳-شرایط مرزی

۹-۳-۳-۱-مرزهای بسته

در امتداد مرزهای بسته (مرزهای زمین) شارهای نرمال برابر صفر برای تمام متغیرهاست. برای معادلات مومنتم این منجر به لغزش کامل (*full - slip*) در امتداد مرز می‌شود.

۹-۳-۳-۲-مرزهای باز

شرایط مرزی باز می‌توانند به شکل دبی یا سطح آب برای معادلات هیدرودینامیک اختصاص داده شوند. برای معادلات انتقال یک مقدار ثابت یا یک شیب می‌تواند تخصیص یابد.

۹-۳-۳- خشک و تر شدن

راه حل مسئله با مرزهای متحرک (مرزهای خشک شونده و تر شونده) براساس کار Zhao و همکاران در سال ۱۹۹۴ و Sleight و همکاران در سال ۱۹۹۸ می باشد. وقتی که عمق ها کوچک هستند، مسئله دوباره فرمولبندی می شود و تنها وقتی که عمق ها خیلی کوچک هستند، المان ها از محاسبه کنار گذاشته می شوند. دوباره فرمولبندی کردن با تنظیم شار مومنتم برابر صفر و تنها لحاظ کردن شارهای جرمی انجام می شود.

عمق در هر المان کنترل می شود و المان ها به خشک، قسمتی خشک و خیس رده بندی می شوند. همچنین وجوه المان ها برای شناخت مرزهای زیر آب رفته کنترل می شوند. یک وجه المان زیر آب رفته (*flooded*) نامیده می شود، اگر که دو معیار ارضاء شوند، اولاً، عمق آب در یک طرف وجه می باید کمتر از حد تغییرات عمق h_{dry} باشد و عمق آب در دیگر وجوه هم بزرگتر از حد تغییرات عمق h_{flood} باشد. ثانیاً، مجموع عمق آب آرام در یک طرف برای عمق آب کمتر از h_{dry} باشد و ارتفاع سطح آب در طرف دیگر می باید بزرگتر از صفر باشد. یک المان خشک می باشد اگر که عمق آب کمتر از حد تغییرات h_{dry} در آن باشد و هیچکدام از وجوه المان، مرزهای آبی (*flooded boundaries*) نباشند. این المان از محاسبات حذف می شود. یک المان به صورت قسمتی خشک است اگر که عمق آب بیشتر از h_{dry} و کمتر از حد تغییرات عمق h_{wet} باشد یا هنگامی که عمق آب کمتر از h_{dry} باشد و یکی از وجوه المان مرز آبی باشد. شارهای مومنتم برابر صفر قرار داده می شوند و تنها شارهای جرم محاسبه می شوند. یک المان خیس است اگر که عمق آب در آن المان از h_{wet} بیشتر باشد. هر دو شار جرم و مومنتم در این ها محاسبه می شوند. عمق خیساندن h_{wet} می باید بزرگتر از عمق خشک h_{dry} و عمق سیلابی h_{flood} باشد و می باید نامعادله زیر را ارضاء نمایند.

(۱۳۵)

$$h_{dry} < h_{flood} < h_{wet}$$

مقادیر پیش فرض $h_{wet} = 0.1 m$, $h_{flood} = 0.05 m$, $h_{dry} = 0.005 m$ هستند. توجه کنید که برای مقادیر بسیار کوچک حد تغییرات عمق h_{wet} ، سرعت های جریان غیرواقعی زیاد می توانند در مدلسازی به وقوع بپیوندند و باعث مشکلات پایداری شوند.

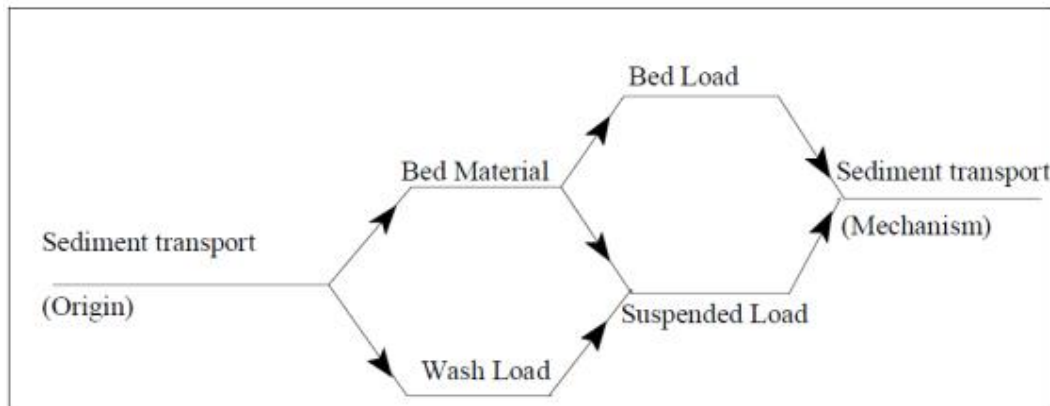
۹-۴- بررسی اعتبار مدل

این مدل جدید حجم کنترل به طور موفقیت آمیز در تعدادی از موقعیت های پایه و ایده آل آزمایش شد، که برای آن ها نتایج محاسباتی می توانند با حل های تحلیلی یا منابع مقایسه شوند. این مدل، همچنین در شرایط ژئوفیزیکی طبیعی تر، مقیاس اقیانوسی، آزمایشگاهی، جزر و مدی، دریاچه ای و پهنه بندی سیلاب مورد آزمایش واقع شد که واقعی تر و پیچیده تر از آزمایش های آزمایشگاهی و آکادمیک هستند. اطلاعات اضافی در مورد اعتبار مدل و کاربردهای آن در تارنمای زیر قابل دسترس است.

http://www.dhisoftware.com/mike21/Download/Papers_Docs/index.htm

۹-۵- مازول انتقال شن و ماسه (*sand transport*)

به طور سنتی، انتقال رسوب به سه صورت انتقال بار کف، بار معلق و بار شسته تقسیم می شود. از میان بیان‌های مختلف، بیان و تعریف جامعی توسط انگلوند و هانسن (*Engelund and Hansen*) در سال ۱۹۶۷ و همچنین یانسن (*Jansen*) در سال ۱۹۷۹ ارائه شده است شکل ۹-۲. (این بخش در شرح خدمات وجود ندارد)

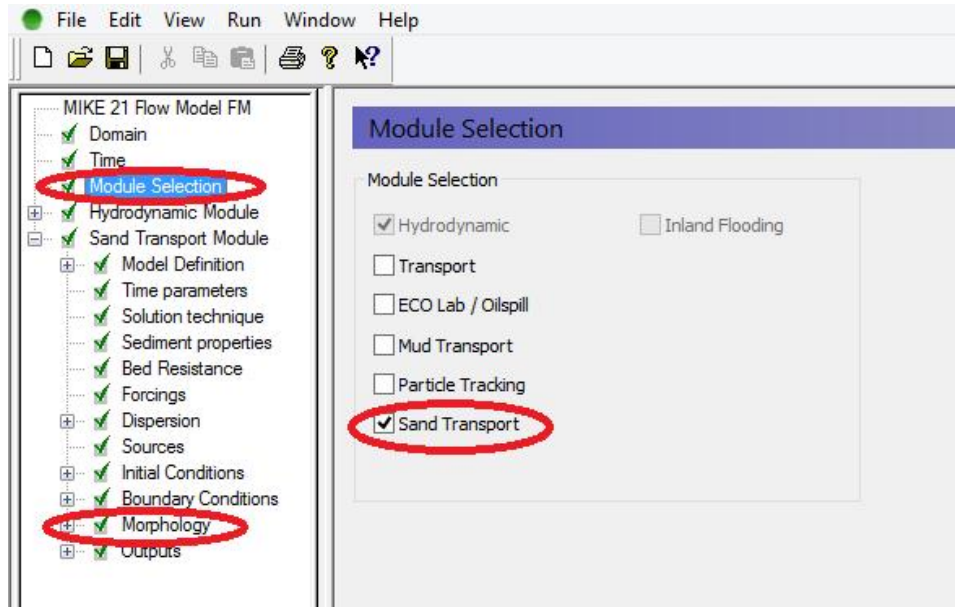


شکل ۹-۲: طبقه بندی و دسته بندی انتقال رسوب

یانسن انتقال بار کف را به صورت انتقال مواد بستری که می لغزند و یا می غلطند، تعریف می کند. انتقال بار معلق به صورت انتقال رسوباتی که در سیال برای مدتی معلق هستند تعریف می شود. بر اساس مکانیسم تعلیق، رسوب معلق ممکن است متعلق به مواد بار بستر یا بار شسته باشد. بار شسته به صورت انتقال مواد ریزتر از مواد بار بستر تعریف می شود و هیچ رابطه ای با ظرفیت انتقال جریان ندارد. معمولاً یک ذره تا قطر حدود 0.06 میلیمتر ناحیه بین بار شسته و بار مواد کف را تقسیم می کند. مازول انتقال مواد غیرچسبنده (*sand transport*) تنها بار مواد بستر را مورد بررسی قرار می دهد.

۹-۵-۱- مورفولوژی

مدل مورفولوژیک یک مدل ترکیبی هیدرودینامیک و انتقال رسوب است. میدان جریان هیدرودینامیک براساس تغییرات در بسیمتری بستر به صورت پیوسته بروز می شود. در حالت ترکیب شبیه سازی جریان و موج، میدان موج ممکن است با توجه به تغییرات بستر بروز شود. مدل‌های مورفولوژیکی به طور سنتی به مزدوج و غیرمزدوج تقسیم می شوند. در مدل‌های مزدوج، معادلات حاکم بر جریان و انتقال رسوب به یک مجموعه معادله تبدیل می شوند که به صورت همزمان حل می شوند. در مدل‌های غیرمزدوج میدان و معادلات هیدرودینامیک در هر گام زمانی مشخص پیش از معادلات انتقال رسوب حل می شوند. در نتیجه، اعماق جدیدی محاسبه می شوند و مدل هیدرودینامیک در گام زمانی بعدی براساس آن‌ها پیش می‌رود. روش دوم در این مازول بکار گرفته شده است (شکل ۹-۳).



شکل ۹-۳: کوبله کردن ماژول انتقال رسوب و ماژول هیدرودینامیک

۹-۶-مدلسازی منطقه مورد مطالعه

مدلسازی منطقه مورد مطالعه دانش و پیش زمینه‌ای از هیدرولیک سواحل و دریا مورد نیاز دارد که سعی گردید در بخش‌های قبلی این گزارش مبانی آن شرح داده شد. هدف از برپایی مدل تهیه شرایط اولیه و بدست آوردن دانشی هر چند کلی از وضعیت گردش و جریان تالاب است. پس از ذکر موارد پایه ای در بخش‌های پیشین، استقرار مدل با استفاده از داده های هندسی، شرایط مرزی و سایر جزئیات انجام می شود. در ابتدا از پارامترهای پیش فرض و معمول استفاده می شود. استقرار مدل شامل مراحل زیر است.

۹-۶-۱-ساخت و ایجاد شبکه (مش) محاسباتی

Mike21 Flow Model FM یک مدل نسبتاً جدید بر پایه شبکه و مش انعطاف پذیر است. فایل مش و شبکه انعطاف پذیر نهایی می باید به خوبی بیانگر اعماق آب در مدل باشد. از آنجا که متغیرهای موردنظر (پاسخها) در مراکز احجام کنترل محاسبه می شوند، شبکه مثلثها باید امکان دقت مناسب نتایج و جوابها پس از ارزیابی مدل را فراهم نمایند. برای رسیدن به اهداف بالا،

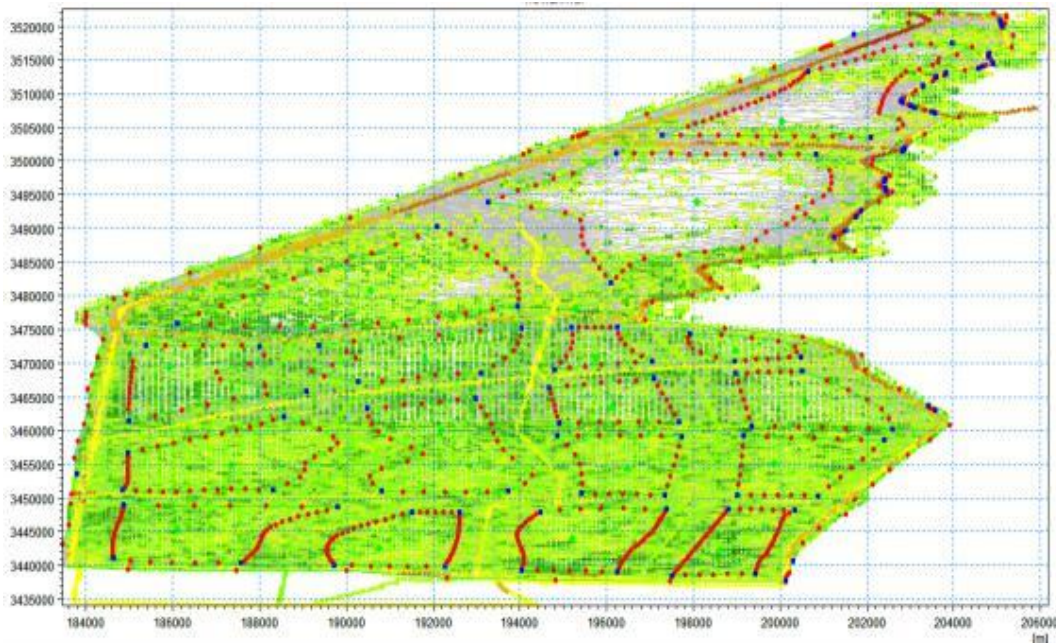
- باید از مثلث های با رئوس دارای زوایای کوچک در مثلث بندی شبکه اجتناب شود.
- مرزها باید هموار باشند و از تغییرات ناگهانی در آنها اجتناب شود.
- دقت و شبکه بندی ریز در مناطق و نواحی که پاسخ دقیقتر در آنجا مورد نیاز است باید مدنظر باشد.
- صحت فایل و داده های XYZ اولیه با دقت ملاحظه و بررسی شود.

- زوایای بزرگتر و شبکه ریزتر با زمان مدلسازی کوتاهتر در تناقض می باشند لذا تقابل، مصالحه و در نهایت انتخاب بین این دو عامل توسط مدلساز باید با دقت انجام شود.
- دقت و ریز بودن مش و شبکه همراه با اعماق آب و اندازه گام زمانی مدلسازی عدد کورانت سیستم را تعیین می کنند. مقدار حداکثر عدد کورانت می باید کمتر از 0.5 باشد لذا زمان کل مدلسازی نه تنها به تعداد المانها بستگی دارد بلکه اندازه گام زمانی و عدد کورانت حاصله نیز در آن موثر هستند.

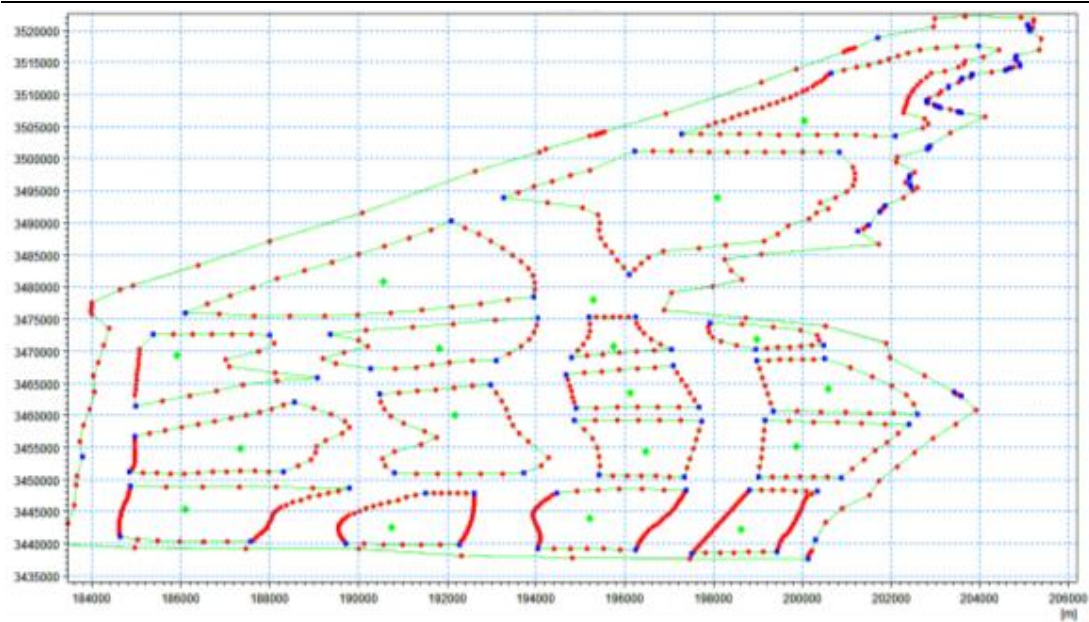
۹-۶-۲- ساخت و ایجاد فایل mdf. از داده های xyz خام

mdf مخفف mesh definition file می باشد. فایل مش و شبکه شامل اطلاعات هندسی و شبکه المانها و مرزها می باشد. در ابتدا، باید برنامه mesh generator (→ file → new → file → mike zero →) در گام اول باید سیستم تصویر (projection system) به صورت utm و ناحیه ۳۹ مشخص شود. بدین ترتیب ناحیه کاری تعیین می شود. این امر از آن جهت لازم است که در مراحل بعد، انجام محاسبات مربوط به نیروی کوریولیس به اعمال این تنظیمات وابسته است.

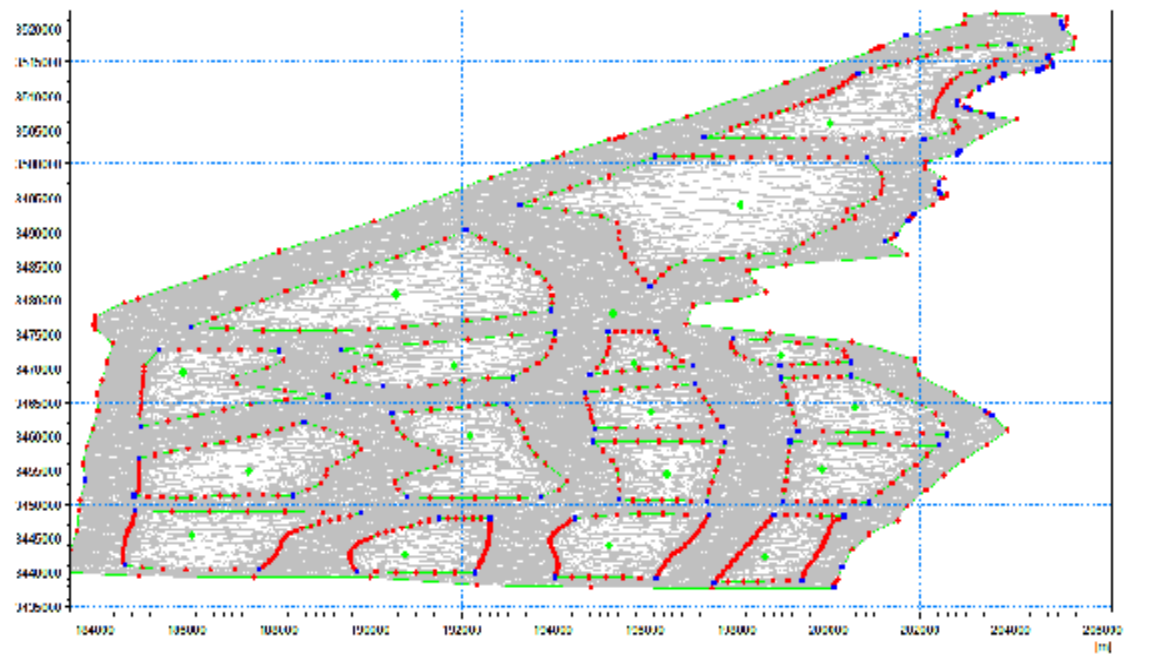
پس از آن، داده های خام xyz در این برنامه بارگذاری می شوند. جهت انجام گامهای بعدی که مثلث بندی (triangulation) و اختصاص رقوم ارتفاعی از داده های خام به مراکز حجم کنترلها (interpolation) هستند، نیاز به محدود سازی محدوده کاری از طریق رسم پلیگونهاى مرزی آبی و خاکی می باشد (شکل ۹-۴ تا شکل ۹-۷). در جدول ۹-۴ تغییرات تعداد المانها با توجه به ریزی و درشتی آنها بررسی شده است.



شکل ۹-۴: داده های xyz خام و پلیگونها

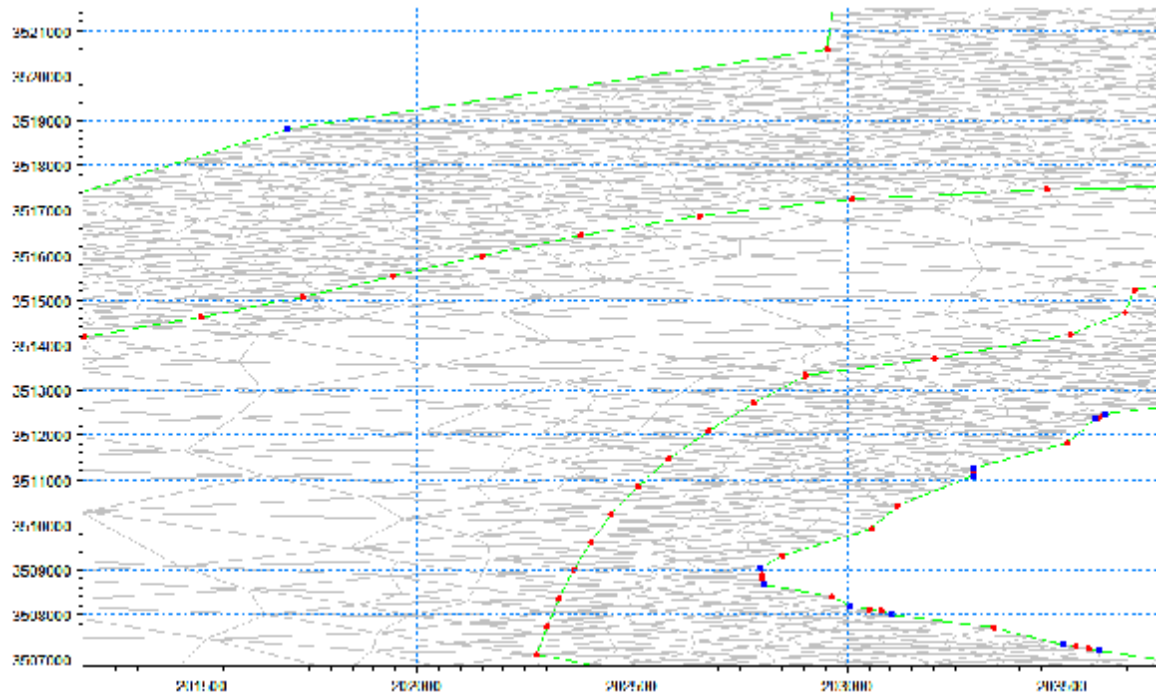


شکل ۵-۹: محدودسازی محدوده‌های مختلف توسط رسم پلیگونها با هدف انجام مش بندی (ریز و درشت)



شکل ۶-۹: شبکه ریز و درشت بکار رفته در مدل

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



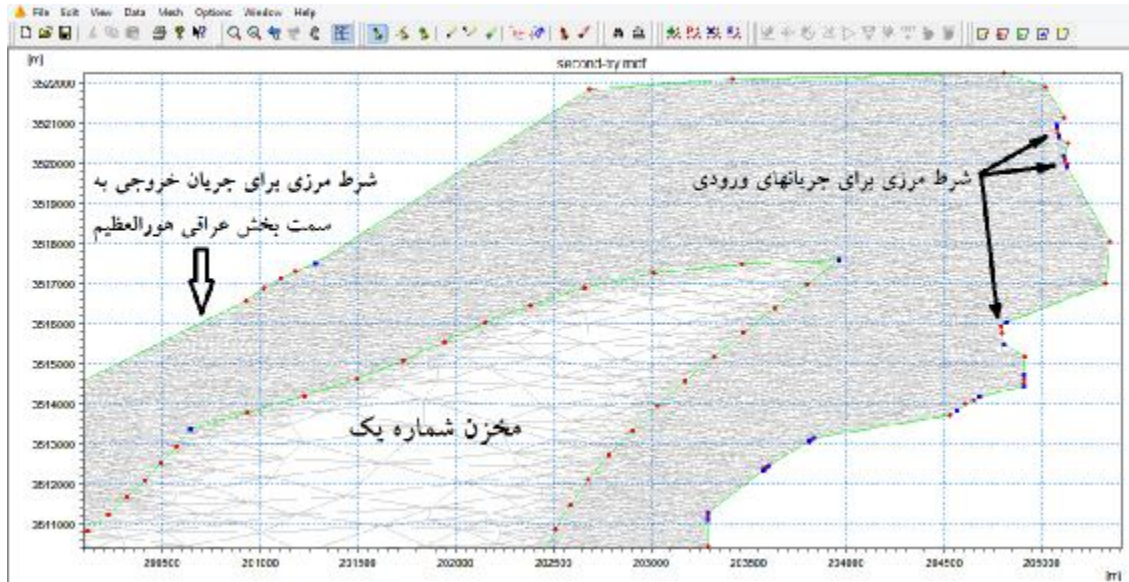
شکل ۹-۷: بزرگنمایی شبکه و تفاوت المانها (شمال تالاب- مخزن شماره یک)

جدول ۹-۴: نحوه تغییرات تعداد المانها با اندازه آنها

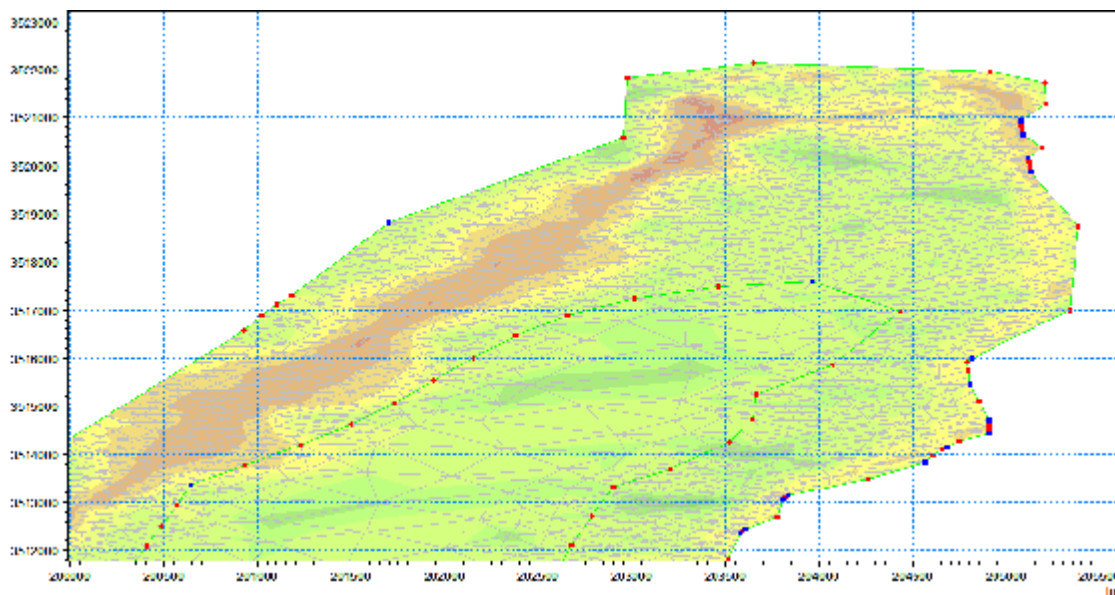
number of elements	number of nodes	حداکثر مساحت المان در مخزن - دایک و جاده (مترمربع)
350167	176294	5000-5000*
211606	107017	5000-500000
109656	55685	10000-500000
58026	29637	20000-500000
25472	13136	50000-500000

* عدد بزرگتر مربوط به مساحت المانهای مخازن و عدد کوچکتر مربوط به المان ناحیه مرزی دایکها و جاده ها است.

در این مثال، ۶۱۲۳۰ فیلد داده خام برای جاده ها و دایکها و ۹۰۰۴۴ فیلد داده خام برای درون محدوده مخازن پنجگانه شامل طول و عرض جغرافیایی و رقوم در فایل XYZ وجود دارد. این داده ها پس از مش بندی و ساخت شبکه هندسی منجر به ۵۵۱۷۵ المان مثلثی شدند. سعی و خطا و اصلاح گزینه های مختلف ایجاد شبکه در این مرحله به صورت رفت و برگشتی با توجه به زمان لازم برای اجرای برنامه و جواب های مورد نیاز انجام شد. در این مرحله، تفاوت در اندازه شبکه مثلث ها در سطح مخازن پنجگانه و در مناطق نزدیک به دایکها، سازه ها و جریانهای ورودی اعمال شد. پس از این کار و در مرحله بعد میانمایی ارتفاعی انجام می شود و در نهایت export mesh جهت تهیه فایل با پسوند mesh بکار می رود (شکل ۹-۸ تا شکل ۹-۹) امکان ویرایش و البته اعمال شرایط مرزی به شکل دقیق در برنامه های نمایشگر و ویرایشگر شبکه مهیا خواهد بود (می توان مش حاصله را در data viewer دید و یا ویرایش نمود). از آنجا که زمان مدلسازی تابعی از تعداد و شکل شبکه مثلثها است، اهمیت تهیه شبکه مناسب دو چندان است.



شکل ۹-۸: شرایط مرزی ورودی و خروجی و همچنین تفاوت اندازه شبکه در محدوده میانی مخزن و مجاور دایک‌ها



شکل ۹-۹: نمایش شمال تالاب هورالعظیم و مخزن شماره ۱ در فایل نهایی (ورودی به مدل Mike21)

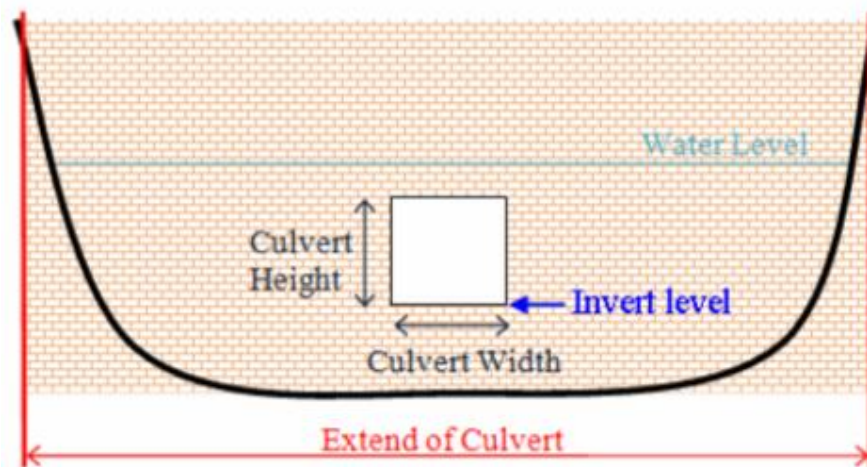
۹-۶-۳- بارگذاری فایل‌ها و داده‌ها در مدل

پیش از آن که مدل *Mike21 flow model FM* برپا شود، داده‌های ورودی می‌باید تهیه شوند. برای این مثال، جریان‌های ورودی اعداد ثابتی در نظر گرفته شده‌اند و از سری زمانی استفاده نشده است، سازه‌های درون مدل شامل کالورت و سرریز که ارتباط هیدرولیکی بین مخازن را باعث می‌شوند همگی به صورت کامل در مدل وارد شده‌اند؛ همانطور که پیش از این ذکر شد نیروی باد و کوریولیس هم لحاظ شده‌اند. جریان‌های ورودی به عنوان شرایط مرزی و کلیات نحوه ورود آن‌ها به مدل و نیز

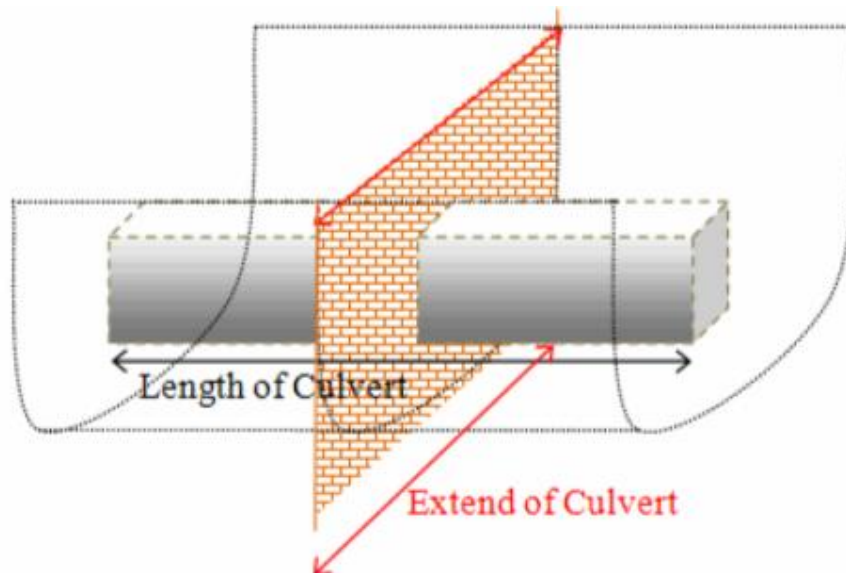
باران و تبخیر نمایش داده شده است (شکل ۹-۱۰ تا شکل ۹-۱۹). در بخش زبری بستر مقدار زبری مانینگ به این صورت تعیین شده است.

$$M = \frac{1}{n} = 32 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$$

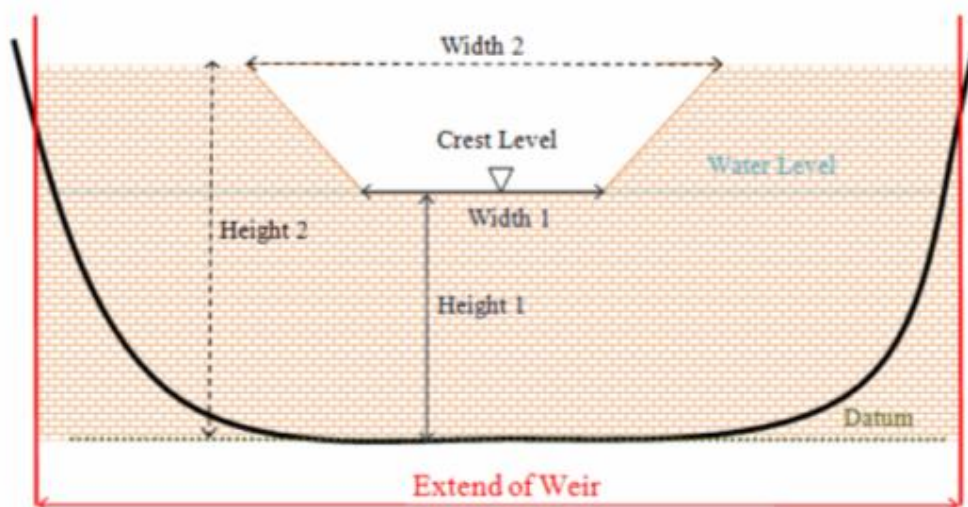
با توجه به زمان کوتاه سیلاب و مدلسازی آن، هر چند تفاوت معنی داری در ورود یا عدم ورود داده ها و لحاظ تبخیر و باران وجود نداشت ولی در اینجا این کار جهت جامع بودن انجام شد. البته امکان بررسی میزان تاثیر نیروی کوریولیس و باد از طریق فعال و غیرفعال کردن محاسبه آنها در مدل و مقایسه نتایج وجود دارد ولی از آنجا که در این کار، هدف بررسی اهمیت این دو نیرو نیست از آن صرف نظر شد (در اینجا هر دو نیرو لحاظ شده اند). مقادیر استفاده شده برای پارامترهای مختلف و مشخصات مدل در جدول ۹-۵ خلاصه شده اند.



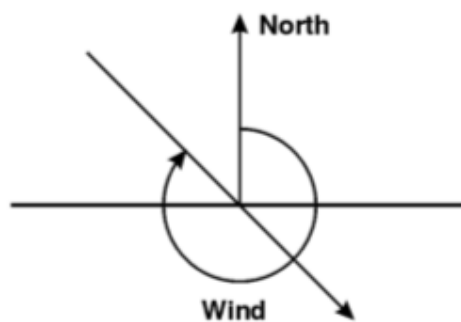
شکل ۹-۱۰-الف: خصوصیات کالورت به عنوان سازه هیدرولیکی (در تالاب ۱۹۰ کالورت وجود دارد).



شکل ۹-۱۰-ب: خصوصیات کالورت به عنوان سازه هیدرولیکی (در تالاب ۱۹۰ کالورت وجود دارد).



شکل ۹-۱۱: خصوصیات سرریز به عنوان سازه هیدرولیکی (در این کار ۷ سرریز وجود دارد).



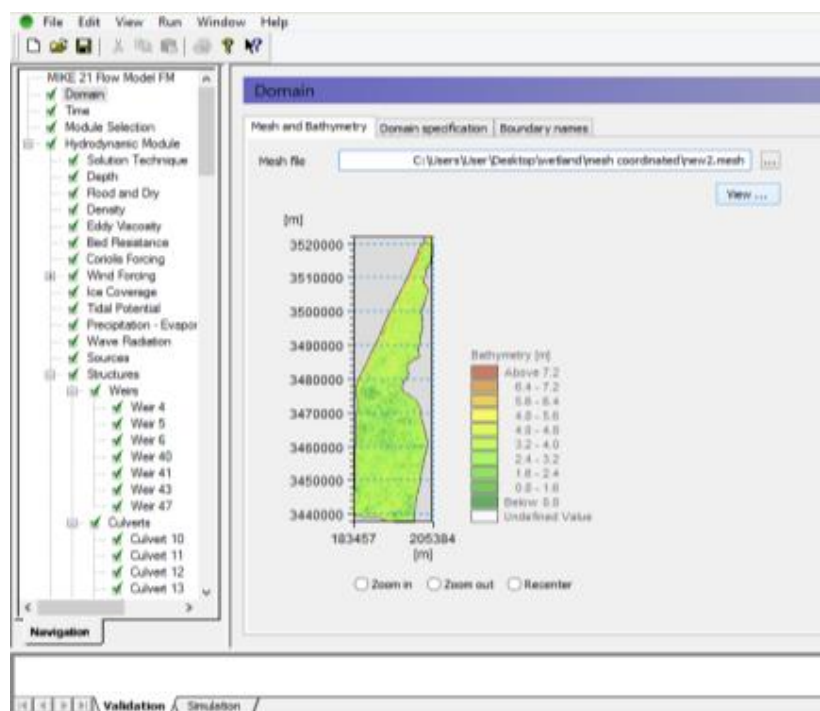
شکل ۹-۱۲: نحوه اعمال خصوصیات باد منطقه

جدول ۹-۵: ویژگی‌ها و خصوصیات مدل تهیه شده

پارامتر	مقدار
نام فایل	New2.m21fm
ماژول	هیدرودینامیک
بسیمتری و شبکه	New2.mesh
دوره زمانی	۵۷۰۰۰ گام زمانی
گام زمانی	۱۲۰ ثانیه
باد	۲۷۰ درجه غربی با سرعت ۱ متر بر ثانیه
کوربولیس	Varying in domain
سازه های هیدرولیکی	۷ سرریز و ۱۹۰ کالورت (پلها هم به صورت کالورت وارد شده اند.)
شرایط مرزی	
شرایط اولیه	Constant surface elevation = 2 m
نتایج	New2.dfsu
زمان موردنیاز برای پردازش	۱۷۰ ساعت*

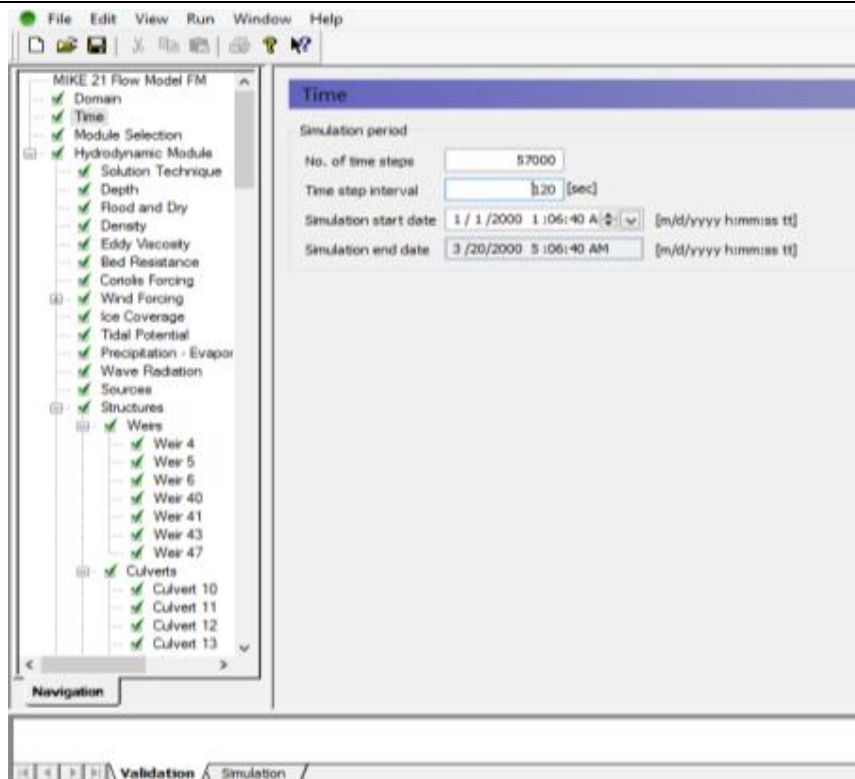
* کوچک کردن گام های زمانی جهت حفظ عدد کورانت در محدوده مجاز منجر به افزایش زمان مورد نیاز برای پردازش

مسئله شد.

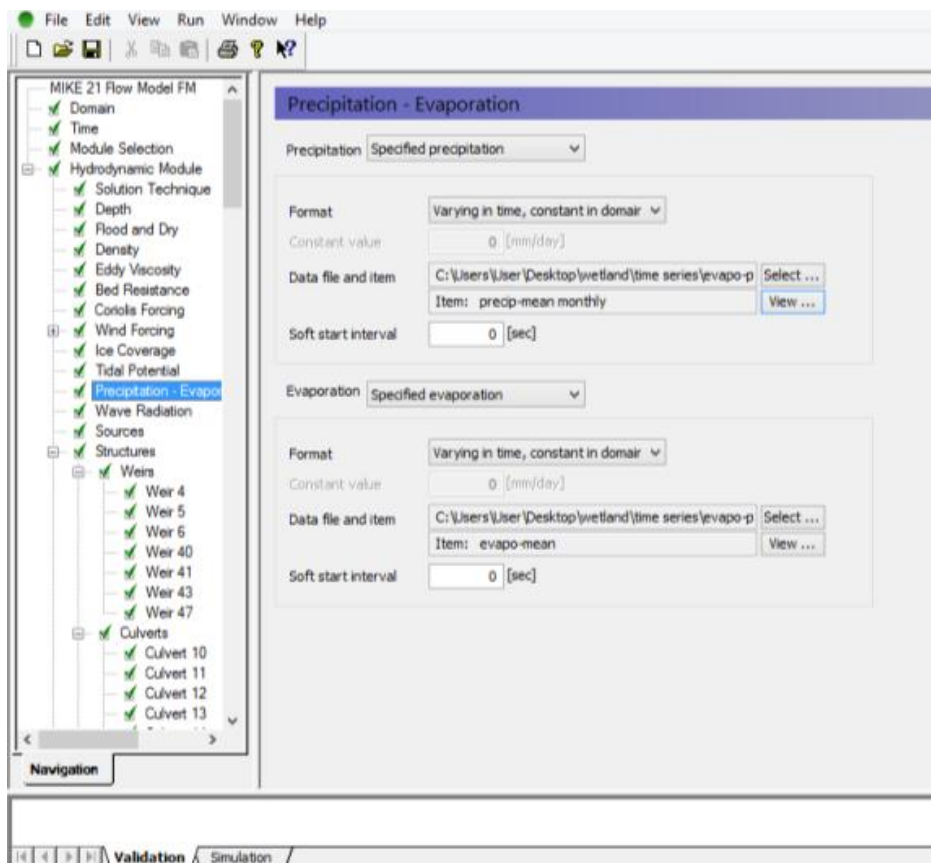


شکل ۹-۱۳: بارگذاری محدوده مثلث بندی شده شده در مراحل قبل در مدل Mike21

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

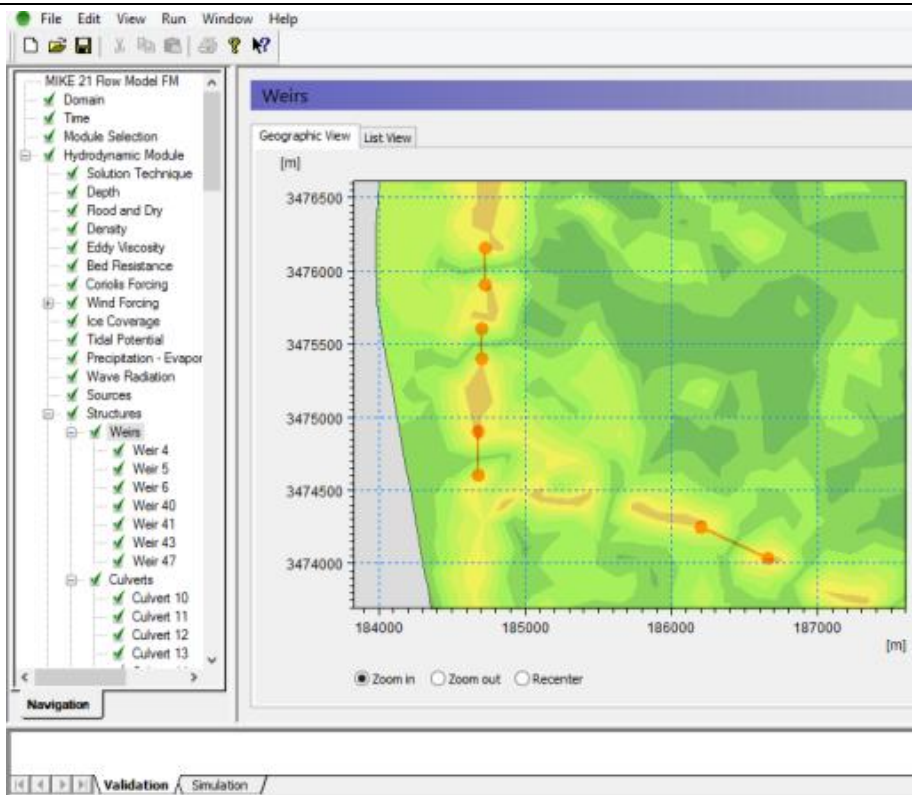


شکل ۹-۱۴: تعداد گام زمانی، طول هر گام و تاریخ و ساعت شروع و پایان مدلسازی

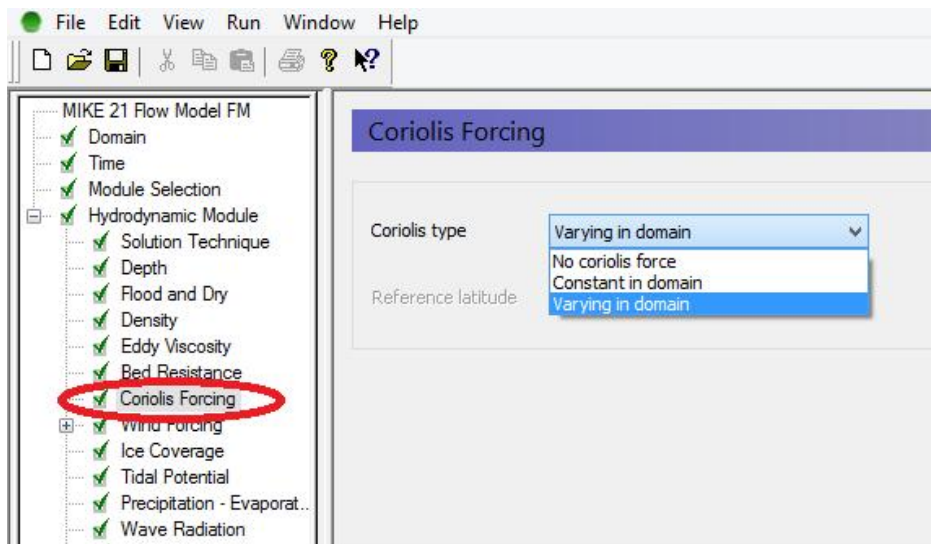


شکل ۹-۱۵: داده های تبخیر و باران در مدل

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

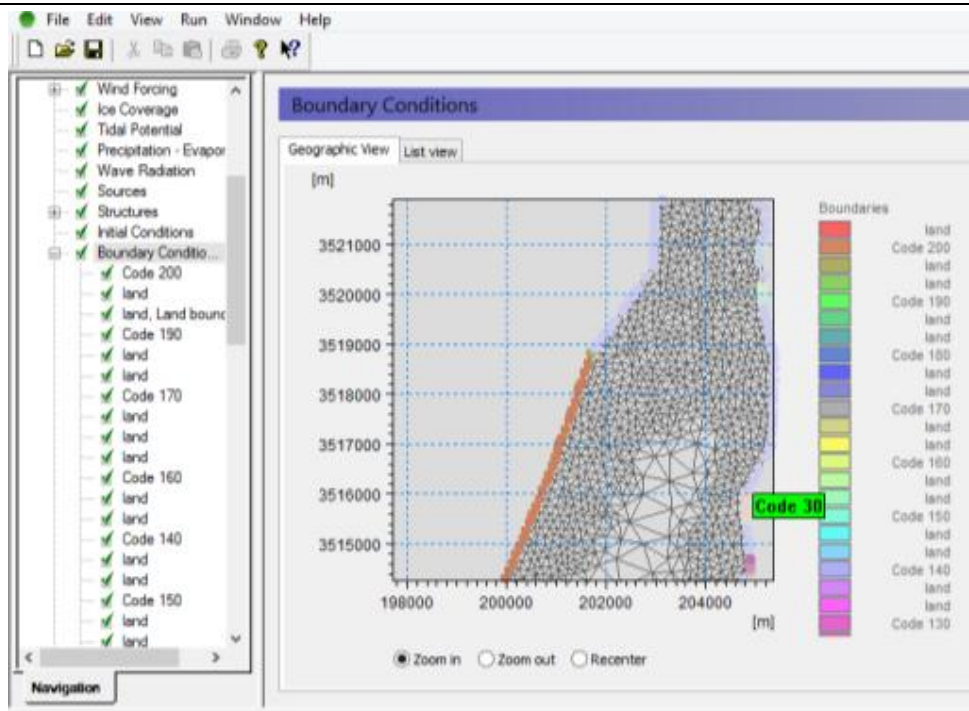


شکل ۹-۱۶: نمای سازه های هیدرولیکی درون مدل (این سازه ها جزئی از شرایط مرزی نیستند).

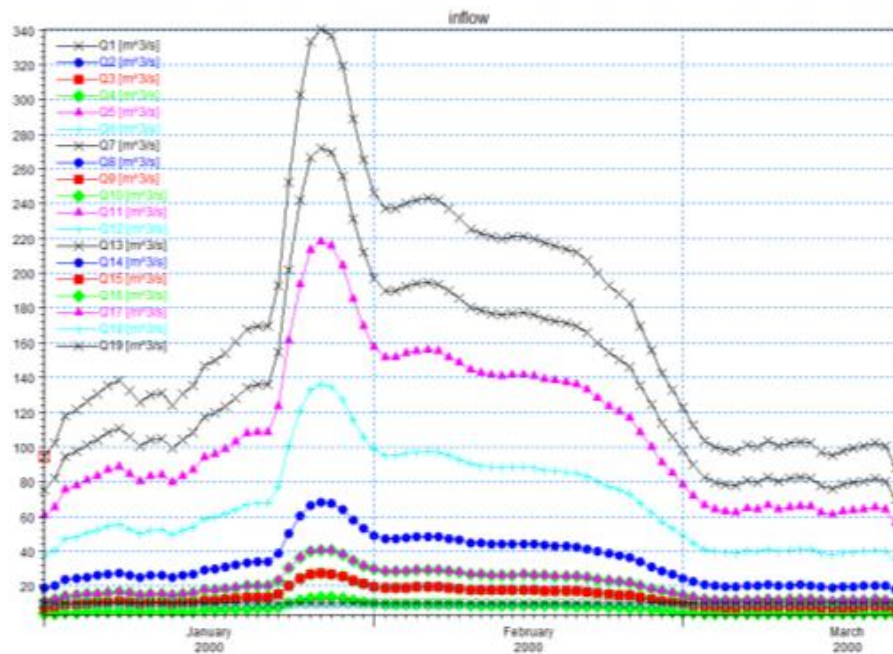


شکل ۹-۱۷: نحوه اعمال نیروی کوریولیس

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



شکل ۹-۱۸: شرایط مرزی (کد ۳۰ محل ورود یکی از جریانها به مخزن ۱ می باشد).



شکل ۹-۲۰: جریانهای ورودی ۱۹ گانه به شرق مدل (شرایط مرزی)

۹-۷-نتایج مدلسازی

۹-۷-۱-شرایط اولیه و مرزی و تعریف سناریوها

به منظور اجرای مدل به شرایط اولیه (رقوم سطح آب در زمان صفر، آغاز محاسبات) نیاز است که در این زمینه دو سیاست کلی اتخاذ شد. در حالت اول مخزن نسبتاً خالی و در حالت دوم مخزن نسبتاً پر منظور شد. برای حالت تالاب نسبتاً خالی رقوم سطح آب در حوضچه‌های اول و دوم برابر $3/5$ متر از سطح دریا و حوضچه‌های سوم، چهارم و پنجم برابر 3 متر از سطح دریا به مدل اعمال شد. در حالت تالاب نسبتاً پر رقوم سطح آب در حوضچه‌های اول و دوم برابر 4 متر از سطح دریا و حوضچه‌های سوم، چهارم و پنجم برابر $3/5$ متر از سطح دریا وارد مدل گردید. به عبارتی در حالت صفر یا شروع سیلاب ورودی همچون شرایطی از لحاظ رقوم سطح آب بر تالاب حاکم بوده و با ورود سیلاب؛ مدل شروع به محاسبه رقوم سطح آب جدید تالاب در زمان‌های متوالی تا خاتمه سیلاب اقدام می‌کند اما در خصوص شرایط مرزی شرق مدل (جریان ورودی به تالاب) اینجا نیز دو سیاست کلی اتخاذ و دو سیلاب تاریخی مشاهداتی ثبت شده اول فروردین ماه سال 1398 و آخر اسفندماه سال 1352 به عنوان جریان‌های ورودی به مرزهای شرقی تالاب در 19 نقطه مکانی وارد گردید.

بخشی از جریان سیلاب فروردین ماه سال 1398 رودخانه کرخه در سدهای مخزنی سیمره و کرخه ذخیره و بخشی نیز از طریق تونل دشت عباس و کانال پای‌پل به سمت شبکه‌های آبیاری استان ایلام و کرخه شمالی هدایت شد که در سال 1352 سامانه کرخه فاقد این امکانات بود بنابراین در شرایط فعلی نیاز است برای سیلاب سال 1352 تعدیلی صورت گیرد. در بخش‌های قبلی در خصوص این سیلاب‌ها به تفصیل بحث به عمل آمد. در سیلاب سال 1398 هیدروگراف سیلاب مشاهداتی در حمیدیه به مرزهای شرقی تالاب منتقل و در نقاط ورودی تفکیک و به مدل اعمال شد. در سیلاب سال 1352 تعدیل انجام گرفت به این صورت که فرض شد از کل حجم سیلاب در پای‌پل فقط حدود 10 درصد حجم در مخازن سد کرخه و سیمره ذخیره (حجم سیلاب سال 1352 برابر 3452 میلیون مترمکعب و تداوم آن در محل ساختگاه سد حدود 26 روز طول کشید) می‌شود. مابقی حجم سیلاب از محل پای‌پل به حمیدیه منتقل و سپس مطابق الگوی سیلاب فروردین سال 1398 هیدروگراف آن تولید و در نهایت به مرز شرقی تالاب اعمال گردید. مرز غربی تالاب بسمت عراق برای سیلاب ورودی در دو حالت باز و بسته به مدل معرفی شد. با این وصف ده سناریو در جدول ۹-۶ تدوین و شبیه سازی گردیدند:

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۹-۶: شرایط سناریوهای اجرا شده

سناریو	سیلاب ورودی	شرایط اولیه اولیه مخزن	مرز خروجی
۱	۱۳۹۸	نسبتا خالی (سطح آب در مخازن ۲و۱ برابر ۳.۵ و در مخازن ۳و۴و۵ برابر ۳)	سازه های هیدرولیکی روی دایک مرزی بسته فرض شده است
۲	۱۳۹۸	نسبتا خالی (سطح آب در مخازن ۲و۱ برابر ۳.۵ و در مخازن ۳و۴و۵ برابر ۳)	سازه های هیدرولیکی روی دایک مرزی باز فرض شده است
۳	۱۳۹۸	نسبتا پر (سطح آب در مخازن ۲و۱ برابر ۴ و در مخازن ۳و۴و۵ برابر ۳.۵)	سازه های هیدرولیکی روی دایک مرزی بسته فرض شده است
۴	۱۳۹۸	نسبتا پر (سطح آب در مخازن ۲و۱ برابر ۴ و در مخازن ۳و۴و۵ برابر ۳.۵)	سازه های هیدرولیکی روی دایک مرزی باز فرض شده است
۵	۱۳۵۲-۵۳	نسبتا خالی (سطح آب در مخازن ۲و۱ برابر ۳.۵ و در مخازن ۳و۴و۵ برابر ۳)	سازه های هیدرولیکی روی دایک مرزی بسته فرض شده است
۶	۱۳۵۲-۵۳	نسبتا پر (سطح آب در مخازن ۲و۱ برابر ۴ و در مخازن ۳و۴و۵ برابر ۳.۵)	سازه های هیدرولیکی روی دایک مرزی بسته فرض شده است
۷	۱۳۹۸	سطح آب در مخازن ۲و۱ برابر ۴ و در مخازن ۳و۴و۵ برابر ۳	سازه های هیدرولیکی روی دایک مرزی بسته فرض شده است
۸	۵۰۰ ساله	سطح آب در مخازن ۲و۱ برابر ۴ و در مخازن ۳و۴و۵ برابر ۳	دایک مرزی به صورت دیواره عمودی غیرقابل عبور اختیار شده است
۹	۵۰۰ ساله	سطح آب در مخازن ۲و۱ برابر ۴ و در مخازن ۳و۴و۵ برابر ۳	سازه های هیدرولیکی روی دایک مرزی بسته فرض شده است
۱۰	۳۰۰ ساله	سطح آب در مخازن ۲و۱ برابر ۴ و در مخازن ۳و۴و۵ برابر ۳	سازه های هیدرولیکی روی دایک مرزی بسته فرض شده است. ضمناً ارتفاع دایک مرزی در مخازن ۳ و ۴ و ۵ برابر ۵/۶ متر اختیار شده است

در تمامی سناریوها زمانی که تراز سطح آب از تراز دایک مرزی بیشتر می‌شود بخشی از جریان پس از سرریز از دایک مرزی (و یا عبور از سازه های هیدرولیکی) از هور خارج می‌شود.

در مدل، ساز و کاری برای خروج این حجم آب به سمت بخش عراقی تعریف شد. در اجرای مدل و برای تمام سناریوها مقدار حداکثر دبی خروجی از مرز غربی مدل برابر ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه اختیار شده است.

در سناریوهای ۳۰۰ و ۵۰۰ ساله حدوداً پس از روز بیستم، دبی آب خارج شده از دایکهای اطراف تالاب به بیش از ۱۰۰۰ متر مکعب میرسد که این مطلب باعث ذخیره و بالا رفتن سطح آب به صورت غیرواقعی می‌شود (این موضوع در نمای پلان و دوبعدی نتایج سناریوها واضح است).

البته با توجه به شناختی که از جغرافیای تالاب و بالادست و حوضه وجود دارد این چنین آورد دبی غیرمنطقی و غیرواقعی است.

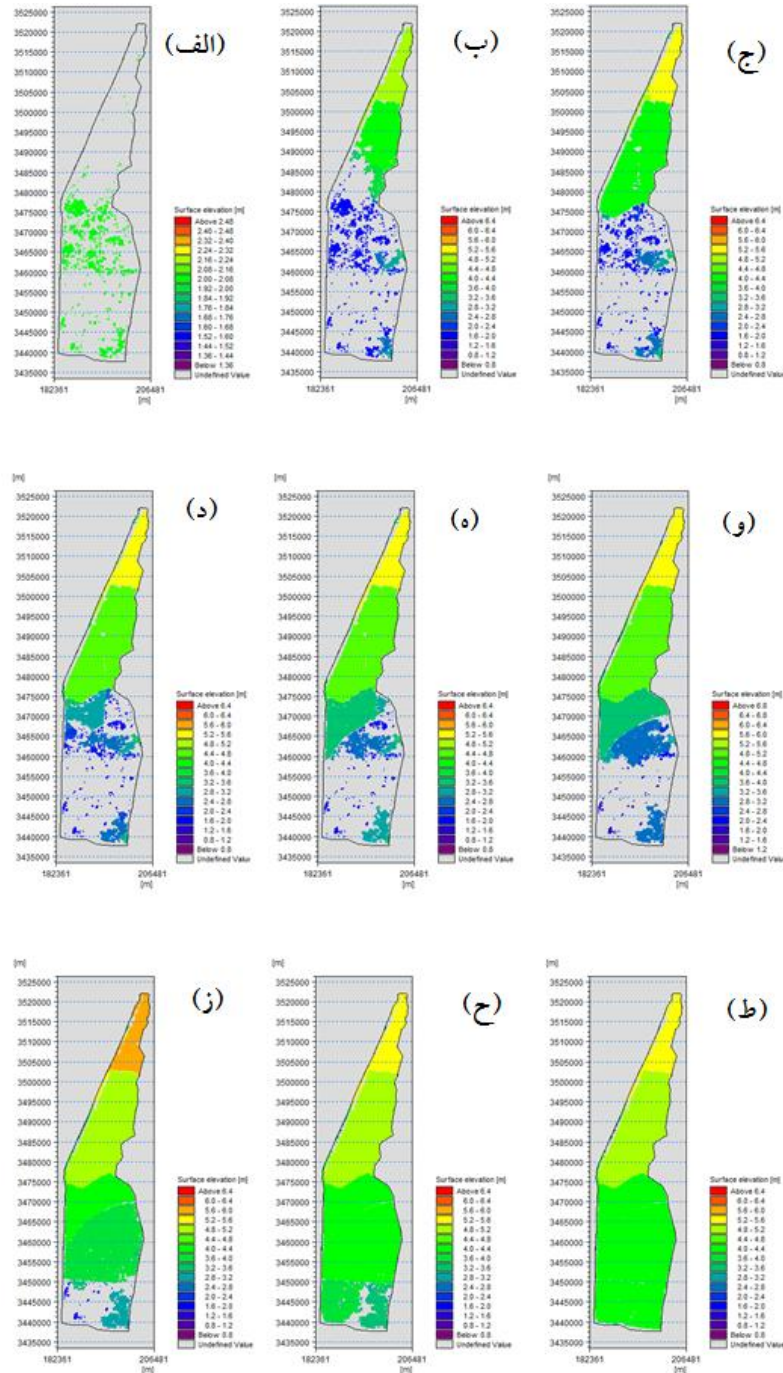
راهکار ساده جهت طراحی سازه ها، استفاده فقط از سناریوهای با جریانهای ورودی کمتر، سیلاب سال ۱۳۹۸ (معادل سیلاب ۲۰۰ ساله) می‌باشد.

۹-۸- نتایج مدلسازی

نتایجی که از هر شبیه سازی می‌توان استخراج کرد عبارتند از:

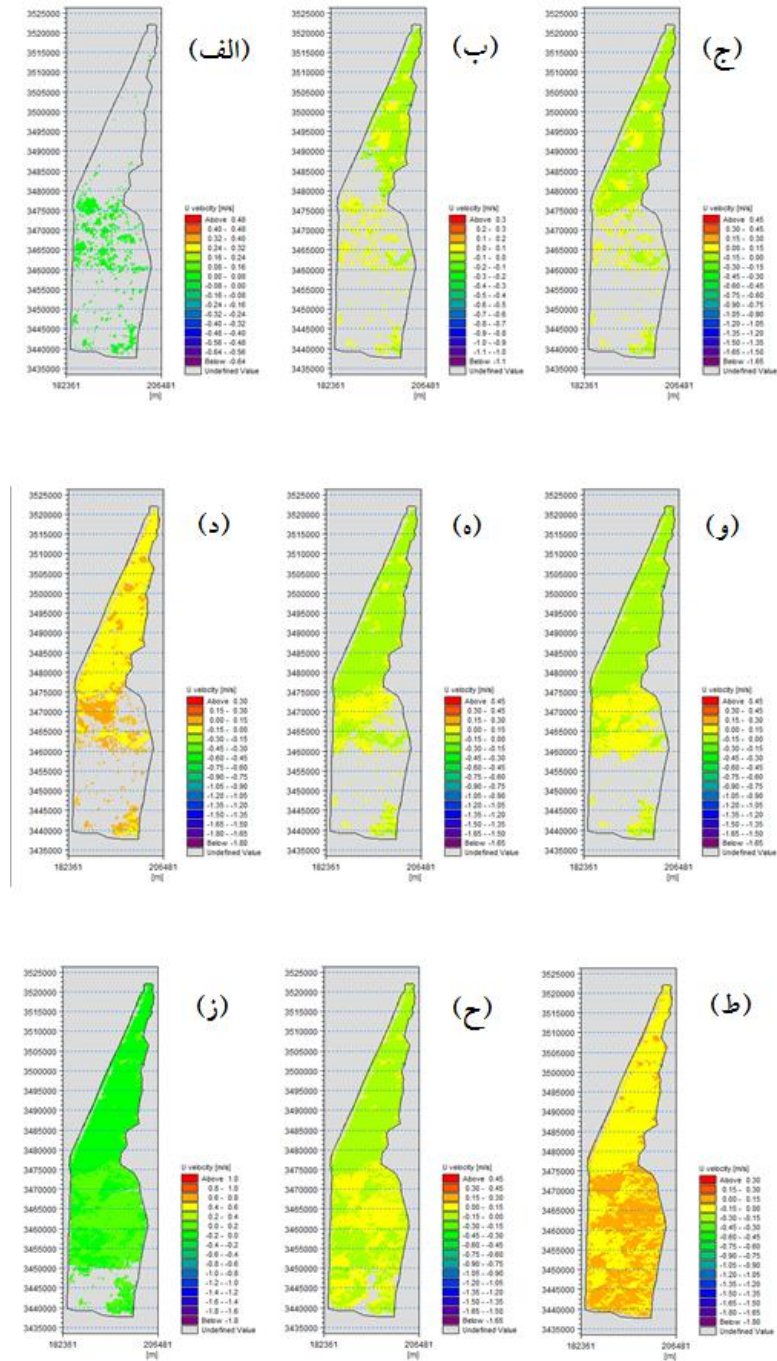
- تغییرات زمانی رقوم سطح سیلاب در تمام سلول‌هایی که در سطح هورالعظیم به مدل معرفی شده است.

تغییرات زمانی سرعت‌های طولی و عرضی در تمام سلول‌هایی که در سطح هورالعظیم در شکل‌های ۲۰ تا ۲۲ نتایج سناریوی اول به صورت کلی نمایش داده شده است.



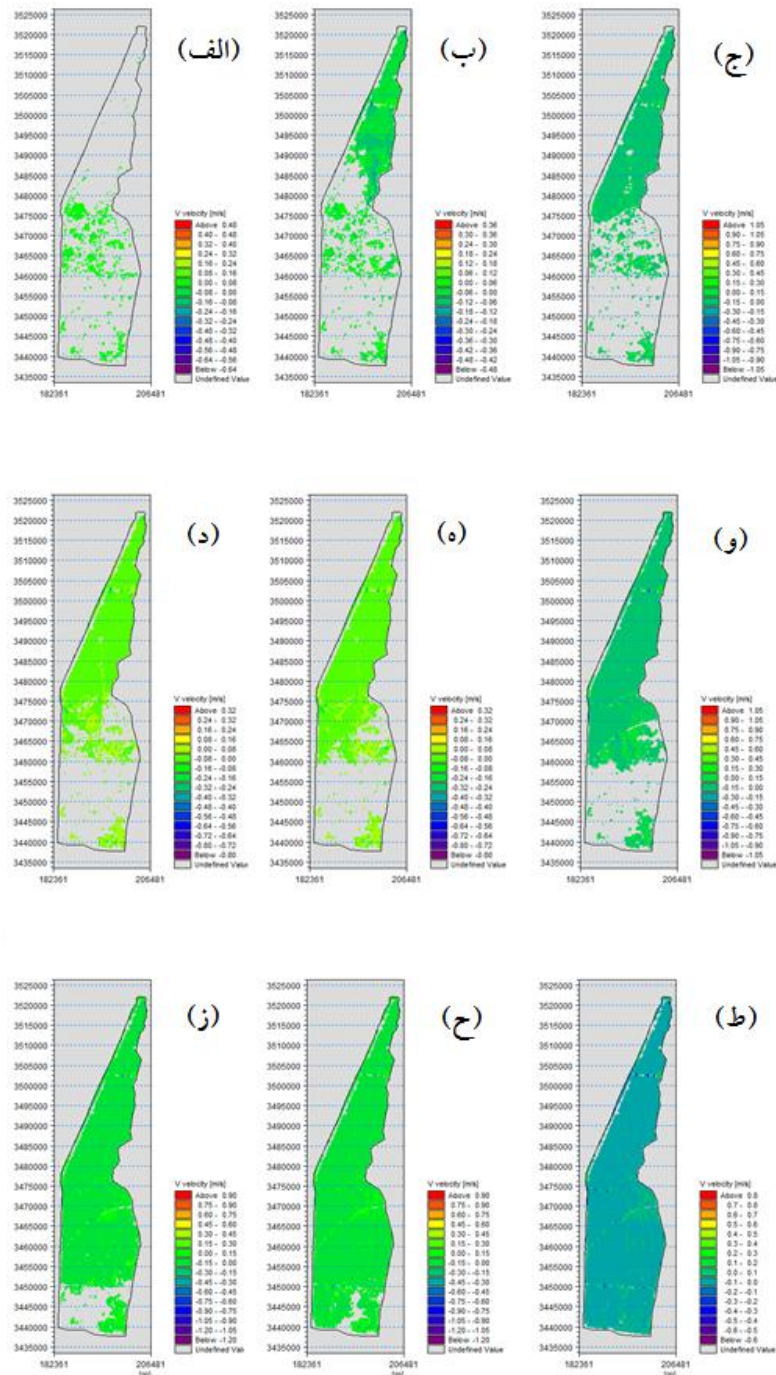
شکل ۹-۲۰: نتایج مدل‌سازی (سطح آب) برای گام‌های زمانی مختلف تصاویر الف، ب، ج، د، ه، و، ز، ح و ط به ترتیب مربوط به روزهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



شکل ۹-۲۱: نتایج مدل‌سازی (سرعت در جهت افقی) برای گام‌های زمانی مختلف تصاویر الف، ب، ج، د، ه، و، ز، ح و ط به ترتیب مربوط به روزهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



شکل ۹-۲۲: نتایج مدل‌سازی (سرعت در جهت عمودی) برای گام‌های زمانی مختلف تصاویر الف، ب، ج، د، ه، و، ز، ح و ط به ترتیب مربوط به روزهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵

۹-۹- نتایج رقوم سطح آب شبیه سازی سیلاب فروردین ماه سال ۱۳۹۸

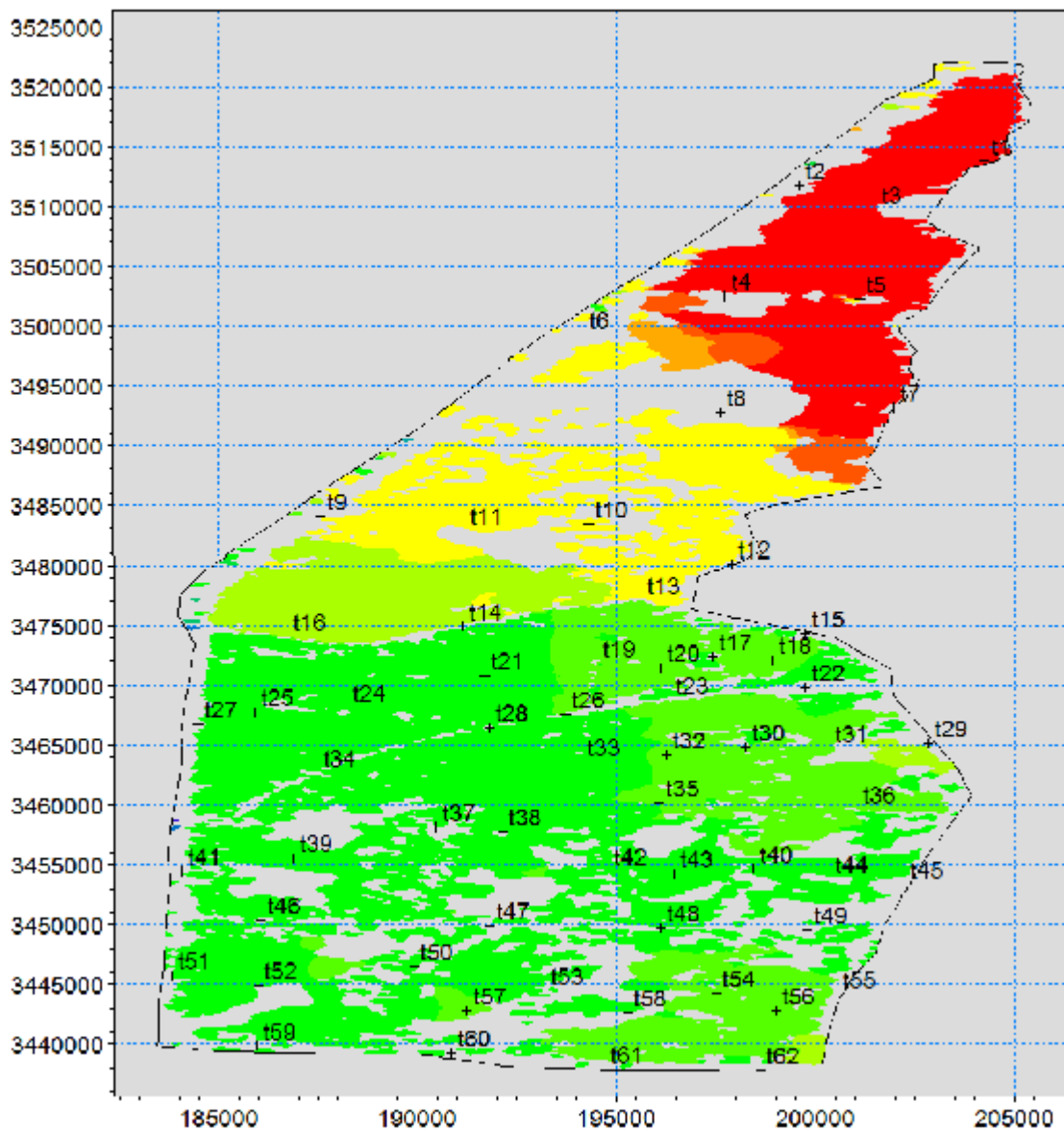
نتایجی که از هر شبیه سازی می‌توان استخراج کرد عبارتند از:

- تغییرات زمانی رقوم سطح سیلاب در تمام سلول‌هایی که در سطح هورالعظیم به مدل معرفی شده است.

○ تغییرات زمانی سرعت‌های طولی و عرضی در تمام سلول‌هایی که در سطح هورالعظیم به مدل معرفی شده است. که بسته به هدف اصلی می‌توان از این نتایج بهره برداری کرد. با توجه به وسعت داده‌های حاصل و با در نظر گرفتن اینکه هدف اصلی این مطالعه استخراج تراز سطح آب در مخازن پنج گانه هورالعظیم می‌باشد، تعداد ۶۲ نقطه (شکل ۲۳) در نواحی مختلف هورالعظیم در نظر گرفته شد.

با بررسی داده‌های حاصله تعداد ۵ نقطه که مقادیر رقوم سطح سیلاب آن‌ها نشان دهنده حداکثر مقادیر در هر مخزن باشند، انتخاب گردید. داده‌ها نشان می‌دهند که در هر مخزنی رقوم سطح آب با ورود هیدروگراف جریان، از مقدار اولیه شروع و بتدریج افزایش می‌یابد تا به یک مقدار حداکثری می‌رسد. سپس با کاهش ورودی جریان، رقوم سطح آب نیز کاهش می‌یابد. از این رو مقدار حداکثر رقوم سطح آب در هر مخزن از مدل شبیه ساز استخراج گردید.

در جدول ۷-۹ موقعیت نقاط خروجی مدلسازی، در جدول ۸-۹ رقوم سطح آب بخشی از نقاط مهم تالاب (متر از سطح دریا) و در جدول ۹-۹ حداکثر مقادیر تراز سطح آب در مخازن ۵ گانه با ذکر تاریخ وقوع آنها برای سناریوهای مختلف ارائه شده است.



شکل ۹-۲۳: پراکنش نقاط جهت استخراج سطح آب شبیه سازی شده

جدول ۹-۷: موقعیت نقاط خروجی مدلسازی

utm Y	utm X	محل	ID
3513779	204256	دایک شرقی مخزن شماره یک	P1
3511743	199587	دایک غربی مخزن شماره یک	P2
3509708	201495	مخزن شماره یک	P3
3502438	197718	مرز مخزن یک و دو (غرب)	P4
3502244	201112	مرز مخزن یک و دو (شرق)	P5
3499263	194171	دایک غربی مخزن دو-شمال	P6
3493137	201960	دایک شرقی مخزن دو-شمال	P7
3492776	197607	مخزن دو سمت شرق جاده	P8
3484036	187570	دایک غربی مخزن دو-جنوب	P9
3483406	194314	جاده مخزن دو	P10
3482865	191164	مخزن دو سمت غرب جاده	P11
3480072	197876	دایک شرقی مخزن دو-جنوب	P12
3477099	195612	مرز مخزن دو و سه - شرقی	P13
3474936	191132	مرز مخزن دو و سه - مرکزی	P14
3474367	199740	دایک مرکزی مخزن سه - شمال	P15
3474035	186683	مرز مخزن دو و سه - غربی	P16
3472421	197403	جاده بین بخش شرقی و مرکزی مخزن سه	P17
3472107	198909	مخزن سه - بخش مرکزی شرقی	P18
3471856	194488	جاده بین بخش مرکزی شرقی و مرکزی غربی مخزن سه	P19
3471480	196110	مخزن سه - بخش شرقی	P20
3470852	191688	مخزن سه - بخش مرکزی غربی	P21

ادامه جدول ۹-۷: موقعیت نقاط خروجی مدلسازی

utm Y	utm X	محل	ID
3469785	199740	مرز بین مخزن سه و چهار-شرق	P22
3468780	196322	مرز بین مخزن سه و چهار-شرق و مرکز	P23
3468152	188232	جاده بین بخش مرکزی غربی و غربی مخزن سه	P24
3467776	185876	مخزن سه - بخش غربی	P25
3467587	193715	مرز بین مخزن سه و چهار - غرب	P26
3466771	184466	دایک غربی مخزن سه	P27
3466457	191804	مرز بین مخزن سه و چهار- نسبتا غرب	P28
3465202	202829	دایک شرقی و شمالی مخزن چهار	P29
3464825	198253	جاده بین بخش شرقی و مرکزی مخزن چهار-شمالی	P30
3464762	200319	مخزن چهار بخش شرقی- شمالی	P31
3464197	196245	مخزن چهار بخش مرکزی شرقی - شمالی	P32
3463632	194121	جاده بین بخش شرقی و مرکزی مخزن چهار	P33
3462691	187459	مرز بین مخزن سه و چهار- مرکز و غرب	P34
3460180	196090	جاده بین بخش مرکزی شرقی مخزن چهار	P35
3459615	201014	جاده بین بخش شرقی مخزن چهار	P36
3458171	190471	جاده بین بخش مرکزی غربی و غربی مخزن چهار	P37
3457794	192132	مخزن چهار بخش مرکزی غربی	P38
3455597	186861	مخزن چهار بخش غربی	P39
3454593	198446	جاده بین بخش شرقی و مرکزی شرقی مخزن چهار	P40
3454467	184041	دایک غربی مخزن چهار	P41
3454404	194777	جاده بین بخش مرکزی و مرکزی غربی مخزن چهار	P42

ادامه جدول ۹-۷: موقعیت نقاط خروجی مدلسازی

utm Y	utm X	محل	ID
3454291	196456	مخزن چهار بخش مرکزی شرقی-جنوب	P43
3453759	200337	مخزن چهار بخش شرقی-جنوب	P44
3453337	202231	دایک شرقی و جنوبی مخزن چهار	P45
3450386	186050	مرز مخزن چهار و پنج- بخش غربی	P46
3449947	191842	مرز مخزن چهار و پنج- بخش مرکزی غربی	P47
3449759	196110	مرز مخزن چهار و پنج- بخش مرکزی شرقی	P48
3449570	199798	مرز مخزن چهار و پنج- بخش شرقی	P49
3446519	189908	جاده بین بخش غربی و مرکزی غربی	P50
3445788	183812	دایک غربی مخزن پنج	P51
3444895	185975	مخزن پنج - بخش غربی	P52
3444430	193191	جاده بین بخش مرکزی شرقی و مرکزی غربی	P53
3444222	197499	جاده بین بخش شرقی و مرکزی شرقی	P54
3444187	200539	دایک شرقی مخزن پنج	P55
3442768	198988	مخزن پنج - بخش شرقی	P56
3442768	191251	مخزن پنج - بخش مرکزی غربی	P57
3442591	195273	مخزن پنج - بخش مرکزی	P58
3439801	185948	دایک جنوبی مخزن پنج- بخش غربی	P59
3439245	190864	دایک جنوبی مخزن پنج- بخش مرکزی غربی	P60
3437887	194685	دایک جنوبی مخزن پنج- بخش مرکزی شرقی	P61
3437783	198611	دایک جنوبی مخزن پنج- بخش شرقی	P62

جدول ۹-۸: رقوم سطح آب بخشی از نقاط مهم تالاب (متر از سطح دریا)

سناریو اول (مخزن نسبتاً خالی و مرز باز)	سناریو دوم (مخزن نسبتاً خالی و مرز بسته)	سناریو سوم (مخزن نسبتاً پر و مرز باز)	سناریو چهارم (مخزن نسبتاً پر و مرز بسته)	ID
5.778	5.885	5.778	5.884	P1
Dry	Dry	Dry	Dry	P2
5.761	5.871	5.762	5.870	P3
Dry	Dry	Dry	Dry	P4
5.544	5.632	5.544	5.630	P5
Dry	Dry	Dry	Dry	P6
Dry	Dry	Dry	Dry	P7
5.141	5.263	5.131	5.256	P8
Dry	Dry	Dry	Dry	P9
5.117	5.239	5.107	5.231	P10
5.114	5.236	5.104	5.228	P11
Dry	Dry	Dry	Dry	P12
Dry	Dry	Dry	Dry	P13
4.861	5.020	4.869	5.017	P14
Dry	Dry	Dry	Dry	P15
Dry	5.215	Dry	Dry	P16
4.371	4.634	4.394	4.793	P17
4.371	4.634	4.394	4.793	P18
Dry	4.634	Dry	4.793	P19
4.371	4.634	4.394	4.793	P20
4.370	4.634	4.394	4.793	P21

ادامه جدول ۹-۸: رقوم سطح آب بخشی از نقاط مهم تالاب (متر از سطح دریا)

سناریو اول (مخزن نسبتاً خالی و مرز باز)	سناریو دوم (مخزن نسبتاً خالی و مرز بسته)	سناریو سوم (مخزن نسبتاً پر و مرز باز)	سناریو چهارم (مخزن نسبتاً پر و مرز بسته)	ID
Dry	Dry	Dry	Dry	P22
Dry	Dry	Dry	Dry	P23
4.370	4.633	4.393	4.793	P24
4.370	4.632	4.393	4.792	P25
4.367	4.629	4.390	4.791	P26
4.365	4.631	4.390	4.792	P27
Dry	4.629	Dry	4.791	P28
Dry	Dry	Dry	Dry	P29
4.367	4.630	4.390	4.791	P30
4.367	4.630	4.390	4.791	P31
4.367	4.630	4.390	4.791	P32
4.367	4.629	4.390	4.791	P33
Dry	Dry	Dry	4.791	P34
4.367	4.630	4.390	4.791	P35
4.367	4.630	4.390	4.791	P36
4.367	4.629	4.389	4.791	P37
4.367	4.629	4.390	4.791	P38
4.366	4.628	4.389	4.790	P39
4.367	4.629	4.390	4.791	P40
Dry	4.590	Dry	4.780	P41
4.367	4.629	4.390	4.791	P42

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۹-۸: رقوم سطح آب بخشی از نقاط مهم تالاب (متر از سطح دریا)

سناریو اول (مخزن نسبتاً خالی و مرز باز)	سناریو دوم (مخزن نسبتاً خالی و مرز بسته)	سناریو سوم (مخزن نسبتاً پر و مرز باز)	سناریو چهارم (مخزن نسبتاً پر و مرز بسته)	ID
4.367	4.630	4.390	4.791	P43
4.367	4.629	4.390	4.791	P44
4.368	4.630	4.391	4.791	P45
Dry	4.628	Dry	4.790	P46
4.366	4.629	4.389	4.790	P47
4.367	4.629	4.390	4.791	P48
4.368	4.630	4.390	4.791	P49
4.366	4.628	4.389	4.790	P50
Dry	4.628	Dry	4.789	P51
4.366	4.628	4.388	4.790	P52
4.367	4.629	4.389	4.790	P53
4.367	4.629	4.390	4.791	P54
Dry	Dry	Dry	Dry	P55
4.368	4.629	4.390	4.791	P56
4.366	4.629	4.389	4.790	P57
4.367	4.629	4.390	4.791	P58
Dry	4.628	Dry	4.790	P59
Dry	Dry	Dry	Dry	P60
Dry	Dry	Dry	Dry	P61
Dry	Dry	Dry	Dry	P62

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۹-۹- حداکثر مقادیر تراز سطح آب در مخازن ۵ گانه با ذکر تاریخ وقوع آنها برای سناریوهای مختلف

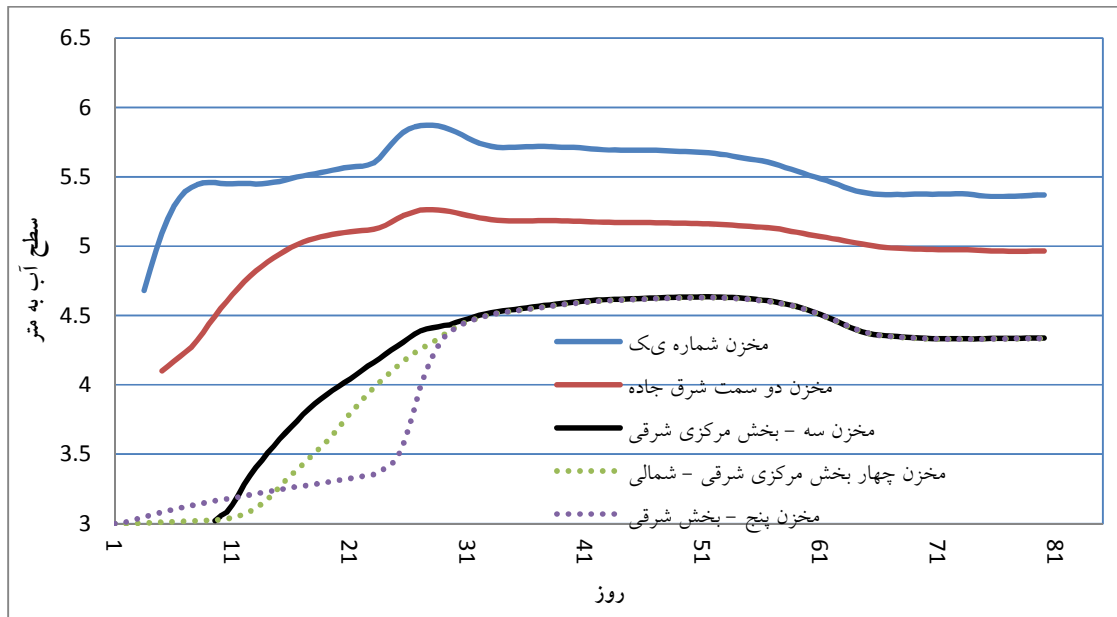
۵		۴		۳		۲		۱		سناریوها مخازن
Day	Max	Day	Max	Day	Max	Day	Max	Day	Max	
روز ۱۵	5.77	روز ۲۸	5.76	روز ۲۷	5.86	روز ۲۷	5.76	روز ۲۷	5.87	مخزن ۱
روز ۱۶	5.23	روز ۲۹	5.13	روز ۲۷	5.25	روز ۲۹	5.14	روز ۲۷	5.26	مخزن ۲
روز ۳۲	4.46	روز ۳۸	4.39	روز ۴۴	4.79	روز ۴۷	4.37	روز ۴۳	4.62	مخزن ۳
روز ۳۱	4.45	روز ۳۷	4.38	روز ۴۶	4.79	روز ۴۴	4.36	روز ۴۵	4.62	مخزن ۴
روز ۳۱	4.45	روز ۴۰	4.39	روز ۴۶	4.79	روز ۴۴	4.36	روز ۴۵	4.62	مخزن ۵

توصیح: مخزن ۱ = P3 مخزن ۲ = P8 مخزن ۳ = P18 مخزن ۴ = P32 مخزن ۵ = P56

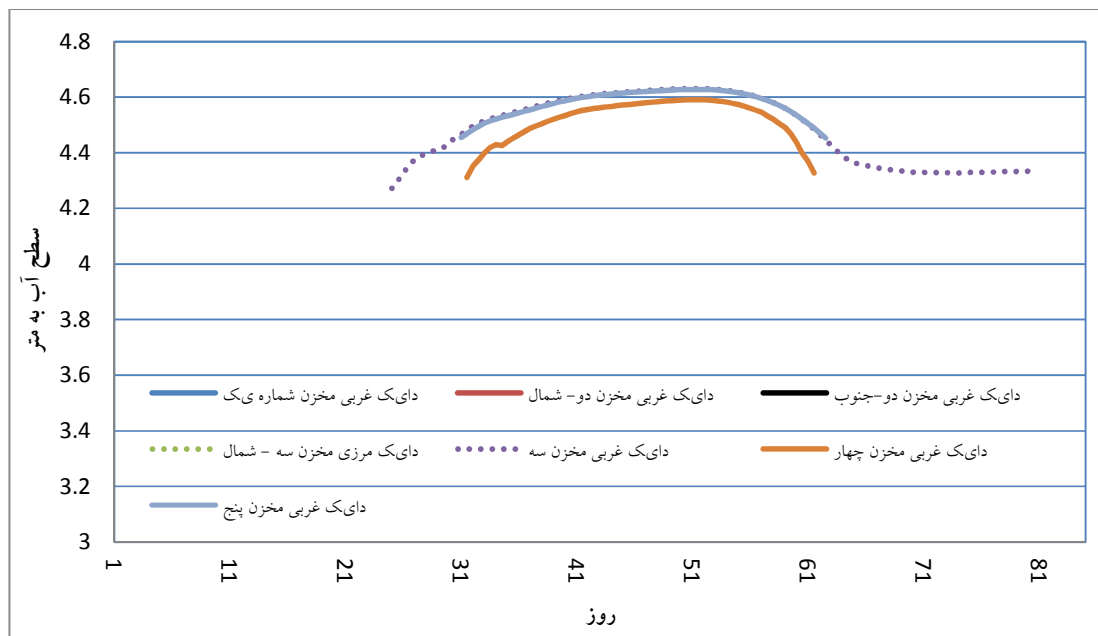
ادامه جدول ۹-۹- حداکثر مقادیر تراز سطح آب در مخازن ۵ گانه با ذکر تاریخ وقوع آنها برای سناریوهای مختلف

۱۰		۹		۸		۷		۶		سناریوها مخازن
Day	Max	Day	Max	Day	Max	Day	Max	Day	Max	
روز ۱۵	5.77	روز ۱۵	5.77	62	8.94	روز ۱۵	5.77	روز ۱۵	5.77	مخزن ۱
روز ۱۶	5.22	روز ۱۶	5.23	62	8.94	روز ۱۶	5.22	روز ۱۶	5.22	مخزن ۲
روز ۲۵	4.45	روز ۳۲	4.46	62	8.94	روز ۲۵	4.45	روز ۲۵	4.45	مخزن ۳
روز ۲۳	4.44	روز ۳۱	4.45	62	8.94	روز ۲۳	4.44	روز ۲۳	4.44	مخزن ۴
روز ۲۳	4.44	روز ۳۱	4.45	62	8.94	روز ۲۳	4.44	روز ۲۳	4.44	مخزن ۵

در شکل ۹-۲۹-۱ تا شکل ۹-۲۹-۳۰ تغییرات زمانی سطح آب مخازن، جاده‌ها و دایک را نسبت به زمان برای سناریوهای دهگانه نشان می‌دهد.

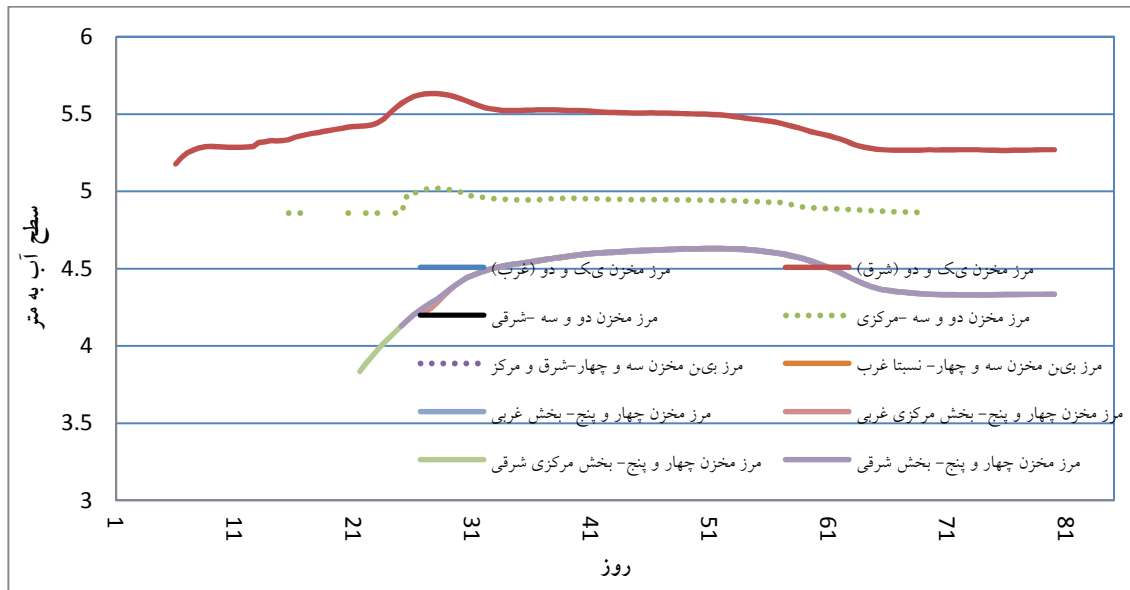


شکل ۹-۲۴-۱: تغییرات تراز سطح آب در مخازن برای سناریوی ۱

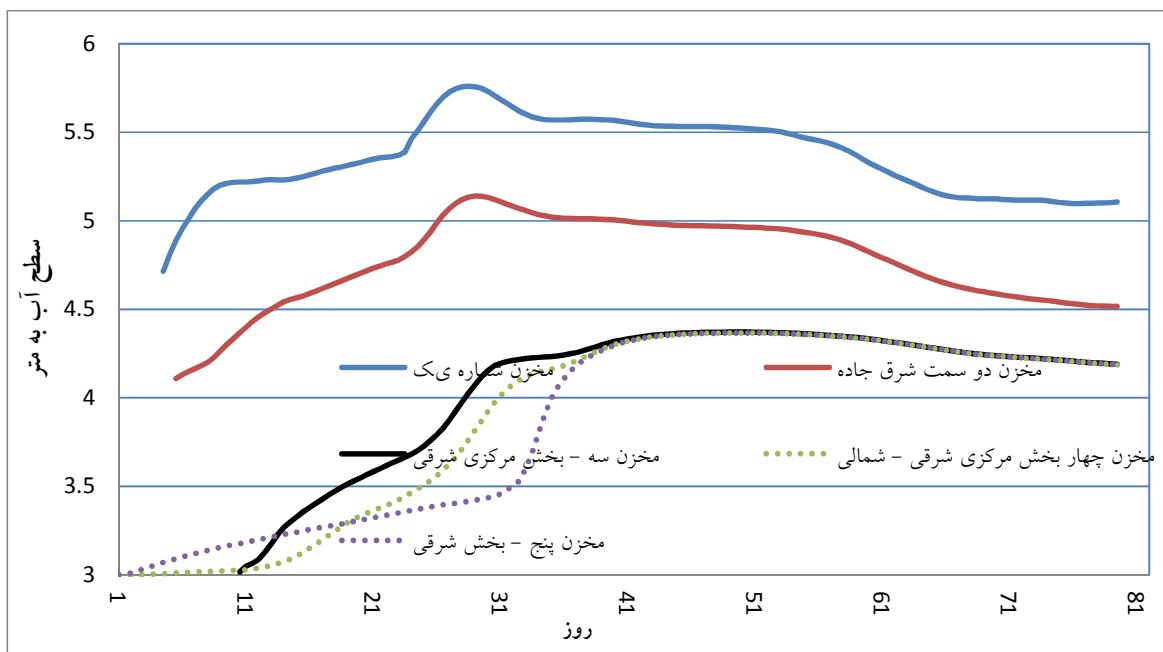


شکل ۹-۲۴-۲: تغییرات تراز سطح آب در دایک مرکزی غربی در مخازن پنج گانه در سناریوی ۱

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

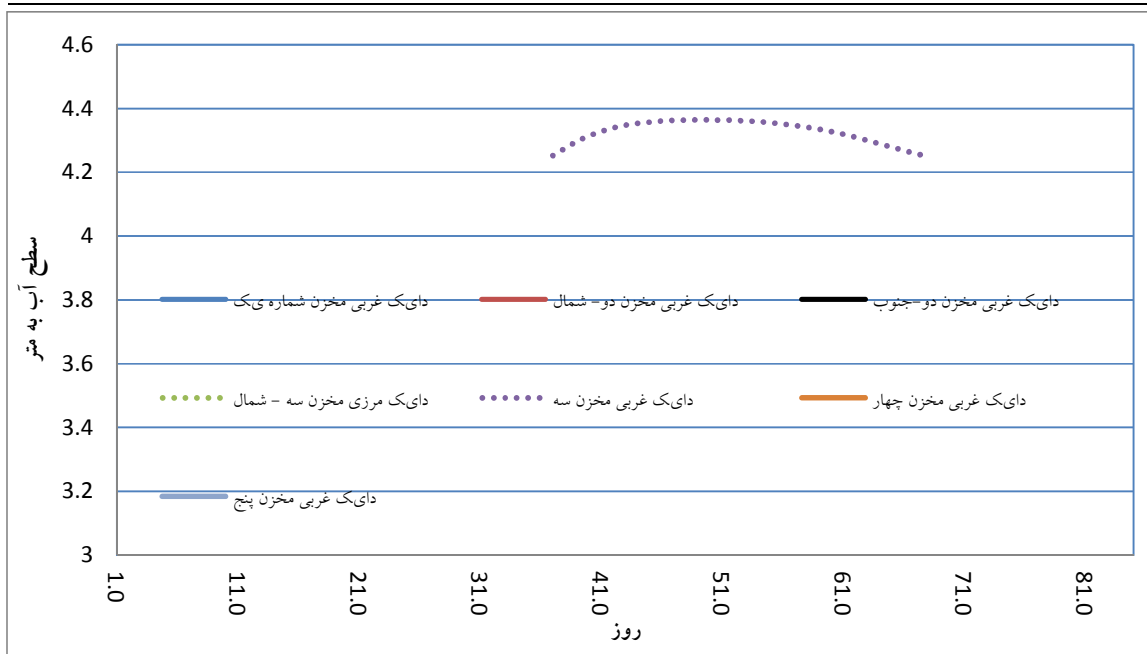


شکل ۹-۲۴-۳: تغییرات تراز سطح آب در جاده های مرزی بین مخازن پنج گانه در سناریوی ۱

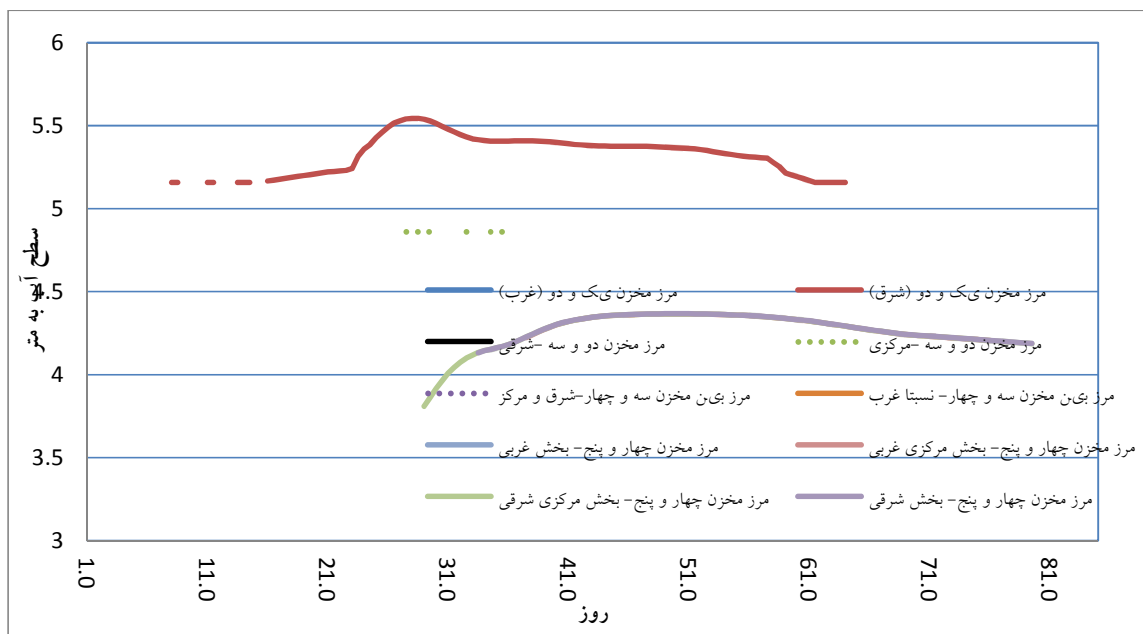


شکل ۹-۲۴-۴: تغییرات تراز سطح آب در مخازن مختلف در سناریوی ۲

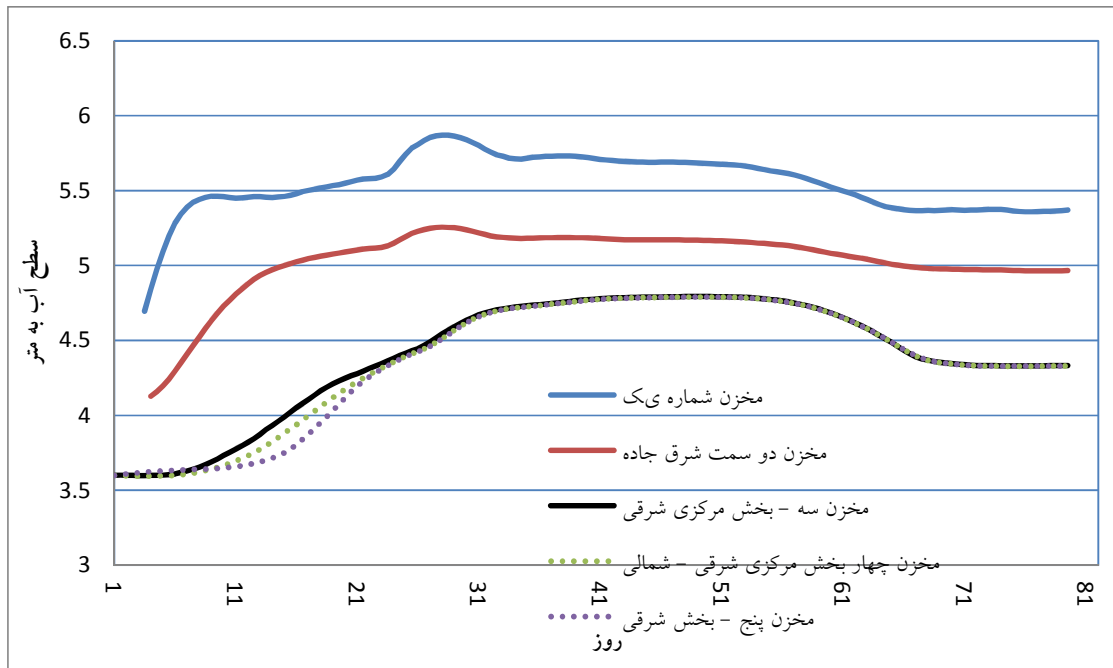
مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



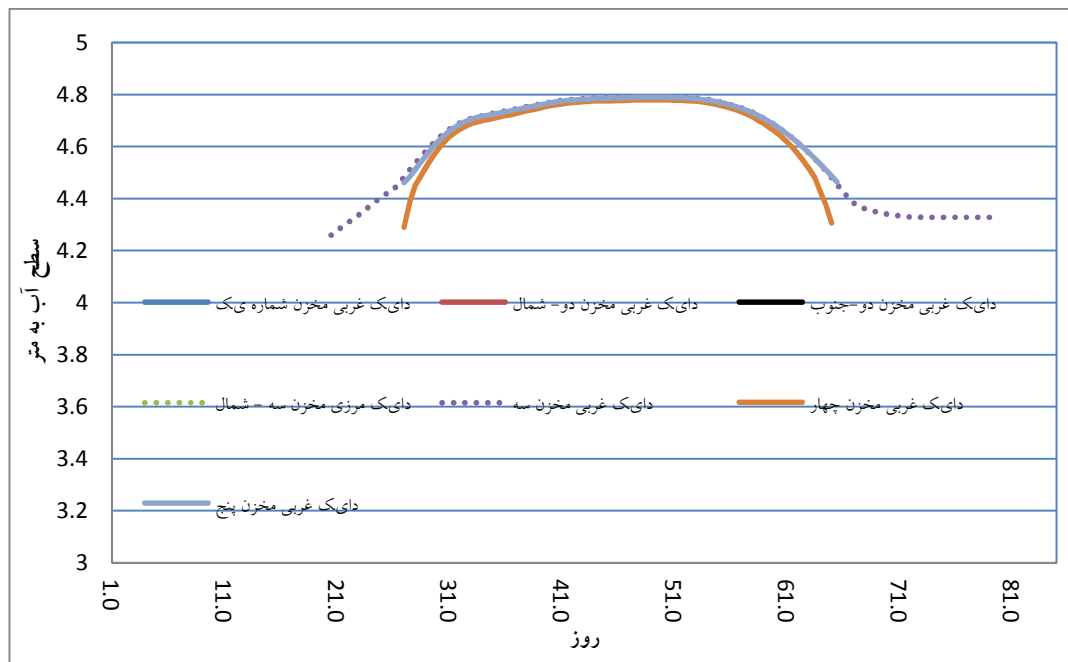
شکل ۹-۲۴-۵: تغییرات تراز سطح آب در دایک مرزی غربی در مخازن پنج گانه در سناریوی ۲



شکل ۹-۲۴-۶: تغییرات تراز سطح آب در جاده های مرزی بین مخازن پنج گانه در سناریوی ۲

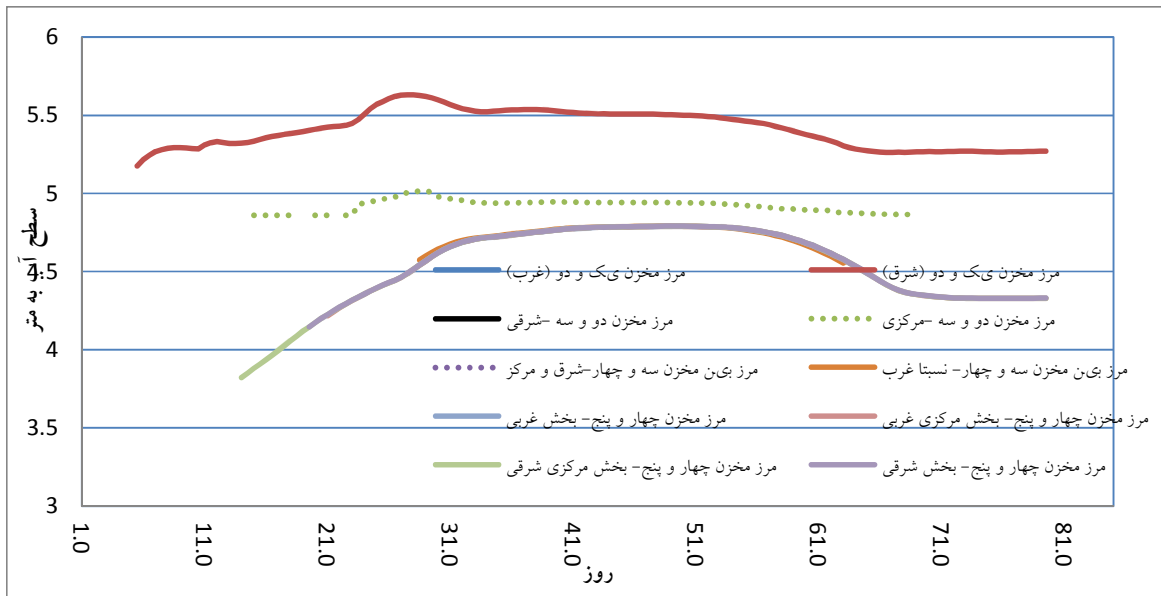


شکل ۹-۲۴-۷: تغییرات تراز سطح آب در مخازن مختلف در سناریوی ۳

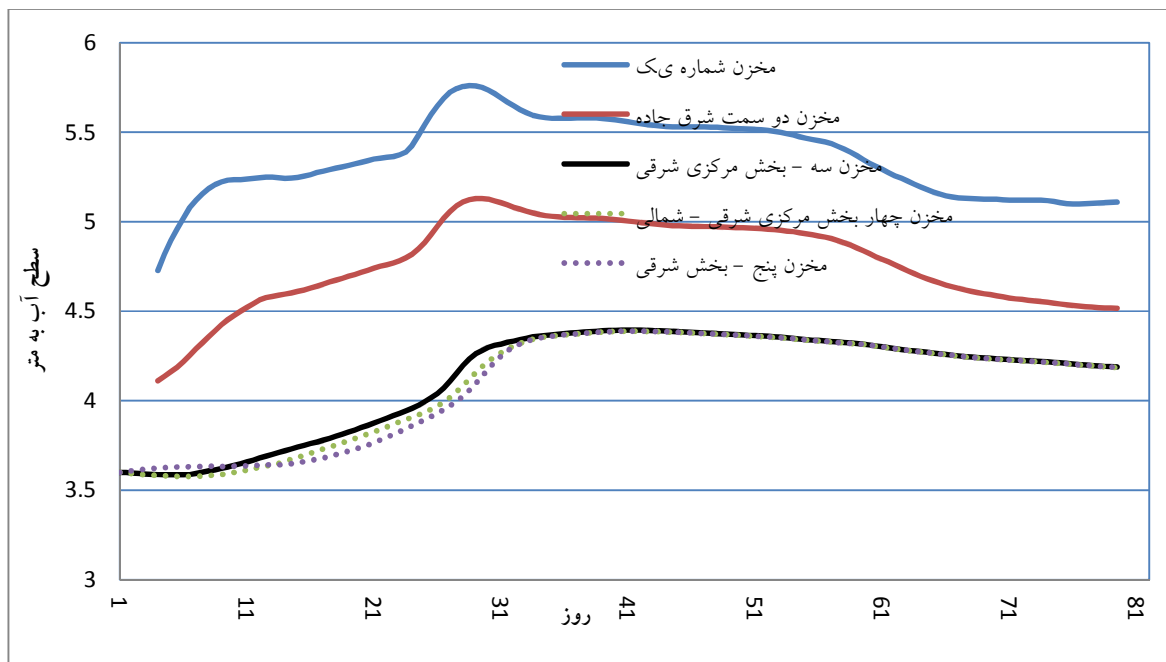


شکل ۹-۲۴-۸: تغییرات تراز سطح آب در دایک مرزی غربی در مخازن پنج گانه در سناریوی ۳

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

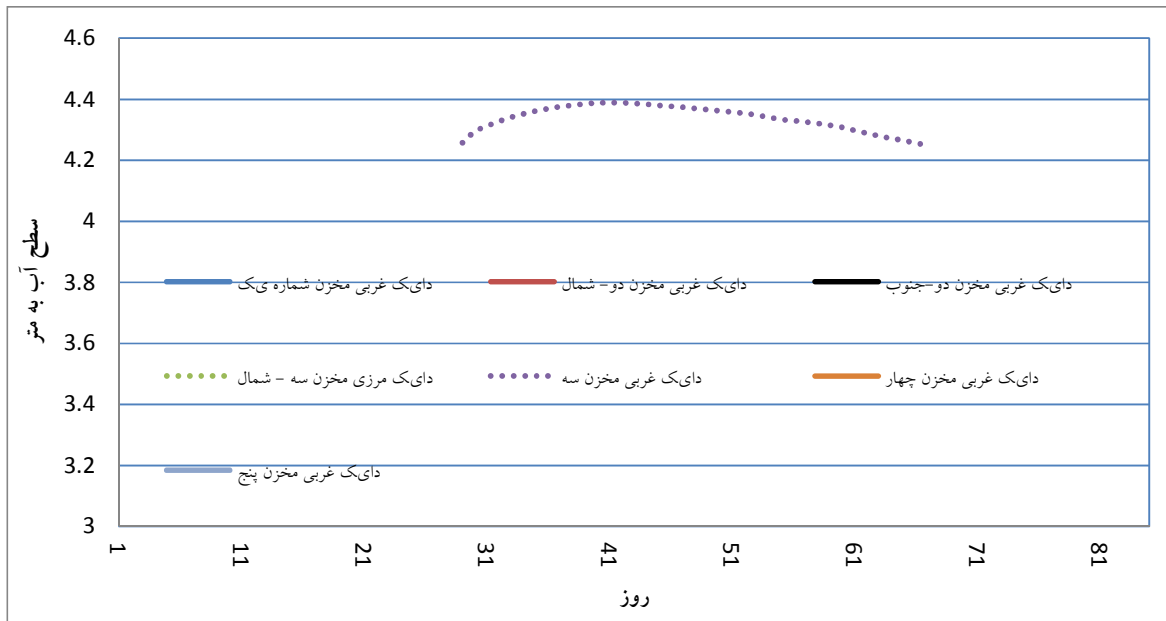


شکل ۹-۲۴-۹: تغییرات تراز سطح آب در جاده های مرزی بین مخازن پنج گانه در سناریوی ۳

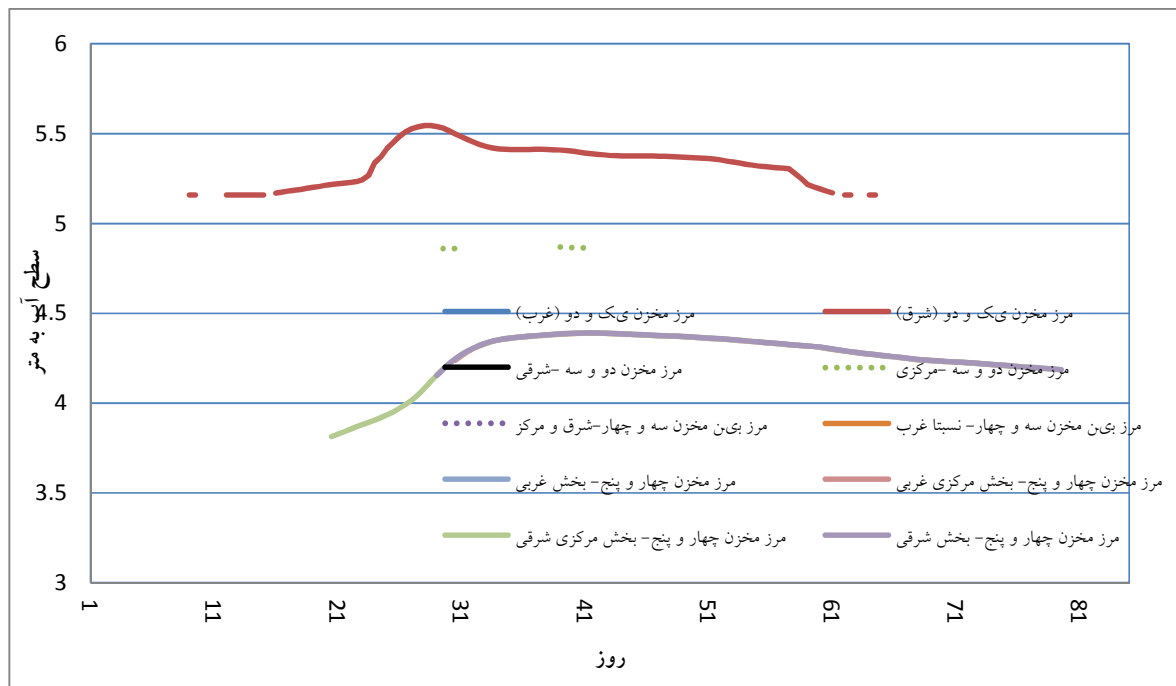


شکل ۹-۲۴-۱۰: تغییرات تراز سطح آب در مخازن مختلف در سناریوی ۴

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

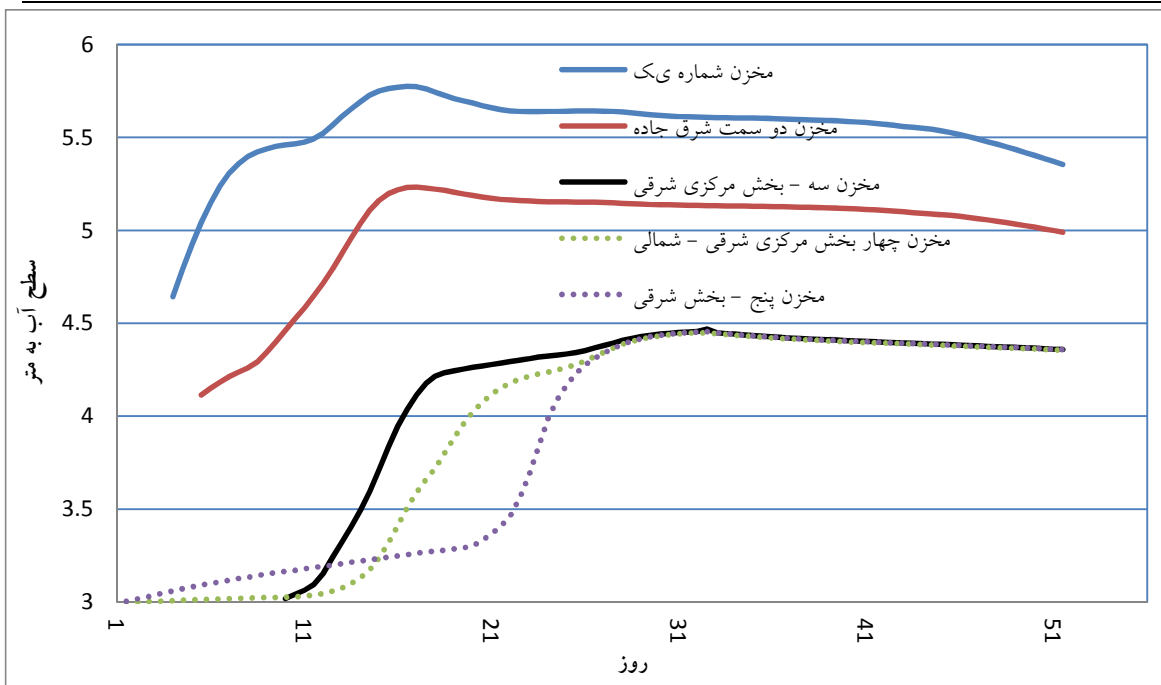


شکل ۹-۲۴-۱۱: تغییرات تراز سطح آب در دایک مرزی غربی در مخازن پنج گانه در سناریوی ۴

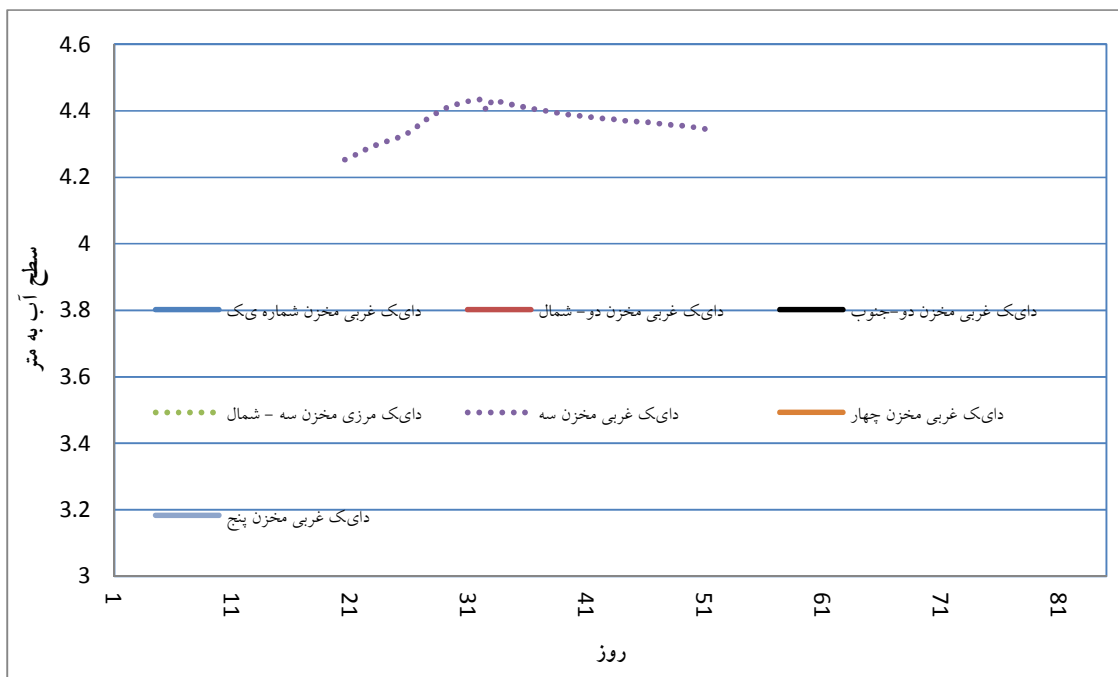


شکل ۹-۲۴-۱۲: تغییرات تراز سطح آب در جاده های مرزی بین مخازن پنج گانه در سناریوی ۴

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



شکل ۹-۲۴-۱۳: تغییرات تراز سطح آب در مخازن مختلف در سناریوی ۵

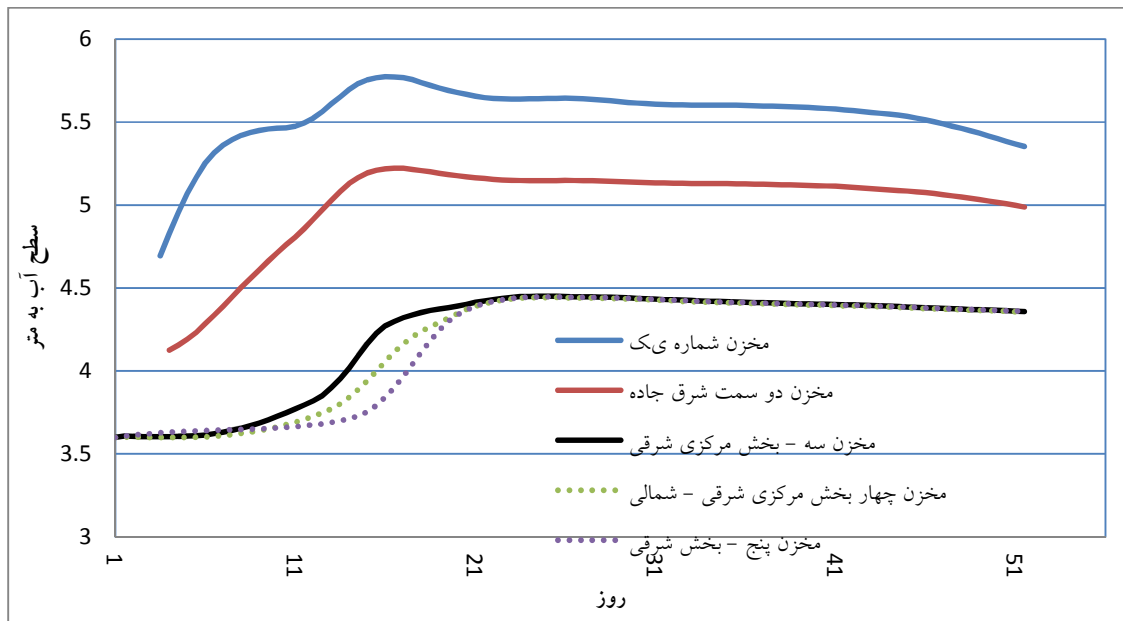


شکل ۹-۲۴-۱۴: تغییرات تراز سطح آب در دایک مرزی غربی در مخازن پنج گانه در سناریوی ۵

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

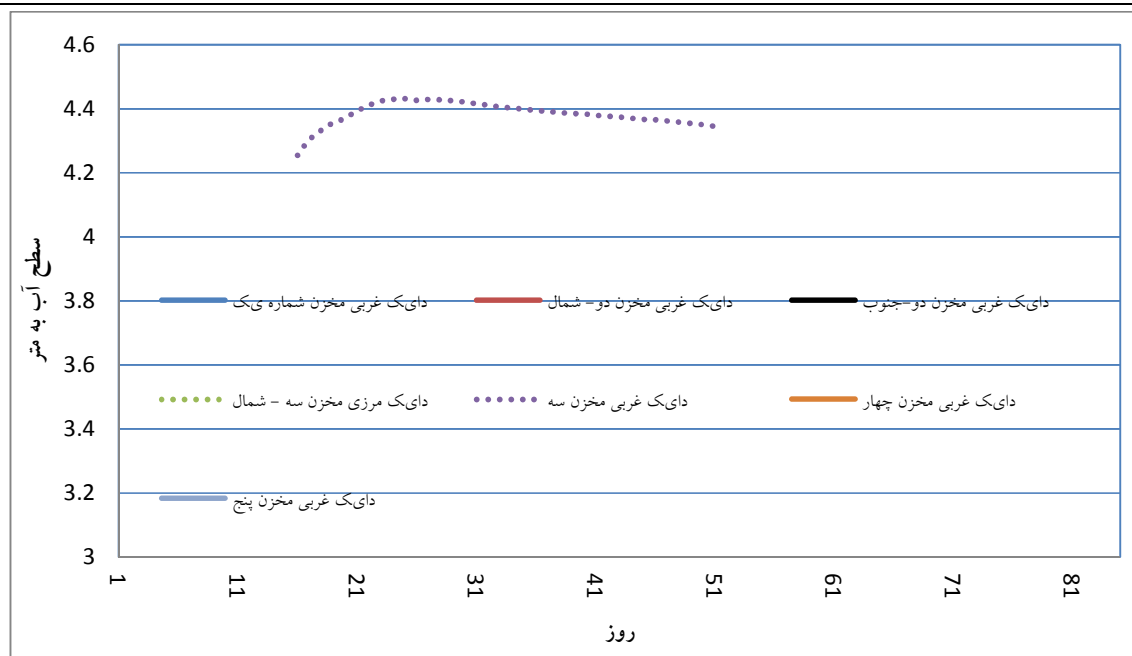


شکل ۹-۲۴-۱۵: تغییرات تراز سطح آب در جاده های مرزی بین مخازن پنج گانه در سناریوی ۵

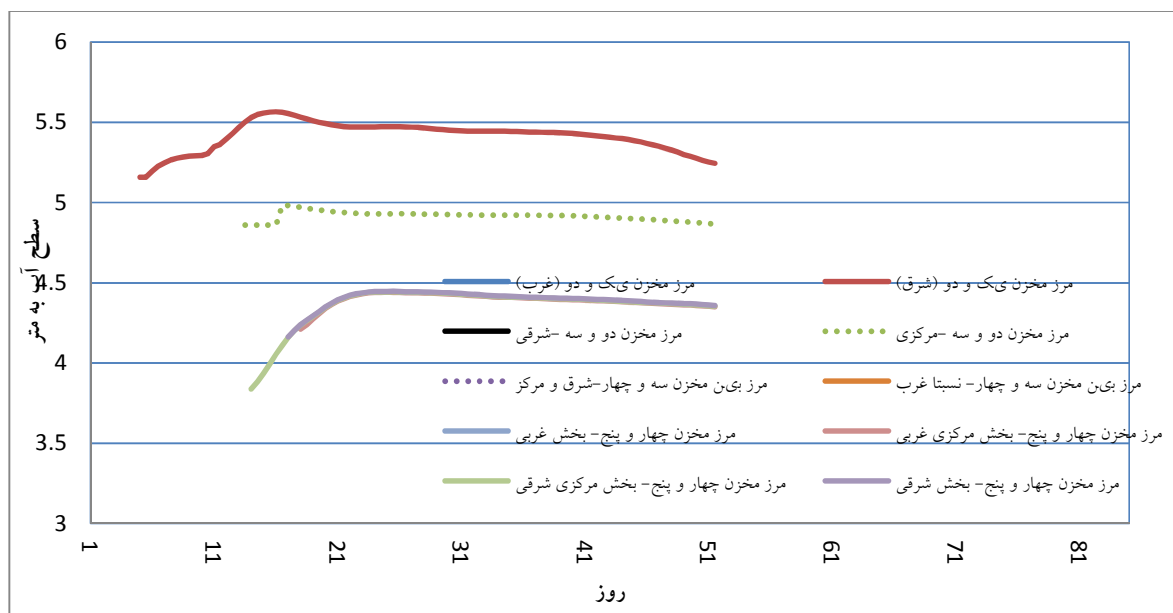


شکل ۹-۲۴-۱۶: تغییرات تراز سطح آب در مخازن مختلف در سناریوی ۶

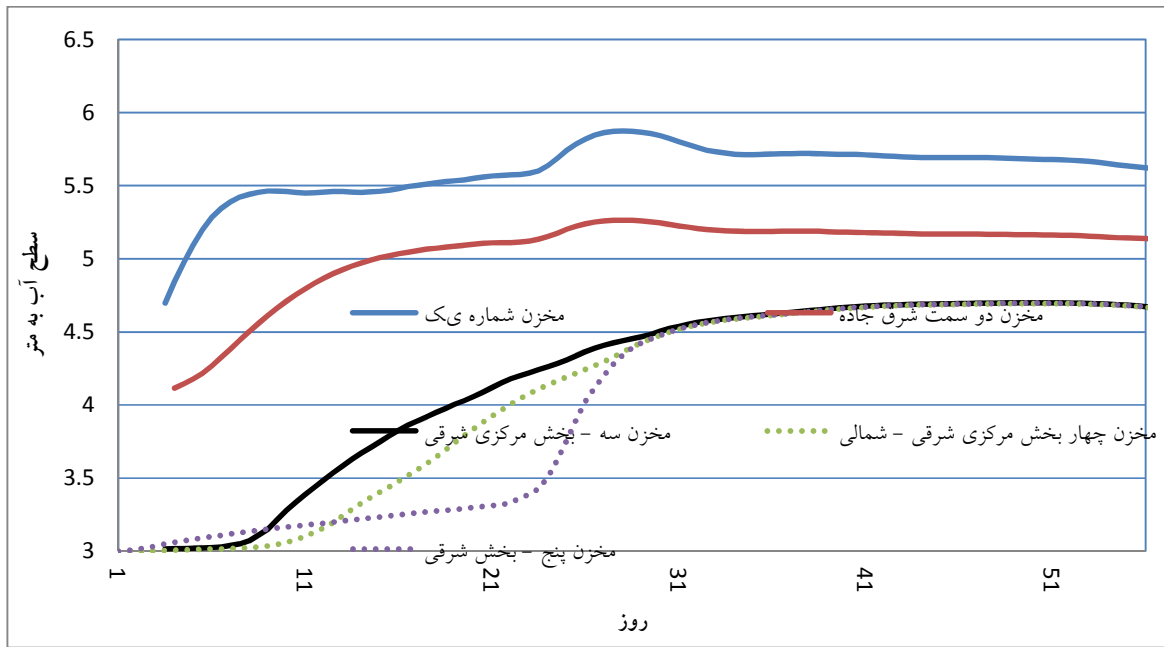
مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



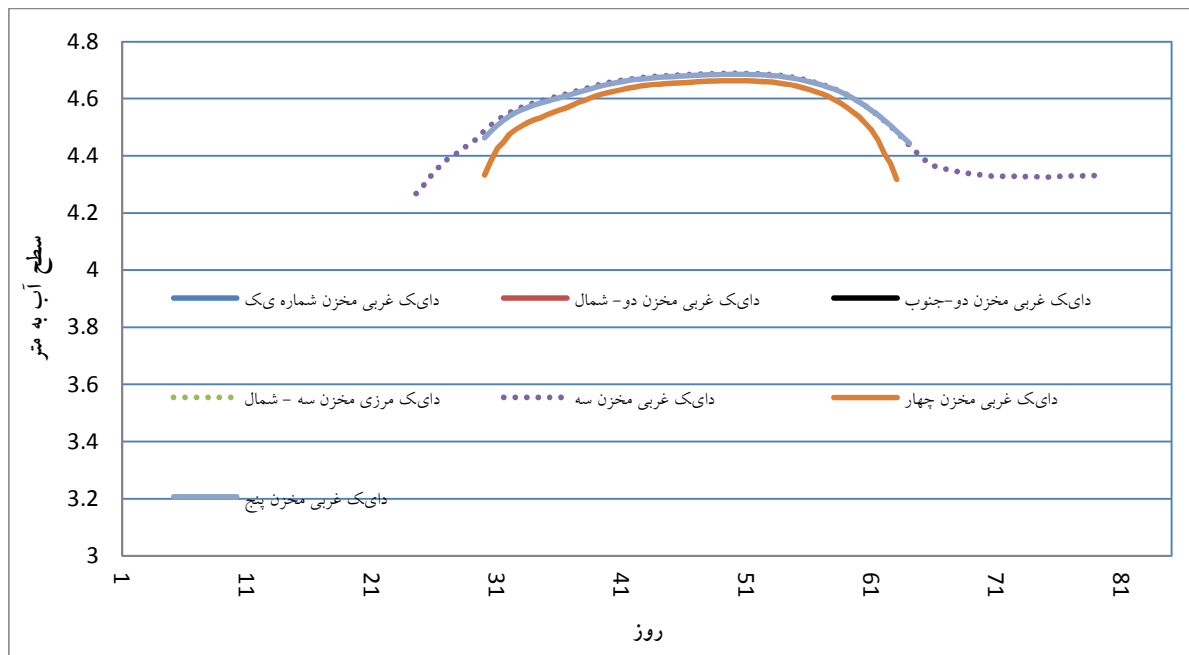
شکل ۹-۲۴-۱۷: تغییرات تراز سطح آب در دایک مرزی غربی در مخازن پنج گانه در سناریوی ۶



شکل ۹-۲۴-۱۸: تغییرات تراز سطح آب در جاده های مرزی بین مخازن پنج گانه در سناریوی ۶

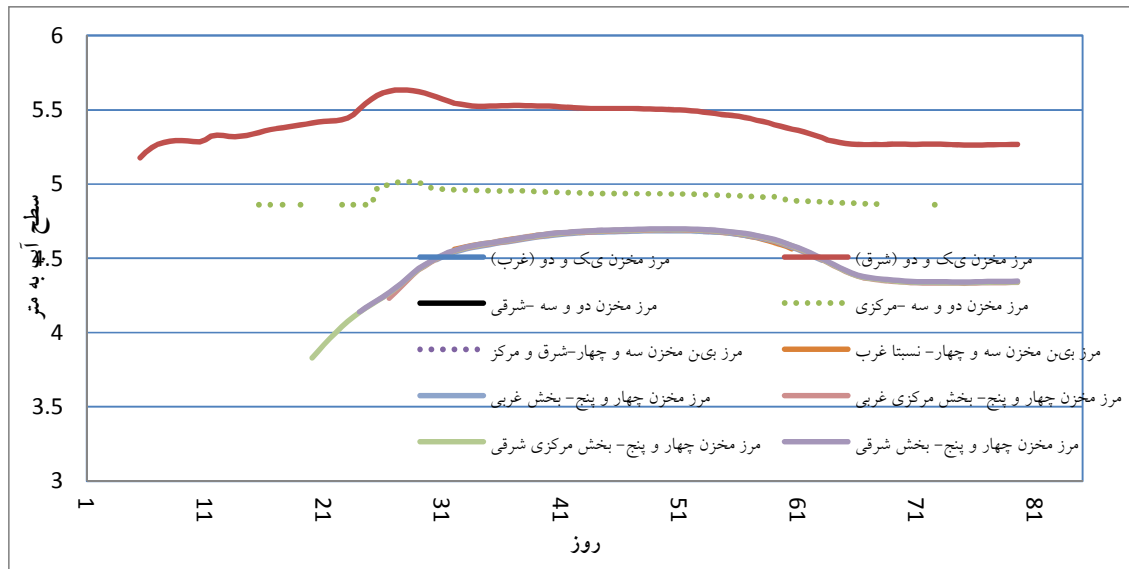


شکل ۹-۲۴-۱۹: تغییرات تراز سطح آب در مخازن مختلف در سناریوی ۷

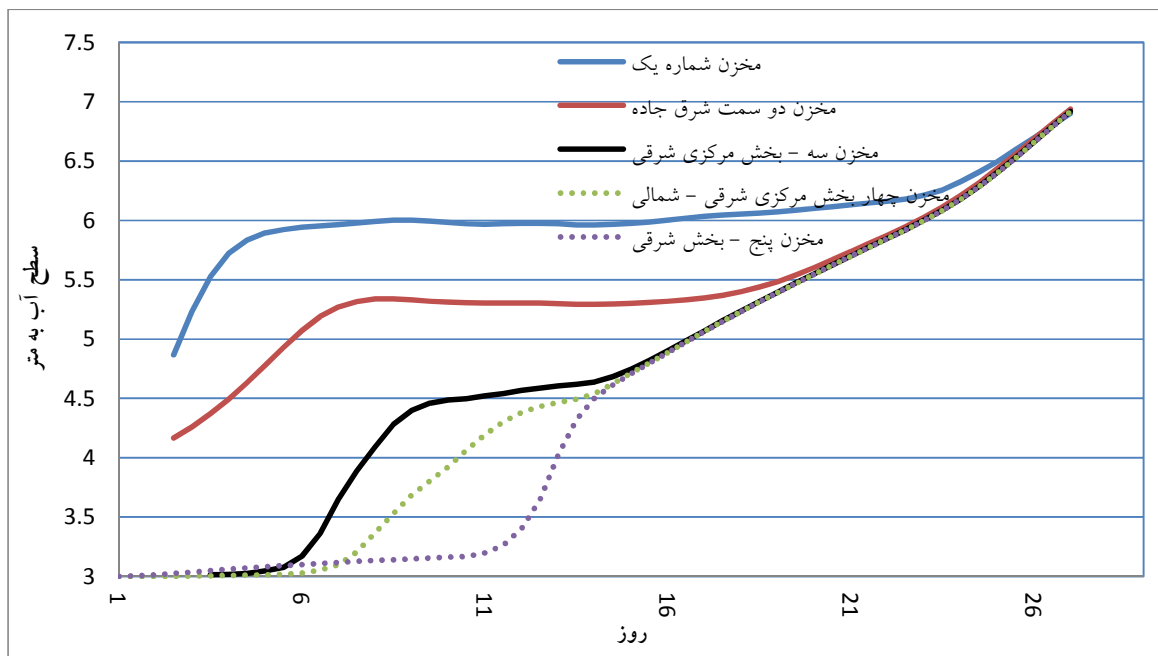


شکل ۹-۲۴-۲۰: تغییرات تراز سطح آب در دایک مرکزی غربی در مخازن پنج گانه در سناریوی ۷

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

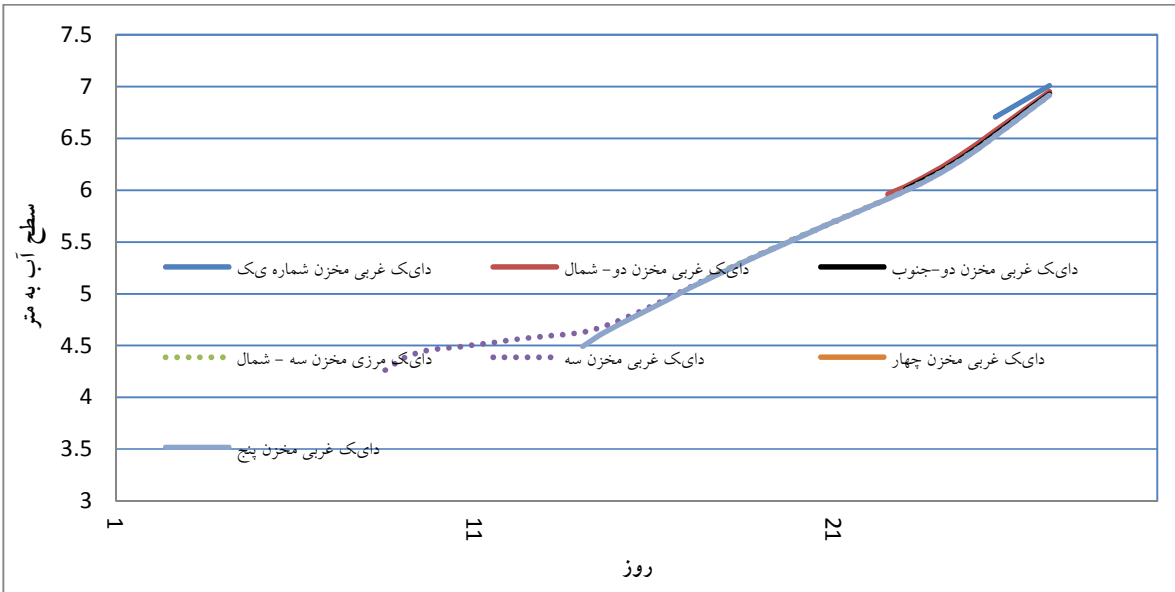


شکل ۹-۲۴-۲۱: تغییرات تراز سطح آب در جاده های مرزی بین مخازن پنج گانه در سناریوی ۷

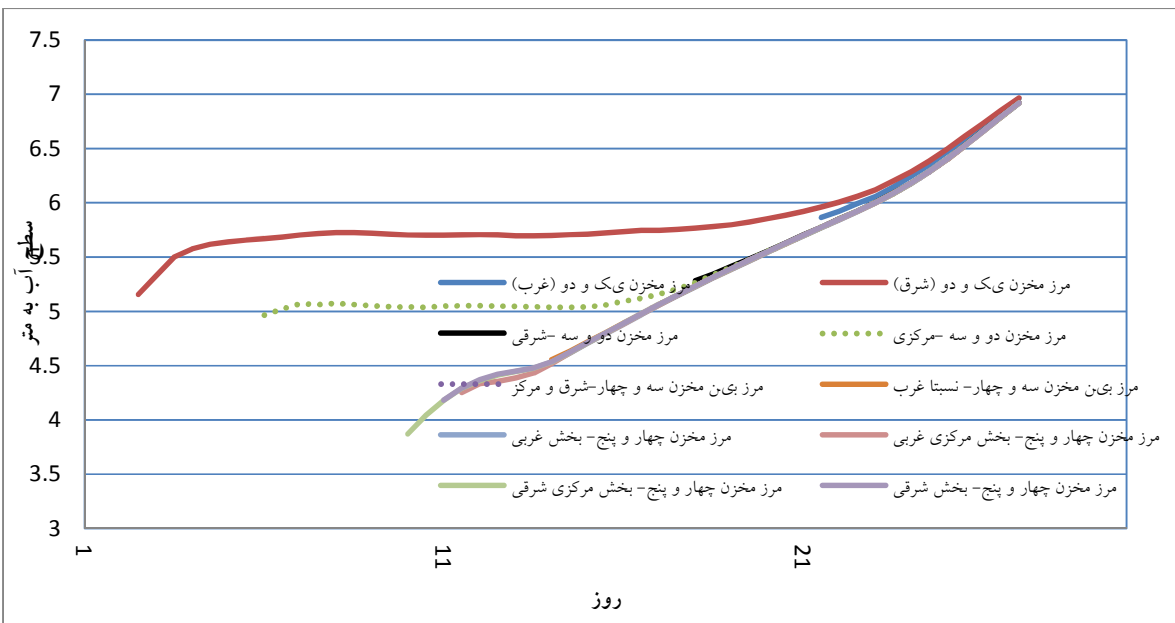


شکل ۹-۲۴-۲۲: تغییرات تراز سطح آب در مخازن مختلف در سناریوی ۸

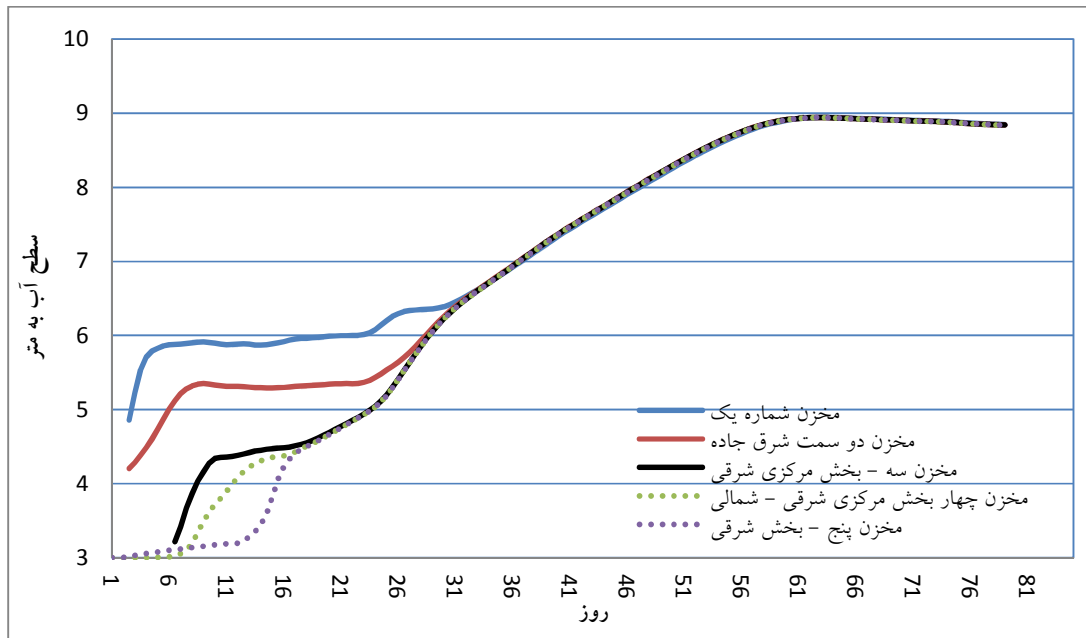
مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



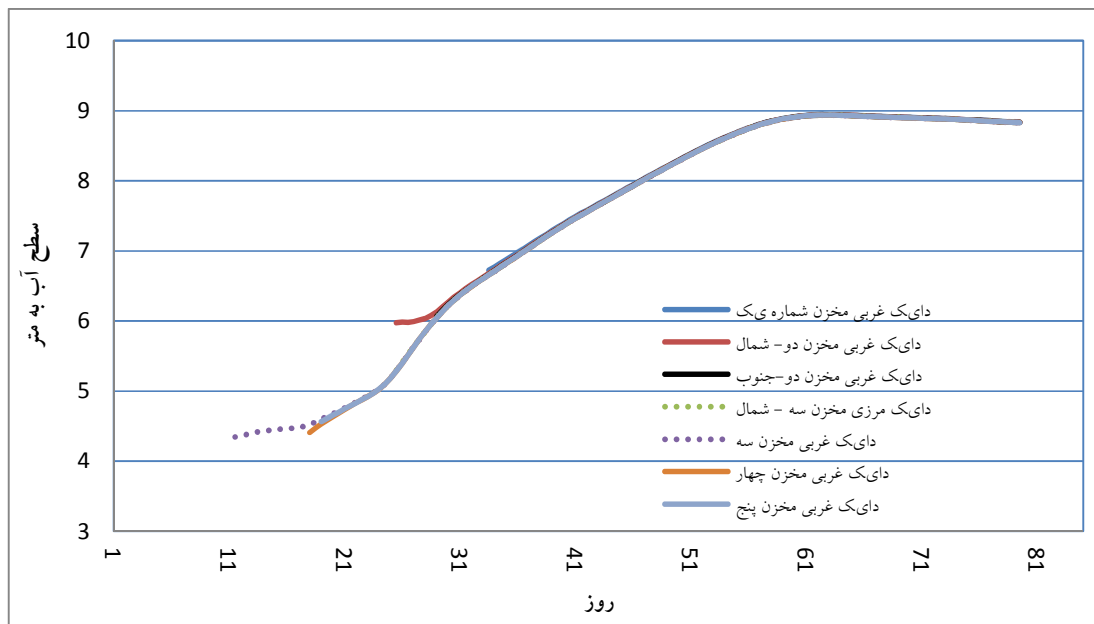
شکل ۹-۲۴-۲۳: تغییرات تراز سطح آب در دایک مرزی غربی در مخازن پنج گانه در سناریوی ۸



شکل ۹-۲۴-۲۴: تغییرات تراز سطح آب در جاده های مرزی بین مخازن پنج گانه در سناریوی ۸

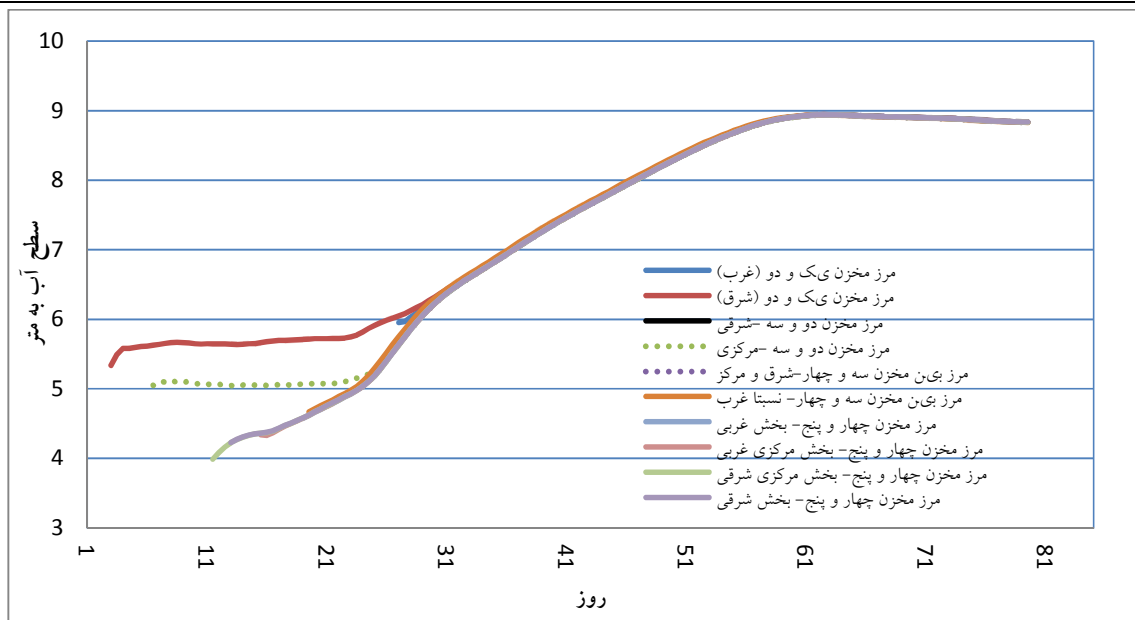


شکل ۹-۲۴-۲۵: تغییرات تراز سطح آب در مخازن مختلف در سناریوی ۹

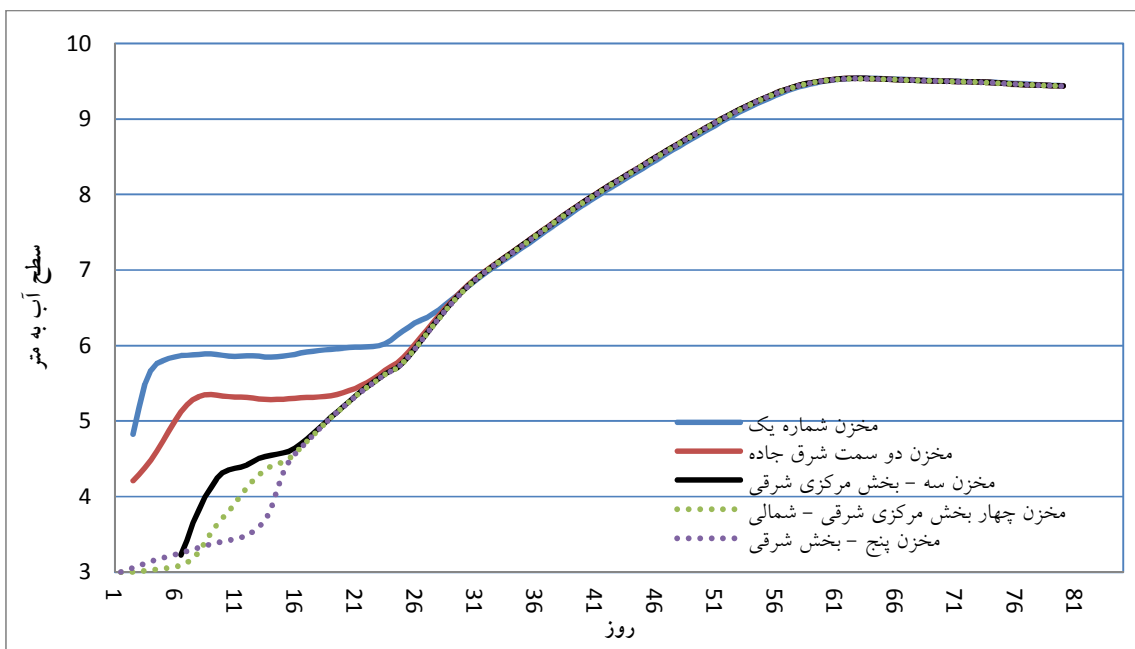


شکل ۹-۲۴-۲۶: تغییرات تراز سطح آب در دایک مرزی غربی در مخازن پنج گانه در سناریوی ۹

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

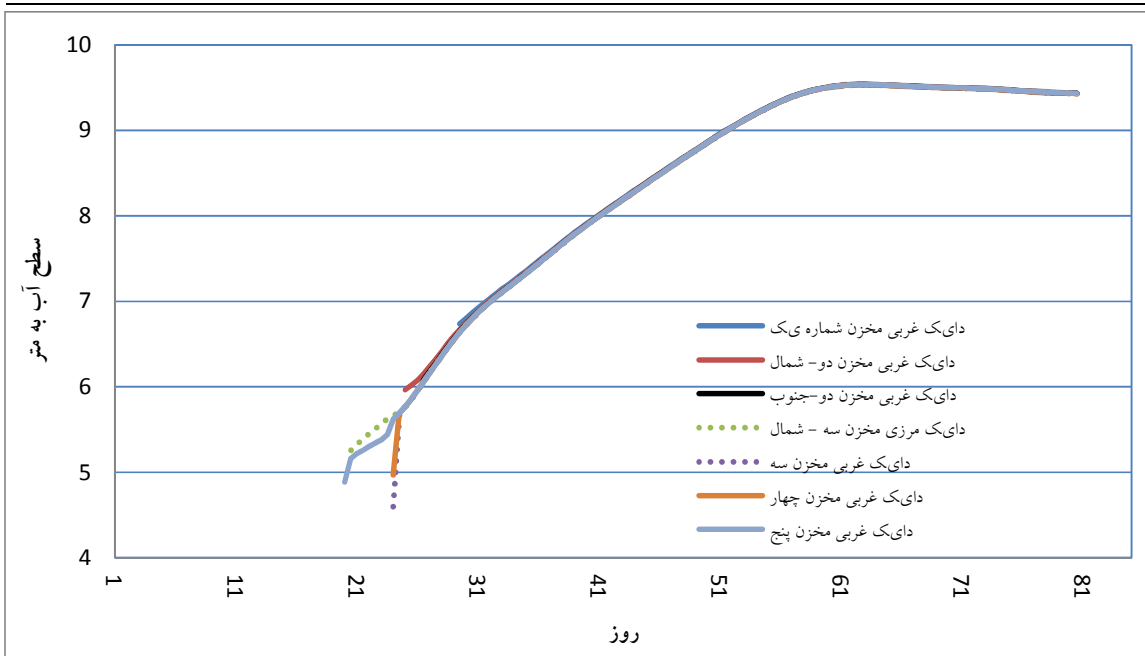


شکل ۹-۲۴-۲۷: تغییرات تراز سطح آب در جاده های مرزی بین مخازن پنج گانه در سناریوی ۹

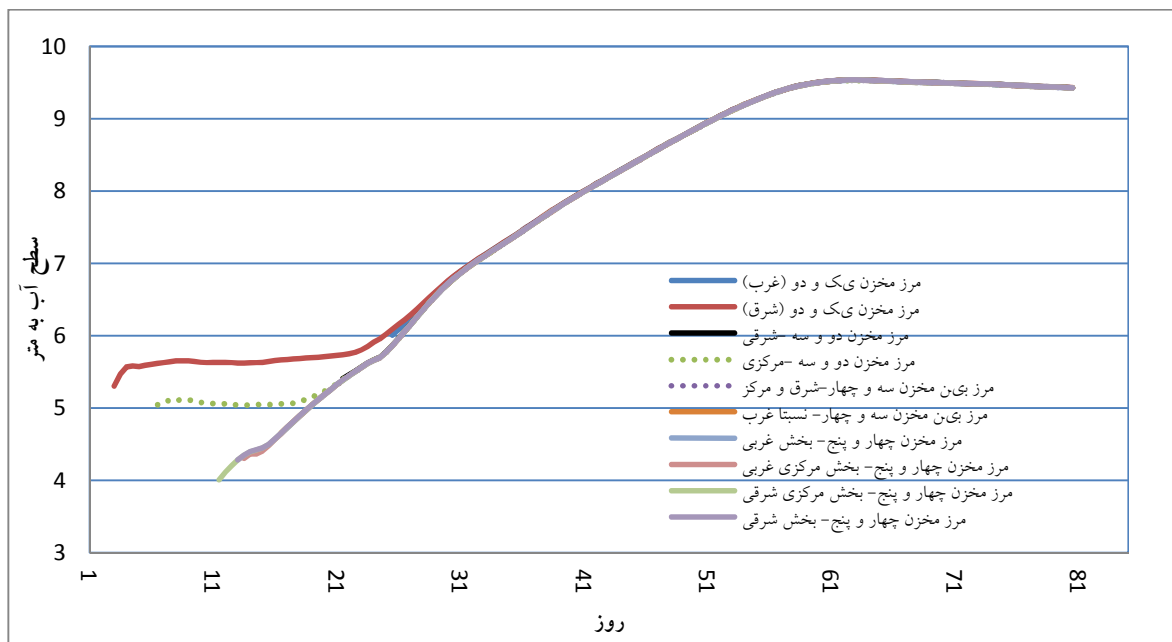


شکل ۹-۲۴-۲۸: تغییرات تراز سطح آب در مخازن مختلف در سناریوی ۱۰

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



شکل ۹-۲۴-۲۹: تغییرات تراز سطح آب در دایک مرزی غربی در مخازن پنج گانه در سناریوی ۱۰



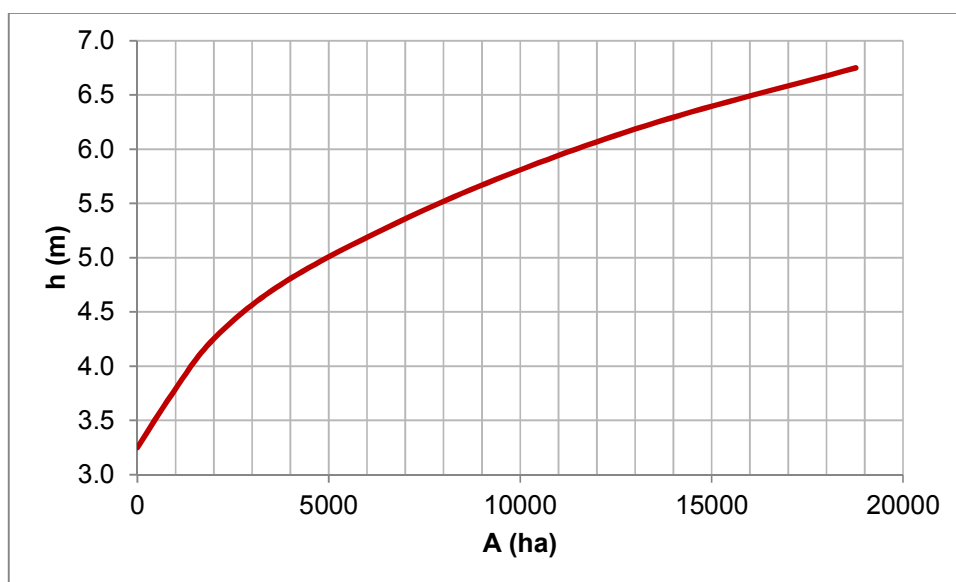
شکل ۹-۲۴-۳۰: تغییرات تراز سطح آب در جاده های مرزی بین مخازن پنج گانه در سناریوی ۱۰

۹-۹-۱- آبگرفتگی احتمالی پهنه اطراف تالاب

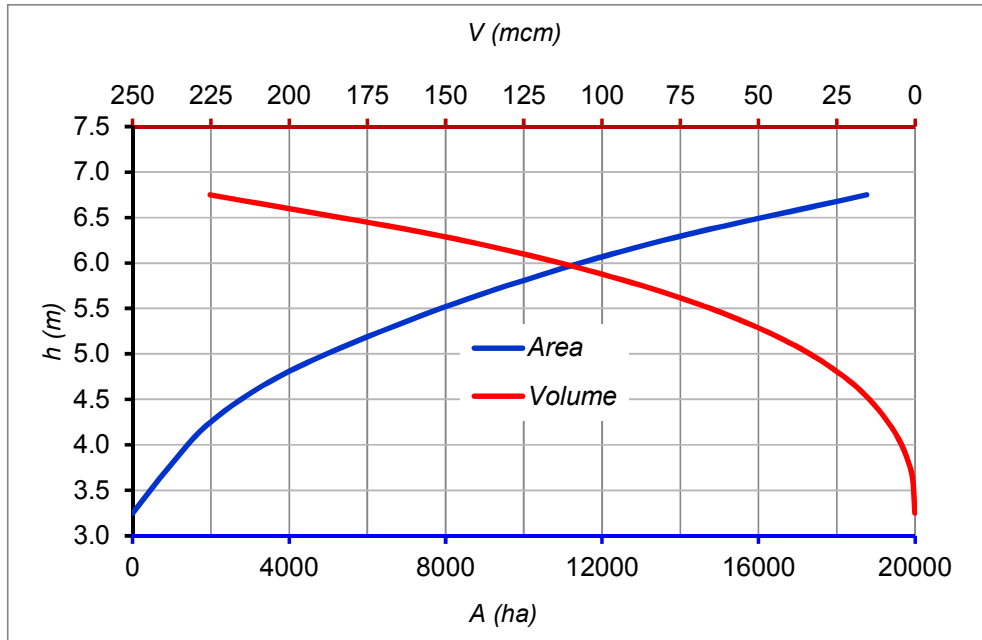
در صورت افزایش ارتفاع جاده‌ها، دیواره‌ها و دایک‌ها برای افزایش حجم و ظرفیت تالاب، سوالی که مطرح می‌شود این است که، "چه مساحتی از بالادست تالاب ممکن است تحت تاثیر سیل قرار می‌گیرد." سعی می‌شود در این بخش از گزارش با کمک تحلیل سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به سوال فوق پاسخ داده شود. مقادیر عددی ارتفاع- سطح - حجم آبگرفتگی احتمالی پهنه اطراف تالاب در جدول ۹-۹ و منحنی سطح - حجم - ارتفاع آبگرفتگی احتمالی پهنه اطراف تالاب و گستره آبگرفتگی احتمالی پهنه اطراف تالاب در شکل ۹-۲۵ تا شکل ۹-۲۷ نشان داده شد. ملاحظه می‌شود که با افزایش رقوم سطح آب بین ۶/۵ تا ۷ متر از سطح دریا، گستره آبگرفتگی پهنه مسکونی و کشاورزی اطراف تالاب به وسعت حدود ۱۹ هزار هکتار می‌رسد.

جدول ۹-۹: مقادیر عددی ارتفاع- سطح - حجم آبگرفتگی احتمالی پهنه اطراف تالاب

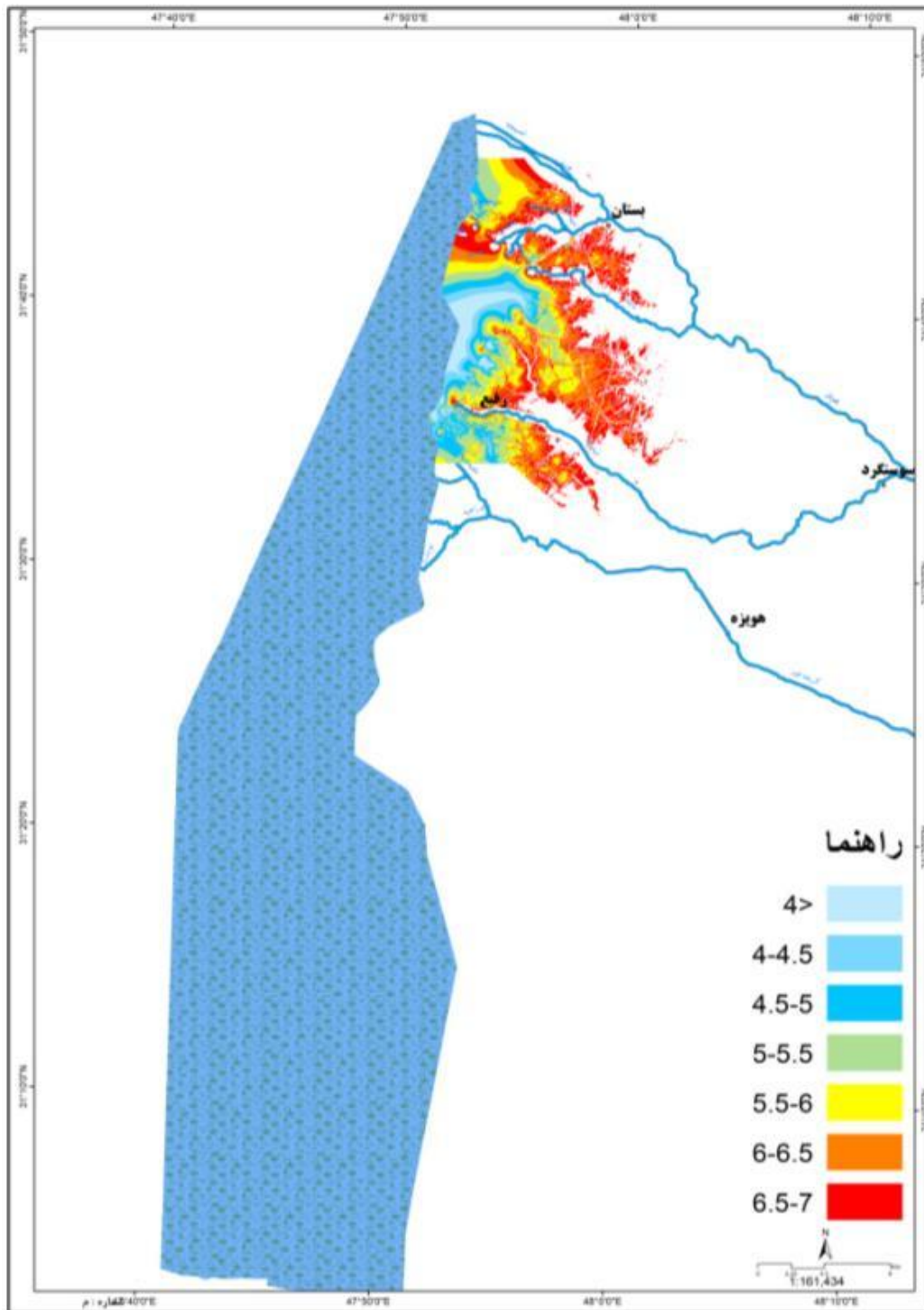
Vt (mcm)	Vi (mcm)	At (ha)	Ai (ha)	hi (masl)	h (masl)
0	0	0	0	3.25	-
1.53	1.53	917	917	3.75	< 4
8.62	7.09	1988	1071	4.25	4- 4.5
22.7	14.1	3737	1749	4.75	4.5-5
47.6	24.9	6355	2618	5.25	5- 5.5
87.2	39.5	9567	3212	5.75	5.5- 6
144.7	57.6	13578	4011	6.25	6- 6.5
225.3	80.5	18767	5189	6.75	6.5- 7
225.3	225.3	18767	18767	-	sum



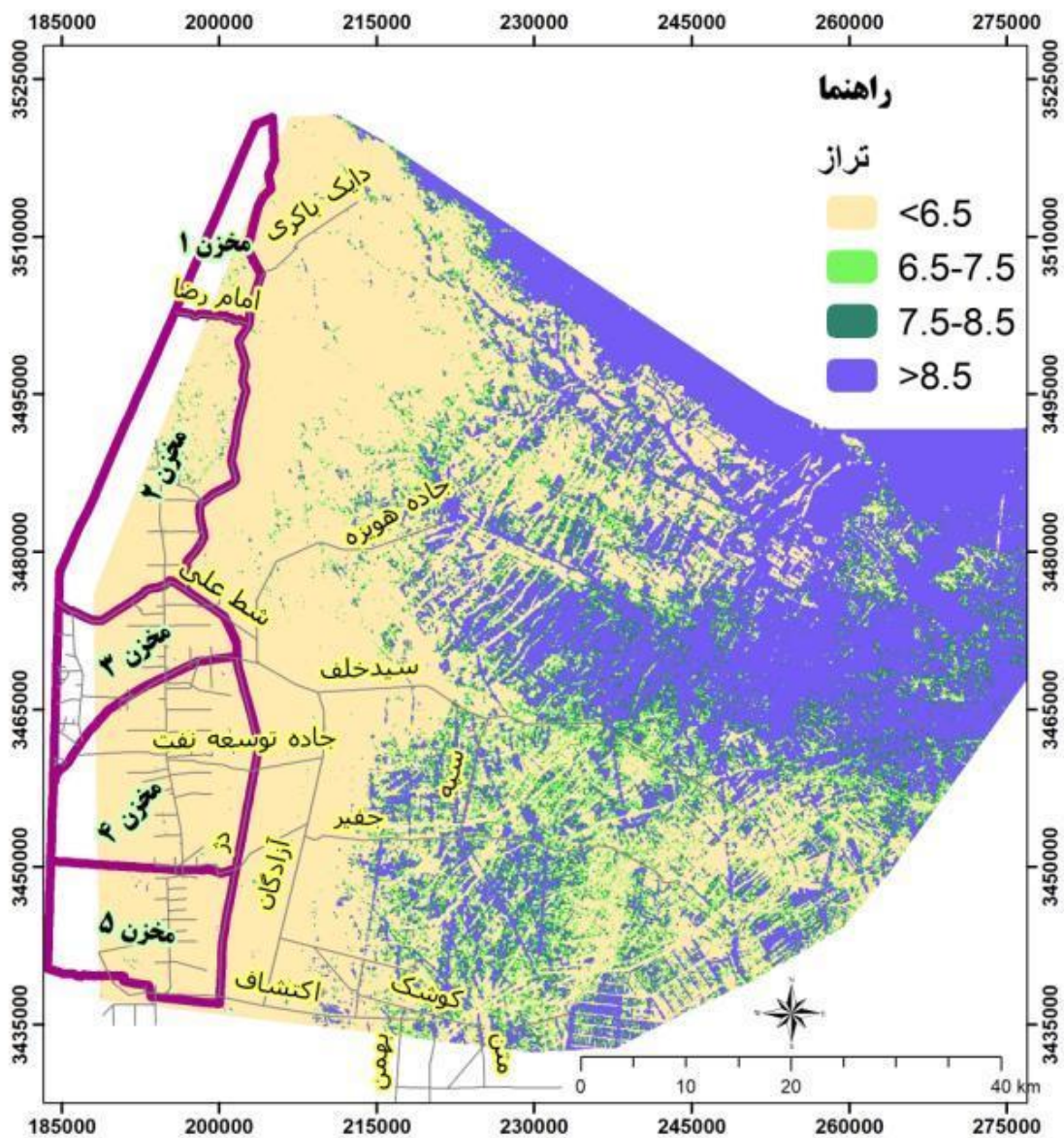
شکل ۹-۲۵-الف: منحنی سطح - ارتفاع آبگرفتگی احتمالی پهنه اطراف تالاب



شکل ۲۵-ب: منحنی سطح - حجم - ارتفاع آبگرفتگی احتمالی پهله اطراف تالاب



شکل ۹-۲۶: نمایش گستره آبرفتگی احتمالی پهنه اطراف تالاب



شکل ۹-۲۷: نمایش گستره آبرفتگی احتمالی پهنه اطراف تالاب

فصل دهم

**بررسی بر روی انواع روش‌های معتبر و
تعیین روش‌های متناسب با شرایط منطقه**

فصل دهم- بررسی بر روی انواع روش‌های معتبر و تعیین روش‌های متناسب با شرایط منطقه

۱۰-۱- بررسی میدین نفتی غرب کارون از دیدگاه مشکلات مهندسی آب و هیدرولوژی، سازه‌های انتقال آب در داخل هورالعظیم، کالورت‌های داخل هورالعظیم و رودخانه‌ها و کانال‌های انتقال آب در منطقه بیرون هورالعظیم حد واسط هورالعظیم و جاده اهواز - خرمشهر

با مطالعه مستندات و نتایج کارهای پیشین صورت گرفته از جمله گزارشات و نقشه‌ها در حوزه مهندسی آب در منطقه مورد مطالعه؛ همچنین بازدیدهای میدانی و تصاویر ماهواره‌ای به تهیه فهرستی از ورودی‌های جریان به تالاب، حدود ظرفیت ورودی‌ها، مسیرها و سازه‌های انتقال آب داخل هورالعظیم خواهد بود که در عملیات نقشه‌برداری موقعیت مکانی دقیق و ابعاد آن‌ها تعیین گردد تا مقدار دبی انتقالی آن‌ها در شبیه‌سازی جریان در سطح تالاب هورالعظیم استفاده شود. سامانه مورد مطالعه علاوه بر تالاب بخش‌های رودخانه‌ای کرخه، سد مخزنی کرخه و میدین نفتی غرب کارون را نیز در بر گرفته است بنابراین موقعیت عمومی منطقه نیز شناسایی و مطالعه گردید که نتایج آن در جداول و شکل‌های منظم در بخش مربوطه منعکس شده است.

مقادیر عددی و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن تالاب به نقل از مطالعات پیشین ساماندهی تالاب هورالعظیم و همچنین بررسی‌های تکمیلی مطالعات حاضر تهیه و ترسیم شده‌اند. مقادیر عددی و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخازن تالاب در مطالعات حاضر با استفاده از رقوم جاده‌های دسترسی شرکت نفت، نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور و داده‌های ماهواره‌ای مربوط سازمان فضایی آمریکا موسوم به *SRTM* با قدرت تفکیک ۳۰ متری؛ مدل رقومی سه بعدی از مخازن پنچگانه تالاب تهیه گردید. مدل رقومی مخازن، مقادیر عددی و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع در مخازن پنچگانه از مدل رقومی استخراج و به صورت مجزا در جداول و شکل‌هایی در بخش مورد بحث منعکس شده‌اند. در این میان از سیستم اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) بهره گرفته شد.

۱۰-۲- بازدید میدانی و بررسی دبی های ورودی و خروجی سدها و رودخانه‌ها (بویژه سد و رودخانه کرخه) که منبع تغذیه هورالعظیم هستند. شناسایی ایستگاه‌های وزارت نیرو در بالادست و پایین دست و انجام استعلام های مورد نیاز

در مطالعه مقدماتی و بازدیدها و بررسی‌های میدانی؛ به منظور تحلیل‌های هیدرولوژیکی در حالت عادی و سیلاب از میان ایستگاه‌های موجود (با توجه به قدمت، طول دوره آماری مشاهداتی، موقعیت مکانی مناسب، متصدی، ادوات ثابت و ...) دو ایستگاه هیدرومتری پای پل و حمیدیه بر روی رودخانه کرخه انتخاب گردید. ایستگاه هیدرومتری پای پل با کد مطالعاتی ۱۹۱-۲۱ بر روی رودخانه کرخه واقع گردیده و مختصات جغرافیایی آن ۰۸' و ۴۸ طول شرقی و ۲۴' و ۳۲ عرض شمالی می‌باشد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۹۰ متر بوده و تأسیس ایستگاه در سال ۱۳۳۹ می‌باشد. هم اکنون این ایستگاه درجه یک و دارای تجهیزات اشل، پل تلفریک و لیمینیگراف (دیتالاگر) است. این ایستگاه هیدرومتری؛ اولین ایستگاه بعد از سد مخزنی کرخه می‌باشد. ایستگاه هیدرومتری حمیدیه با کد مطالعاتی ۱۹۹-۲۱ بر روی شاخه اصلی رودخانه کرخه در شهر حمیدیه واقع گردیده و مختصات جغرافیایی آن ۴۸، ۲۵ و ۴۷ طول شرقی و ۳۱، ۲۹ و ۲ عرض شمالی می‌باشد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۲۴/۵ متر بوده و تأسیس ایستگاه در سال ۱۳۳۴ می‌باشد. هم اکنون این ایستگاه درجه یک و دارای تجهیزات اشل، پل تلفریک و لیمینیگراف (دیتالاگر) است. طول دوره آماری برابر ۶۳ سال و مربوط به داده‌های ثبت شده در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۳۷ می‌باشد. در این مطالعه تحلیل پارامترهای جریان شامل دبی ماهانه و سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار آماری SPSS صورت گرفت.

در بخش مطالعه سیلاب دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های مورد مطالعه از سال آبی ۴۱-۱۳۴۰ تا سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ برای یک دوره آماری ۶۰ ساله استخراج شد. خوشبختانه در حوضه کرخه نواقص اندکی بود. نواقص آماری از طریق روابط رگرسیون (دبی حداکثر روزانه با دبی متناظر ایستگاه بالادست و دبی حداکثر لحظه‌ای با دبی حداکثر روزانه همان ایستگاه) و تطبیق ایستگاه‌های متوالی تکمیل شد (دو سال ابتدای جنگ تحمیلی ۶۱-۱۳۵۹).

داده‌های جریان مشاهداتی ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار آماری SPSS تحلیل شد. نتایج شامل مقادیر و تحلیل دبی متوسط ماهانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری (متوسط، حداکثر، حداقل، انحراف معیار و ضریب تغییرات) در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی جداول و شکل‌های منظم در بخش مربوطه ارائه شده‌اند. در ادامه بمنظور تحلیل دامنه و چندک‌های جریان سالانه، سری متوسط آبدی سالانه سامانه کرخه در قالب ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه یعنی پای پل مجدداً مورد توجه و تحلیل قرار می‌گیرد. این سری بدون توجه به سال وقوع آن‌ها از لحاظ هیدرولوژیکی مرتب سازی شده به نحوی که بیشترین آبدی رتبه اول و کمترین رتبه آخر تعلق می‌گیرد تا دامنه حجم جریان رودخانه کرخه در طی دوره مشاهداتی روشن گردد.

منحنی تداوم جریان در واقع نشان دهنده رابطه بین فراوانی و مقدار دبی در چندک‌های مختلف است. به منظور تهیه منحنی تداوم حجم جریان سالانه در هر کدام از ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه به صورت نزولی، مرتب شده است به منظور بررسی سیلاب رودخانه کرخه مطابق با اهداف مطالعه از آمار سیلاب ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه استفاده می‌شود. طی دوره آماری ۳۹ سال دبی حداکثر لحظه‌ای قبل از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه و ۲۱ سال بعد از بهره‌برداری برداشت و ثبت شده است به منظور تعیین رابطه بین دبی سیلابی در مسیر رودخانه کرخه بین دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه

در پای پل و حمیدیه رگسیون خطی انجام می‌شود تا شکل و رابطه ریاضی بین دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه در پای پل و حمیدیه قبل و بعد از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه روشن گردد.

جهت تعیین هیدروگراف سیلاب و سیل طرح (شرایط جریان ورودی از مرز بالادست مدل) وجود تعداد کافی هیدروگراف سیلاب حداکثر سالانه ضروری است. در این شیوه، هیدروگراف‌های سیلاب سالانه در طول دوره آماری، مبنای تعیین هیدروگراف سیلاب طرح قرار گرفت. بدین ترتیب که ابتدا تمام هیدروگراف‌های سیلاب حداکثر سالانه ثبت شده از آمار و وقایع تاریخی استخراج و هیدروگراف‌های غیر متعارف حذف و هیدروگراف‌های ناقص تکمیل شد. جهت تکمیل هیدروگراف‌های ناقص از روش گرافیکی، ترسیم دبی روزانه و یا دبی نیم روزه (۱۲ساعته) در زمان ابتدا و خاتمه سیلاب استفاده شد. با ترسیم هیدروگراف روزانه روی هیدروگراف ساعتی به صورت پله‌ای هیدروگراف‌ها به شکل مناسبی تکمیل و اصلاح شدند. در مرحله بعد پس از ترسیم و بررسی مشخصات هیدروگراف‌ها شامل دبی اوج، زمان اوج، دبی پایه و زمان پایه از میان آن‌ها تعداد ۱۴ سیلاب مشاهده‌ای انتخاب گردید.

مشخصات سیلاب‌ها مربوط به زمان وقوع، دبی اوج و حجم سیل نیز می‌باشند. از آنجایی که هیدروگراف سیلاب علاوه بر دبی اوج نمایانگر حجم سیلاب نیز می‌باشد؛ لذا تحلیل حجمی هیدروگراف‌های مشاهده‌ای جهت رسیدن به احجام صحیح در هیدروگراف‌های انتخابی ضروری است. بدین منظور حجم سیلاب هیدروگراف‌های مشاهده‌ای حداکثر سالانه نیز مد نظر قرار گرفت؛ در تفسیر حجم سیلاب با واقعیت‌های طبیعی و ذاتی حوضه مورد مطالعه، تلاش بعمل می‌آید.

در برآورد سیلاب و سیل طراحی سدها پدیده‌های بسیار زیاد و متغیری وجود دارند به طوری که یک روش منفرد قادر به تعبیر تمام پدیده‌های دخیل نیست و استفاده از چند روش نتایج مطلوب‌تر به همراه خواهد داشت. مطابق نشریه *ICOLD_1992* مقایسه مستدل نتایج حاصل از کاربرد روش‌های مختلف توجیه بهتر برای انتخاب مقادیر سیلاب طراحی به همراه دارد. این روش‌ها و تکنیک‌ها در دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های مهندسی در حل مسائل هیدرولوژی به نحوی طبقه‌بندی شده‌اند که نتایج حاصل از کاربرد هر کدام می‌تواند مبنای یک نوع تصمیم‌گیری در انتخاب دبی طراحی قرار گیرد. در مطالعه جاری سعی بر این خواهد بود تا انتخاب دبی طراحی با تاکید بر ویژگی‌های ذاتی و طبیعی حوضه مورد مطالعه، با نگرشی منطقی و منطبق بر واقعیت‌های طبیعی حوضه و ظرفیت‌های آن صورت گیرد.

سیلاب سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ رودخانه کرخه و سیل فروردین ۱۳۹۸ به طور ویژه‌ای تحلیل و در جهت اهداف مطالعه بکار گرفته می‌شود، ورودی‌ها و خروجی‌های سد مخزنی کرخه نیز در شرایط سیلابی و بر مبنای داده‌های ثبت شده مشاهداتی بهنگام سیل در مطالعه جاری استفاده می‌شوند. سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ رودخانه کرخه یک سال پرآب و سیلابی بوده و علیرغم وجود سدهای مخزنی بزرگ سیمره و کرخه در سیلاب فروردین ماه سال ۱۳۹۸ با افزایش خروجی سد مخزنی کرخه و شکست سیل‌بندها، جریان به سیلاب دشت و گستره‌های سیل به وسعت حدود ۸۱۶ کیلومتر مربع انتقال و وارد شد. جریان پایه رودخانه‌ای و بخشی از جریان سیلابی از طریق مسیل‌ها و خط القعرهای طبیعی به صورت مستقیم وارد تالاب هورالعظیم (بخش ایرانی و عراقی تالاب) گردید و بخشی از جریان سیلابی در گستره‌های سیلابی نفوذ، ذخیره و نهایتاً تبخیر گردید. محل‌های شکست جریان و مقادیر حدودی آن نیز مد نظر قرار گرفت. مشخصات نقاط جریان ورودی به تالاب و همچنین زهکش‌ها مشخص می‌گردد و به دنبال آن هیدروگراف (های) سیل طرح منتخب به تعداد نقاط ورودی بر اساس ظرفیت حدودی آن‌ها تفکیک و مجزا می‌شود.

حوضه میانی حد فاصل سد مخزنی کرخه تا عبدالخان؛ در برگیرنده سه زیر حوضه (علیا، میانی و سفلی) می‌باشد. موقعیت این زیرحوضه‌ها شناسایی و با استفاده از نقشه‌های موجود ۱:۲۵۰۰۰، مدل رقومی زمین و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ترسیم و پارامترهای هندسی مورد نیاز همچون مساحت زیرحوضه‌ها، طول آبراهه و محیط استخراج گردید.

به منظور شبیه سازی و محاسبه سیلاب حوضه میانی و ارتفاع قشر جریان سطحی از مدل شبیه ساز بارش - رواناب HEC- HMS استفاده گردید. بعد از روشن شدن مشخصات هندسی زیرحوضه‌ها میزان بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه‌های هواشناسی پای پل و عبدالخان مورد تحلیل و در شبیه سازی استفاده گردید. مدل گزینه‌های متعددی را برای شبیه‌سازی رابطه بین بارندگی - رواناب در اختیار کاربر قرار می‌دهد. انجام عمل شبیه‌سازی نیاز به تعریف سه نوع داده دارد. اولین نوع داده که تحت نام مدل حوضه (Basin Model) شناخته می‌شود شامل پارامترهای عناصر مختلف هیدرولوژیکی و نحوه اتصال این اجزا با یکدیگر است. این عناصر می‌توانند شامل زیر حوضه‌ها، بازه‌های روندیابی، تقاطع‌ها، مخازن، چشمه و چاه و انحراف‌ها باشند. دومین نوع این داده‌ها که تحت عنوان مدل بارش (Precipitation Model) شناخته می‌شوند شامل داده‌های جوی و اطلاعات نظیر آن می‌باشد. سومین نوع داده‌ها که تحت عنوان فرمانهای ویژه کنترل (Control Specification) شناخته می‌شود زمان مربوط به شبیه‌سازی را معین می‌سازد. هر پروژه ممکن است شامل مجموعه چند سری داده برای هر نوع باشد. اجرای برنامه با تعریف این سه نوع داده صورت می‌گیرد.

الف) عناصر هیدرولوژیکی و اتصال آن‌ها

مدل یک حوضه آبریز شامل یک سری عناصر هیدرولوژیکی می‌شود که به هفت شکل تقسیم می‌شوند که عبارتند از: زیر حوضه، بازه رودخانه، اتصال، مخزن، انحراف، چشمه و چاه برای تشکیل مدل یک حوضه به برخی از این عناصر و داده‌های مربوط به آن‌ها نیاز است. نقش هر یک از عناصر هیدرولوژیکی به صورت زیر است:

زیرحوضه: یک زیر حوضه به صورت فرضی پارامتری است که در مجرای خروجی خود می‌تواند هیدروگراف آبدهی تولید کند و خصوصیات آن شامل مساحت و درصد نفوذ ناپذیری می‌باشد. هیدروگراف آبدهی بر مبنای کاستن تلفات "losses" از شروع تا خروجی حوضه از کل بارش است سپس به رواناب مستقیم حاصله میزان جریان پایه اضافه می‌شود.

بازه رودخانه: یک بازه رودخانه بصورت فرضی یک المان خطی در مسیر رودخانه می‌باشد که هیدروگراف جریان ورودی بالا دست آن معلوم و هیدروگراف جریان خروجی پایین دست آن در انتهای بازه قابل تخمین است که باید محاسبه شود. داده‌های مورد نیاز از یک پارامتر در روشهای ساده روندیابی تا دادن مشخصات کامل مقطع‌های عرضی و خواص کانال برای روشهای پیچیده تغییر می‌کند.

اتصال: یک اتصال مکانی است که دو یا چند هیدروگراف جریان ورودی با هم ترکیب می‌شوند و مجموعاً یک هیدروگراف جریان خروجی را تولید می‌نمایند.

مخزن: یک مخزن مشابه با یک بازه مورد روندیابی است که یک هیدروگراف جریان ورودی معلوم به مخزن وارد می‌شود است و با توجه به مشخصات مخزن یک هیدروگراف جریان خروجی حاصل می‌گردد.

انحراف: انحراف حالتی است که مقداری از جریان ورودی به یک المان به بیرون منحرف می‌شود. و باقی مانده جریان از آن می‌گذرد. انحراف را با روشن نمودن رابطه بین مقدار جریان ورودی و جریان منحرف شده تعریف می‌گردد. جریان انحرافی ممکن است به داخل شبکه حوضه به یک المان هیدرولوژیکی واقع در پایین دست باز گردانده شود.

چشمه: یک چشمه عنصری است با یک هیدروگراف دبی که داخل شبکه حوضه وارد می‌شود که می‌توان هیدروگراف مشاهده‌ای یا شبیه‌سازی شده آن را برای مدل تعریف نمود.

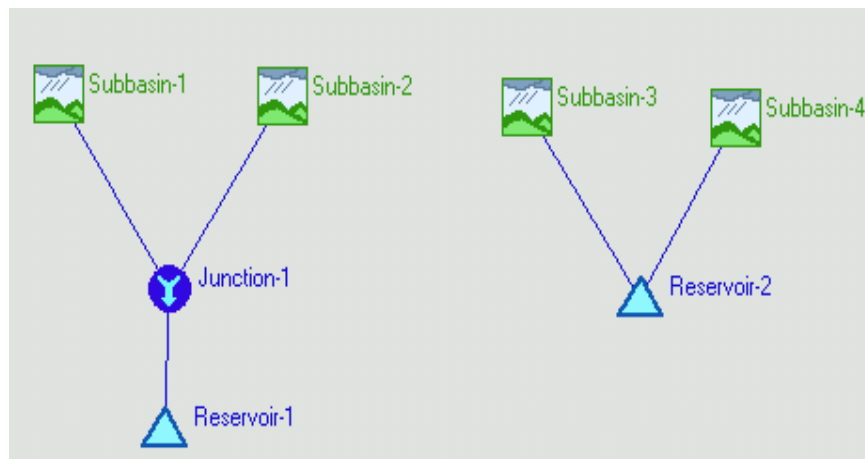
چاه: عنصری است که جریان ورودی دارد اما جریان خروجی ندارد.

ب) مدل بارندگی

مدل بارندگی مجموعه‌ای از اطلاعات مورد نیاز برای تعریف بارندگی فرضی یا تاریخی (ثبت شده) می‌باشد که به مدل حوضه متصل می‌گردد. حاصل یک مدل بارندگی تولید هیتوگراف بارندگی در هر یک از زیرحوضه‌ها می‌باشد کاربر می‌تواند از شش روش موجود در مدل استفاده کند.

ج) مدل‌های حجم رواناب و طریقه محاسبه تلفات

رواناب زیرحوضه را می‌توان به صورت *Lumped* یا *Liner-Distributed* محاسبه نمود. در روش *Lumped* میانگین بارندگی و افت‌ها به صورت *Spatially-Averaged* در طول یک زیرحوضه محاسبه می‌شود. به منظور محاسبه حجم رواناب میزان تلفات به روش‌های مختلف افت اولیه و شدت ثابت، شماره منحنی، روش کاهش و شدت، شماره منحنی شبکه‌بندی سلولی، گرین و امپت، رطوبت خاک و شبکه بندی در مدل شبیه‌سازی می‌شوند. برای انجام این اتصال دو راه وجود دارد، نظیر شکل ۱-۱۰.



شکل ۱-۱۰: اتصال عناصر با و بدون گره

اول این که یک گره بین بالادست و پایین دست قرار گیرد (در این مثال بالا دست یک زیرحوضه است)، دوم اینکه به صورت معمولی اجزاء هیدرولوژیکی بالادست را به پایین دست متصل نمود که حاصل شبیه‌سازی برای دو حالت یکی است ولی مزیت روش گره این است که کاربر می‌تواند اطلاعات نتایج حاصل از اتصال اجزاء بالا دست را نیز مشاهده نماید که در این حالت نموداری حاصل می‌شود که هم هیدروگراف‌های ورودی و هم هیدروگراف خروجی را نمایش می‌دهد. در حوضه مورد بحث تعداد ۳ زیرحوضه مطابق مشخصات هندسی آن‌ها شبیه سازی گردید.

۱۰-۳- بررسی آمار و استعمال پدیده های طبیعی در منطقه هورالعظیم شامل جهت و سرعت باد، میزان تغییرات دمایی، میزان بارندگی، میزان تبخیر، میزان رسوب و سایر موارد مورد نیاز برای مدلسازی و بررسی در ضابطه

در مطالعه مقدماتی و بازدیدها و بررسی‌های میدانی؛ به منظور تحلیل‌های هواشناسی با توجه به اهداف مطالعه حاضر تعداد ۶ ایستگاه هواشناسی (تبخیرسنجی، بارانسنجی و سینوپتیک) در منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. این ایستگاه‌ها شامل پای پل، عبدالخان، حمیدیه، بستان، یزد نو و اهواز عمدتاً در حوضه آبریز کرخه می‌باشند که منطقه مورد مطالعه و اهداف آن را پوشش می‌دهند. طول دوره آماری بارش به داده‌های ثبت شده در بیش از نیم قرن اخیر بر می‌گردد و حدود ۵۴ سال منتهی به سال آبی ۱۳۹۸-۹۹ (آخرین آمار منتشر شده در زمان شروع مطالعات و زمان جمع‌آوری داده‌ها) می‌باشد. از داده‌های بارش پای پل و عبدالخان جهت محاسبه شدت بارش به منظور برآورد دبی و حجم سیلاب حوضه میانی حد فاصل سد مخزنی کرخه تا عبدالخان استفاده شد. از داده‌های طول آمار بارش ایستگاه‌های اهواز، حمیدیه، بستان و یزد نو میزان بارش در سطح تالاب برآورد گردید. بارندگی مهم‌ترین پارامتری است که به طور مستقیم در چرخه هیدرولوژیکی و سیلاب دخالت داشته و در کلیه مطالعات هیدرولوژی نقش اساسی و تعیین کننده دارد. پراکنش زمانی ریزش‌های جوی میزان سهم بارش در فصل و یا ماه‌های مختلف و تغییرات آن را روشن می‌سازد. بارش گستره تالاب به صورت وزنی از سایر ایستگاه‌ها برآورد گردید. در ادامه کار داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌های مورد مطالعه و گستره تالاب با استفاده از نرم افزار آماری *SPSS* تحلیل شد. نتایج شامل مقادیر و تحلیل بارش متوسط ماهانه، فصلی و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری (متوسط، حداکثر، حداقل، انحراف معیار و ضریب تغییرات) در ایستگاه‌های مورد مطالعه و گستره تالاب طی جداول و شکل‌های منظم در بخش مربوطه ارائه شده‌اند.

درجه حرارت یکی از شاخص‌های مهم اقلیمی است که در ایستگاه‌های هواشناسی بصورت دو بار در روز قرائت و ثبت می‌گردد. علاوه بر آن درجه حرارت حداکثر و حداقل حادث شده در همان روز نیز ثبت می‌شود. همانگونه که در ابتدا اشاره شد برای مشخص شدن وضعیت درجه حرارت سالانه محدوده مورد مطالعه از ایستگاه هواشناسی در منطقه مورد مطالعه و اطراف گستره تالاب استفاده شد. شرایط دمایی و حرارتی منطقه مورد مطالعه تغییرات چندانی ندارد و انتظار می‌رود که متوسط درجه حرارت سالانه در منطقه نسبتاً یکسان و انحراف معیار آن اندک باشد. منطقه مورد مطالعه تغییرات ارتفاعی و به تبع آن تغییرات دمایی ناچیز می‌باشد. به طور معمول گرادیان دمایی منفی $0/6$ درجه سانتی‌گراد در هر 100 متر ارتفاعی می‌باشد، از آنجایی تغییرات ارتفاعی در منطقه مورد مطالعه کم است به تبع آن گرادیان دمایی نیز ناچیز است. اضافه می‌شود که دمای حداکثر مطلق به صورت نیز از داده‌های مشاهداتی قابل استخراج می‌باشد. تبخیر و تعرق پتانسیل معمولاً در مسائل بیلان و برنامه‌ریزی منابع آب به ویژه برای گستره سطح تالاب هورالعظیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و تعیین و تخمین میزان آن ضروری می‌باشد. نرخ تبخیر و تعرق از سطح مرجع، در شرایط بدون کمبود آب، تبخیر و تعرق سطحی مرجع یا تبخیر و تعرق مرجع (ET_{pot}^o) نامیده می‌شود. سطح مرجع پوشیده شده از چمن فرضی با خصوصیات ویژه است.

در هر حال در این مطالعه تحلیل پارامترهای دما نیز همانند بارش با استفاده از نرم افزار آماری *SPSS* و محاسبات تبخیر و تعرق پتانسیل با بکارگیری نرم افزار *CropWat* در ایستگاه‌های مورد مطالعه صورت گرفت.

CropWat یک سیستم پشتیبان تصمیم است که بوسیله بخش آب و خاک *FAO* برای برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری توسعه یافته می‌باشد. *CropWat* یک ابزار کاربردی برای انجام محاسبات استاندارد تبخیر و تعرق مرجع، نیاز آبی و نیازهای

آبیاری گیاه و به علاوه طراحی و مدیریت برنامه آبیاری است. این ابزار اجازه ایجاد توصیه‌ها برای عملیات آبیاری، برنامه ریزی آبیاری در شرایط مختلف تامین آب و ارزیابی تولید در شرایط کم آبی را می‌دهد. روندها و روال‌ها برای محاسبه نیازهای آبی گیاه و آبیاری براساس روش‌های ارائه شده در مقالات شماره ۲۴ آبیاری و زهکشی *FAO* و شماره ۳۳ پاسخ برداشت به آب می‌باشد. توسعه برنامه‌های آبیاری و ارزیابی آبیاری با آب باران و عملیات آبیاری براساس تعادل روزانه آب و خاک با استفاده از گزینه‌های مختلف تامین آب و شرایط مدیریت آبیاری می‌باشند. *CropWat* از روش *Penman-Monteith* برای محاسبه تبخیر و تعرق سطح مرجع استفاده می‌کند. این تخمین‌ها در محاسبات نیاز آبی گیاه و برنامه‌های آبیاری استفاده می‌شوند. این نرم افزار، ابزاری کاربردی برای محاسبه استاندارد تبخیر و تعرق مرجع و نیاز آبیاری گیاهان بخصوص در طراحی و مدیریت آبیاری می‌باشد. سازمان خوار و بار جهانی این برنامه را بر اساس روش فائو پنمن مانتیس برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع معرفی کرد. برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع در این نرم افزار حداقل داده‌های زیر مورد نیاز می‌باشند:

(الف) میانگین حداکثر درجه حرارت برحسب سانتیگراد (درجه سانتی‌گراد)

(ب) میانگین حداقل درجه حرارت برحسب سانتیگراد (درجه سانتی‌گراد)

(ج) درصد رطوبت نسبی (درصد)

(د) ساعات آفتابی (ساعت)

(ه) سرعت باد (کیلومتر در روز)

درجه حرارت حداکثر و حداقل، رطوبت نسبی و سرعت باد از جمله پارامترهایی می‌باشند که در اکثر ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شوند ولی تابش از پارامترهایی است که اندازه‌گیری آن مستلزم تجهیزات دقیق است. اندازه‌گیری تابش فقط در بعضی ایستگاه‌های سینوپتیک خاص انجام می‌گیرد. چنانچه داده‌های تابش در دسترس نباشد از پارامتر ساعت آفتابی استفاده می‌شود. با ورود داده‌های فوق را به نرم افزار، تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر در روز و به صورت متوسط ماهانه و سالانه محاسبه می‌گردد. در هر حال در این مطالعه محاسبات تبخیر و تعرق توده گیاهی تالاب با بکارگیری نرم افزار *CropWat* صورت گرفت.

پوشش گیاهی غالب تالاب هورالعظیم نی با نام محلی قصب است که بیش از ۵۰ درصد از کل سطح آن را پوشش داده و تقریباً در تمامی نقاطی که عمق بیشتر از ۱ تا ۲ متر دارد دیده می‌شوند، تراکم نی در شمال هور بسیار بیشتر از جنوب است و غالباً هم قوی تر و شاداب تر بنظر می‌رسد که به عنوان یک پوشش گیاهی گسترده نقش بسیار مهمی را در کنترل تبخیر از سطح آب هور ایفا می‌کنند و در حقیقت دو فاکتور تشدید کننده تبخیر یعنی باد و تابش مستقیم نور خورشید را محدود کرده و در نتیجه تأثیر بسیار مهمی در کاهش و کنترل تبخیر هور دارد. چگن یا چولان است حدوداً ۲۳ درصد از سطح کل هور را پوشش می‌دهد ولی محل رشد آنها نسبت به ساحل نزدیک تر است. چگن گیاهی است بدون ساقه با برگ‌های نوک تیز و با مقطع مثلثی و گاومیش‌ها رغبت به خوردن آن دارند. عمق مطلوب رشد این گیاه بین ۰/۵ تا ۱/۵ متر بوده و گسترش آن را عمق آب بیشتر کنترل و محدود می‌کند. گونه لویی یا بردی نیز سومین گیاهی از ردیف گیاهان کف زی هور به شمار می‌آید. این گیاه گسترش چشمگیری داشته و از جمله گیاهان بدون ساقه محسوب می‌شود. برگ‌های آن پهن و به رنگ سبز شفاف است. گات نام محلی درختچه ای است که در هور و آن هم در شمال به صورت محدود و پراکنده دیده می‌شود. ساقه آن صورتی رنگ، قطر آن به یک سانتیمتر و ارتفاع آن گاه به ۲ متر بالای سطح آب نیز می‌رسد. تیره تیزک از جمله گیاهان کف زی هور است که این گونه گیاهی به صورت مجتمع‌هایی به یکدیگر پیچیده در کف منطقه کم عمق ساحلی دیده می‌شود. ضرایب گیاهی (kC) برای گیاهان مختلف در

دوره‌های رشد در کتاب‌های مرجع کشاورزی آمده‌اند. گیاهان مثل کاج و سرو، نخیلات و حتی برنج تقریباً دارای یک ضریب در مراحل مختلف رشد می‌باشند. از آنجایی که توده گیاهی تالاب تمام رشد گیاهی خود را طی کرده و علاوه بر پوشش گیاهی مترکم به نوعی یک پیکره آبی گسترده است و ضریب گیاهی آن برای تمام مراحل برابر واحد تخمین و در محاسبات نرم افزار منظور شد. فرمول‌های اقلیمی تابعی از دو یا چند پارامتر مهم هواشناسی بوده که با جایگزینی در این توابع ضرایب اقلیمی بدست می‌آید و این ضرایب اساس طبقه بندی قرار می‌گیرند. در این مطالعه به منظور تعیین نوع اقلیم محدوده از میان روش‌های موجود و متداول از روش ضریب خشکی دومارتن و همچنین از ترسیم منحنی آمبروترمیک استفاده شده است

درخصوص پارامتر باد بایستی اذعان نمود که باد که از اختلاف فشار بین واحدهای هم فشار مجاور حاصل می‌شود، از عوامل برقراری تعادل در سطح کره زمین به شمار می‌آید. البته پاره‌ای از بادها در مقیاس منطقه‌ای عمل می‌نمایند و پاره‌ای دیگر با توجه به شرایط محلی ایجاد شده، مناطق پیرامون خود را تحت تأثیر قرار می‌دهند. وجود ناهمواری‌های سطح زمین، چگونگی توزیع انرژی تابشی، جهت گسترش ارتفاعات، فیزیوگرافی منطقه‌ای، واکنش منابع گرمایی روی کره زمین و تأسیسات ساخت بشر، نقش قابل توجهی در هدایت بادها دارند. به نحوی که حرکت هوا را تحت تأثیر خود قرار داده، میزان و جهت سرعت باد در سطوح مختلف را متفاوت می‌سازند. در شبکه باد سنجی و هواشناسی کشور معمولاً فقط سرعت متوسط باد و جهت غالب وزش باد محاسبه و اندازه‌گیری می‌شود همچنین در شبکه بادسنجی و هواشناسی کشور، سه ارتفاع برای سنجش باد مورد گزینش قرار گرفته است. به نحوی که در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک، بادسنج‌ها در ارتفاعات دومتري و ده متری نصب می‌شوند اما در ایستگاه‌های تبخیرسنجی، بادسنج در ارتفاع ۰/۵ متری و در کنار تشتک تبخیر نصب می‌شود. سرعت باد به وسیله دستگاهی به نام آنیمومتر (*Anemometer*) یا بادسنج، اندازه‌گیری می‌شود واحدهای مختلفی برای اندازه‌گیری سرعت باد به کار می‌روند که عبارتند از متر بر ثانیه، مایل بر ساعت (که معادل یک گره و یا *Knot* بوده و حدود ۰/۵۱ متر بر ثانیه است) و در مورد بادهای شدید و طوفان‌ها واحد کیلومتر بر ساعت نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای دست‌یابی به سرعت باد (در ارتفاع دو متری) در محدوده مورد مطالعه از اطلاعات موجود سینوپتیک بستان در مجاورت محدوده مورد نظر در دراز مدت استفاده شده است. همانگونه که قبلاً اشاره شد در مورد مطالعه باد به عنوان یک عامل آب و هوایی، سرعت و جهت آن مد نظر قرار می‌گیرد. جهت، محل وزش باد است که برای بادهای سطحی همیشه با یکی از واژه‌های مربوط به جهت‌های هشت گانه (شمال، شمال شرق، شرق و...) بیان می‌شود. معمولاً مقادیر اندازه‌گیری شده سرعت و جهت باد را توسط گلباد (*Wind Rose*) نشان داده می‌شود که از روی محاسبه دفعات وقوع سرعت‌های مختلف تهیه می‌گردد.

در مطالعه حاضر با توجه به اهداف آن از آمار و اطلاعات جریان آب و رسوب مشاهده شده در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه بر روی رودخانه کرخه استفاده شده است. یاد آور می‌شود که ایستگاه هیدرومتری حمیدیه از مهم‌ترین، قدیمی‌ترین و معتبرترین ایستگاه‌های هیدرومتری کشور است، لیکن ثبت مشاهدات رسوب معلق ۱۰ سال بعد ثبت جریان شروع شده بود. این ایستگاه مناسبترین ایستگاه آب سنجی جهت برآورد رسوب در منطقه طرح تشخیص و تعدیلات جزئی به منظور انتقال نتایج آن به منطقه طرح انجام شد. سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ بدلیل پر آب و سیلابی بودن به صورت ویژه در بخش رسوب نیز بحث می‌شود.

تجربیات و مطالعات مختلفی که توسط منابع علمی مختلف از جمله اداره عمران اراضی آمریکا (*USBR*) انجام شد به این نتیجه انجامید که بین دبی جریان و دبی مواد معلق رابطه زیر می‌تواند برقرار شود.

$$Q_s = \alpha * Q_w^b$$

در این رابطه Q_s تناژ رسوب بر حسب تن در روز، Q_w دبی جریان بر حسب مترمکعب بر ثانیه و α و b مقادیر ثابت هستند. معادله فوق در واقع تابع حاصل از رگرسیون خطی بین دبی آب و دبی مواد معلق می‌باشد، معمولاً میانگین مقادیری که از رابطه دبی آب - دبی رسوب به دست می‌آید کمتر از میانگین مقادیر مشاهده شده است. بر مبنای ملاحظات فوق سازمان خواربار جهانی فائو برای تعدیل ارقام به دست آمده و نزدیک شدن نتایج حاصل از رابطه فوق به واقعیت، استفاده از ضریب α' به جای ضریب α را به صورت زیر توصیه کرده است.

$$\alpha' = \frac{\bar{Q}_s}{(\bar{Q}_w)^b}$$

که در آن، \bar{Q}_s میانگین دبی رسوب مشاهده شده در طول دوره آماری بر حسب تن در روز، \bar{Q}_w میانگین دبی آب مشاهده شده در طول دوره آماری بر حسب مترمکعب در ثانیه و b نمای معادله موسوم به (USBR) می‌باشد. بر اساس رابطه دبی آب - دبی رسوب به صورت زیر تعدیل می‌گردد:

$$Q_s = \alpha' Q_w^b$$

وجود داده‌های استثنایی با مقادیر رسوب زیاد در زوج متناظر دبی آب - دبی رسوب تأثیر زیادی روی افزایش ضریب α' به وجود می‌آورند. زیرا در رابطه اصلاحی تغییرات مخرج کسر به مراتب محدودتر از صورت کسر است که این امر از نقاط ضعف روش اصلاحی FAO می‌باشد. این بدین معنا است که رابطه فائو میزان بار رسوب معلق محاسبه شده را بیشتر از مقدار مشاهداتی نشان می‌دهد که این از نقاط ضعف روش اخیر قلمداد می‌شود. با توجه به این که روش اول میانگین مقادیر رسوب را کمتر از میانگین مقادیر مشاهداتی برآورد می‌نماید و در روش فائو میانگین مقادیر رسوب بیشتر از میانگین مقادیر مشاهداتی است، معمولاً مهندسیین با علم به این موضوع نسبت به تعدیل‌های کارشناسی بر اساس شاخص "نسبت اختلاف" انجام می‌دهند.

ارزیابی روابط متداول و معمول USBR، و روش اصلاحی FAO بر مبنای شاخص R تحت عنوان "نسبت اختلاف" صورت گرفت. مقدار R عبارت است از نسبت میزان بار معلق که از روابط یاد شده بدست می‌آید به مقدار بار معلق که عملاً اندازه‌گیری شده است. واضح می‌باشد که هر چه مقدار R به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشان دهنده دقت آن در رابطه است. به منظور محاسبه بار رسوب معلق با استفاده از کلاسه بندی دبی جریان و تعیین فراوانی و احتمال وقوع هر دبی در هر یک از کلاسه‌ها می‌توان به ازای هر احتمال یک دبی متناظر به دست آورد که از قرار دادن آن در رابطه دبی - رسوب متناظر، تناژ یا حجم رسوب سالانه معلق در هر ایستگاه قابل محاسبه می‌باشد.

به منظور برآورد مقدار بار رسوب بستر می‌توان از نسبت بار بستر به معلق (K) بهره جست، بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که مقدار این نسبت در مناطق کوهستانی در رودخانه‌ها با شیب زیاد بیشتر بوده و در نواحی جلگه‌ای که دارای شیب کمتری هستند نسبت آن به میزان محسوسی کاهش می‌یابد. مطابق بررسی‌های انجام شده توسط کاراشف نسبت بار بستر به بار معلق در رودخانه‌های روسیه بسته به شرایط توپوگرافی متفاوت است. مطابق مطالعه مذکور نسبت K برای رودخانه‌ها در مناطق کوهستانی با شیب نسبی ۲ درصد بین ۳۰ تا ۵۰ درصد متغیر بوده است و برای رودخانه‌های در مناطق جلگه با شیب کمتر از ۰/۲ درصد بین ۵ - ۱ درصد می‌باشد در رودخانه‌های ایران بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که روند تغییرات K نسبت به شیب رودخانه‌ها تا حدودی از نظریه کاراشف تبعیت می‌نماید. در ادامه برای محاسبه بار رسوبی بستر با استفاده از نموداری که بدین

منظور برای رودخانه های کشور تهیه شده استفاده گردید؛ بدین ترتیب مقدار $k=0.05$ برآورد شده و در ادامه با استفاده از این نسبت بار رسوبی بستر محاسبه شد که بار کل از مجموع بار معلق و بار بستر حاصل می‌شود. بده ویژه رسوب از تقسیم میزان رسوبات (تناژ یا حجم) بر مساحت حوضه آبریز حاصل می‌شود. با تقسیم تناژ و حجم رسوبات به مساحت حوضه، میزان رسوب ویژه در ایستگاه‌های هیدرومتری حمیدیه به صورت تن در سال در کیلومتر مربع یا مترمکعب در سال در کیلومتر مربع برآورد گردید. مشخصات و منحنی‌دانه بندی مواد بستر در محل ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه از داده‌های رسوب مشاهداتی ترسیم و قطر ذرات رسوبی D_{10} , D_{50} , D_{90} برحسب میکرون استخراج می‌شوند.

۱۰-۴- بررسی اولیه و امکان سنجی در حد بازدیدهای میدانی برای نحوه خروج آب از هورالعظیم به مناطق پایین دستی که در کنترل و حاکمیت ایران

در گذشته تالاب هورالعظیم برای تخلیه سیلاب و املاح ذاتی خود با خلیج فارس تبادل جریان داشته بود. سیلاب از مسیر بخش ایرانی و عراقی تالاب - رودخانه دجله - شط العرب در خاک عراق - اروند رود یا نهر عریض - اروند رود وارد خلیج فارس می‌شد اما امروزه این ارتباط برقرار نیست. بنابراین به نظر می‌رسد؛ برقراری مجدد ارتباط هیدرولیکی جریان آب تالاب هورالعظیم به طور غیر مستقیم با خلیج فارس امکان پذیر است. علاوه بر آن چندین مسیر و طرح کوتاه و بلند مدت عمدتاً با هدف احداث سیلاب‌بر برای رودخانه کرخه توسط کارشناسان منابع آب در زمان سیلاب فروردین ماه ۱۳۹۸ پیشنهادی شده است. در هر حال بررسی اولیه و امکان سنجی در حد بازدیدهای میدانی برای نحوه خروج آب از هورالعظیم به مناطق پایین دستی که در کنترل و حاکمیت ایران با مطالعه مستندات و نتایج کارهای پیشین صورت گرفته از جمله گزارشات و نقشه‌ها در حوزه مهندسی آب در منطقه مورد مطالعه؛ همچنین بازدیدهای میدانی و تصاویر ماهواره‌ای، مدل رقومی سطح زمین (DEM) و بخصوص تجارب میدانی سیلاب فروردین ماه ۱۳۹۸ منطقه میسر گردید. در این میان از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نیز بهره گرفته می‌شود تا موقعیت عمومی منطقه و مسیرها انتقال سیلاب احتمالی روشن گردد.

۱۰-۵- تهیه و بررسی مقررات پدافند غیر عامل، قوانین زیست محیطی برای میادین نفتی غرب کارون مرتبط با موضوع محافظت تاسیسات در برابر آب و سیلاب در راستای اهداف ضابطه

بررسی و تفکیک مقررات پدافند غیر عامل و قوانین زیست محیطی برای میادین نفتی غرب کارون از همدیگر به دلیل ارتباط تنگاتنگ این دو موضوع ساده نیست؛ بنابراین سعی شده مقررات پدافند غیر عامل و قوانین زیست محیطی از منابع معتبر ملی و ضابطه‌های مربوطه استخراج گردد. موضوع مقررات پدافند غیر عامل در دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های اجرایی همچون دستورالعمل اجرایی قانون بودجه، مصوبات کمیته دائمی پدافند غیر عامل کشور و آیین‌نامه اجرایی قانون احکام دائمی برنامه‌های پنجساله توسعه کشور نیز بیان شده است که از آن‌ها بطور مناسبی در جهت اهداف مطالعه استفاده شود.

۱۰-۶- ریسک در هیدرولوژی

ریسک در هیدرولوژی به مفهوم احتمال وقوع یک رخداد در طی یک دوره زمانی مشخص است. لذا اگر احتمال وقوع حادثه‌ای در هر سال p باشد، احتمال عدم وقوع آن $(1 - p)$ خواهد بود و احتمال اینکه طی n سال آینده رخ ندهد، برابر با $(1 - p)$ به توان n است. پس نهایتاً ریسک یا احتمال وقوع حادثه در طی n سال آینده برابر است با :

$$R = 1 - (1 - p)^n$$

از آنجا که دوره بازگشت عکس احتمال است $T_r = 1/p$ لذا مقدار ریسک بر حسب دوره بازگشت برابر است با :

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n$$

در طراحی‌های هیدرولوژیکی، عموماً n مفهوم عمر مفید سازه هیدرولیکی نظیر سد، بند انحرافی، کالورت‌ها و دیگر سازه‌های هیدرولیکی را دارد، که برای سیلاب‌های با احتمال مشخص یا به طور متناظر با دوره بازگشت‌های معلومی طراحی می‌گردند. فرآیندهای هیدرولوژیکی همواره با عدم قطعیت‌هایی همراه هستند، که ناشی از عدم آشنایی کامل با نوع فرآیند، یا عدم قطعیت در مدل و نیز عدم قطعیت‌های ذاتی یا طبیعی هستند. از آنجا که تحلیل ریسک با عدم قطعیت‌های طبیعی به صورتی که قبلاً بر اساس احتمال یا دوره بازگشت ارائه شد، در تحلیل ریسک کافی نبوده و بایستی انواع عدم قطعیت‌های دیگر نظیر عدم قطعیت‌های فنی (هیدرولیکی، سازه‌ای، بهره برداری)، اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی را نیز در تحلیل ریسک وارد نمود، لذا نیاز به تحلیل ریسک به صورت مرکب است. از این رو تحلیل ریسک مرکب، روشی برای محاسبه ریسک ترکیبی از منشاءهای مختلف عدم قطعیت است، که در یک طراحی هیدرولوژیکی بکار می‌رود. در این راستا ایده بارگذاری یا تقاضا (L) و ظرفیت یا مقاومت (R) محور تحلیل قرار می‌گیرد. قابلیت اعتماد سیستم عبارت است از احتمال آن که مقاومت بیشتر از بار باشد و ریسک عبارت است از احتمال آنکه بار از مقاومت بیشتر شود. از آنجا که بار و مقاومت، متغیرهای تصادفی محسوب می‌شوند، تعیین توزیع احتمال آن‌ها برای تحلیل قابلیت اعتماد لازم است. در سیستم‌های کنترل سیل، منظور از بارگذاری، دبی سیل با دوره بازگشت طراحی و منظور از مقاومت، ظرفیت هیدرولیکی سیستم رودخانه برای عبور جریان است.

به طور خلاصه در بحث سیلاب دبی طرح به عنوان بار و ظرفیت ایمن انتقال مقطع رودخانه به عنوان مقاومت قلمداد شده است. در مطالعه جاری میزان جریان‌های ورودی دبی در مخازن تالاب به عنوان بار و ظرفیت ذخیره استاتیکی تالاب به اضافه خروجی‌ها از محیط تالاب به عنوان مقاومت مد نظر است. در مطالعه احتمال وقوع سیلاب با دبی بزرگتر از سیلاب طرح در طی دوره عمر پروژه یا بهره‌برداری و احتمال وقوع سیل بزرگتر از سیلاب با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله در طول دوره عمر سازه تخمین زده می‌شود.

۱۰-۷- بررسی مطالعات مهندسی آب انجام شده در میدان نفتی آزادگان شمالی و آزادگان جنوبی

(اعم از هیدرولوژی، ارتفاع موج و غیره)

به منظور بررسی مطالعات مهندسی آب انجام شده در میدان نفتی آزادگان شمالی و آزادگان جنوبی، سعی شده گزارشات و مطالعات پیشین جمع آوری و در جهت اهداف مطالعات حاضر از آن‌ها استفاده گردد. خوشبختانه در حوضه آبریز کرخه مخصوصاً بخش سفلی آن مطالعات معتناهی در خصوص منابع آب صورت گرفته است، هر چند که وضعیت کنونی منابع آب تغییراتی به

همراه دارد. کاهش جریان و منابع آب سطحی در دوره بعد از بهره‌برداری سد مخزنی کرخه علی‌رغم وقوع سیلاب تاریخی سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ نسبت به دوره قبل از بهره‌برداری سد بسیار مشهود بوده است. علاوه بر کاهش جریان، سیاست‌های بهره‌برداری با وجود سد نسبت به حالت طبیعی تغییر کرده است که سعی می‌شود این ملاحظات در مطالعات حاضر لحاظ گردد.

۱۰-۸- مدل‌سازی منطقه هورالعظیم با استفاده از نرم افزار که با استفاده از آن امکان تعیین ارتفاع آب از سطح دریا بر پایه دوره‌بازگشت سیلاب امکان پذیر باشد.

مطالعات هیدرولیک جریان را می‌توان از دو دیدگاه جریان‌های دائمی و غیردائمی مورد مطالعه قرار داد. در مسائل طبیعی از جمله رودخانه جریان‌های واقعی به صورت غیردائمی است. روندیابی سیل یکی از مسائل مربوط به جریان‌های غیردائمی است که از اهمیت علمی خاصی برخوردار بوده و برای حل آن می‌توان از روش‌ها و تکنیک‌های مختلف هیدرولیکی و هیدرولوژیکی استفاده نمود. در روش‌های هیدرولیکی نظیر روش همانندی پخش که بر اساس اصول تئوری جریان‌های غیردائمی و حل معادله دیفرانسیل مربوطه استوار است، روندیابی سیل به جواب‌های دقیق منتج خواهد گردید. اما پیچیدگی روابط و مشکل بودن استفاده از آن‌ها و طولانی بودن راه حل حتی با استفاده از رایانه‌های پرسرعت باعث می‌گردد تا در اکثر موارد از روش‌های هیدرولوژیکی که با اتخاذ فرض‌هایی مسئله را به میزان قابل ملاحظه‌ای ساده می‌نماید، استفاده گردد. در روش‌های هیدرولوژیکی معادلات دیفرانسیل جریان‌های غیردائمی مستقیماً کاربرد نداشته بلکه اصل پیوستگی جریان و رابطه بین دبی و ذخیره آب مورد بررسی قرار می‌گیرد که با توجه به تقریب‌ها و فرض‌های یاد شده، جواب‌های بدست آمده نیز از دقت کمتری برخوردار هستند. استفاده از فن آوری‌های جدید در عرصه علوم و گسترش استفاده از رایانه، مدل‌سازی وقایع مختلف طبیعی، تحلیل و درک صحیح رفتار پدیده‌ها را ممکن ساخته است. شبیه‌سازی جریان در آبراهه‌های مصنوعی و طبیعی و اثرگذاری متقابل جریان و آبراهه نیز از این امر مستثنی نشده و هم‌اکنون نرم افزارهای مناسبی در این زمینه معرفی و در حال استفاده می‌باشد.

این بخش مبتنی بر پیش زمینه علمی برای سیستم مدل‌سازی *MIKE21* که توسط *DHI* توسعه داده شده‌اند، استوار است. هدف در اینجا ارائه جزء به جزء معادلات جریان و انتقال، روش‌های حل و گسسته‌سازی عددی نیست بلکه کلیاتی از روش‌های هیدرولیکی استفاده شده در مدل شبیه‌سازی می‌باشد. بررسی اعتبار این مدل‌ها نیز بحث شده است. *MIKE21* براساس یک شبکه انعطاف‌پذیر بنا نهاده شده‌اند و برای کاربردهای اقیانوسی، ساحلی و جزر و مدی ساخته شده‌اند. این سیستم مدل‌سازی همچنین می‌تواند برای مطالعات پهنه‌بندی سیلاب به صورت دو بعدی استفاده شود. این سیستم براساس حل عددی دو بعدی معادلات ناویه- استوکس برای سیال غیرقابل تراکم رینالدز میانگین (*incompressible Reynolds average*) با شرط قبول فرضیات بوزینسک و فشار هیدرودینامیک می‌باشد. بنابراین این مدل، شامل معادلات پیوستگی، ممنت، شوری، گرما و چگالی می‌باشد و بوسیله یک مدل ارائه آشفتگی تکمیل می‌شود. گسسته‌سازی مکانی معادلات اولیه با استفاده از روش حجم محدود مرکز سلولی انجام شده است. دامنه مکانی بوسیله تقسیم محیط به المان‌های غیرپیوسته انجام شده است.

با توجه به تعداد ورودی‌های متعدد، وسعت زیاد، وجود جاده‌های مختلف و سازه‌های آبی متعدد در هورالعظیم و غیرماندگاری جریان در زمان سیلاب، پس از بررسی مدل‌های موجود برای شبیه‌سازی تغییرات جریان در هورالعظیم، مدل دو بعدی *MIKE21* توسعه داده شده توسط موسسه هیدرولیک دانمارک *DHI* بمنظور پیش بینی شرایط جذر و مدی دریاها و تغییرات

زمانی شرایط جریان (عمق، سرعت و ...) در دریاچه‌هایی که تحت تاثیر سیلاب ورودی انتخاب گردید. مدل استفاده شده بطور کلی دو بعدی است بدین ترتیب که در جهت عمقی متوسط سرعت لحاظ می‌شود ولی در پلان مقادیر سرعت در دو جهت محاسبه می‌شود.

Mike21 Flow Model FM یک مدل نسبتاً جدید بر پایه شبکه و مش انعطاف پذیر است. فایل مش و شبکه انعطاف پذیر نهایی می‌باید به خوبی بیانگر اعماق آب در مدل باشد. از آنجا که متغیرهای مورد نظر در مراکز احجام کنترل محاسبه می‌شوند، شبکه مثلث‌ها باید امکان دقت مناسب نتایج و جواب‌ها پس از ارزیابی مدل را فراهم نمایند. دقت و ریز بودن مش و شبکه همراه با اعماق آب و اندازه گام زمانی مدل‌سازی عدد کورانت سیستم را تعیین می‌کنند. مقدار حداکثر عدد کورانت می‌باید کمتر از ۰/۵ باشد لذا زمان کل مدل‌سازی نه تنها به تعداد المانها بستگی دارد بلکه اندازه گام زمانی و عدد کورانت حاصله نیز در آن موثر هستند. برای ساخت و ایجاد فایل mdf. از داده های xyz خام استفاده می‌شود. بدین ترتیب در گام اول سیستم تصویر (projection system) به صورت utm و ن ناحیه کاری تعیین می‌شود. این امر از آن جهت لازم است که در مراحل بعد، انجام محاسبات مربوط به نیروی کوریولیس به اعمال این تنظیمات وابسته است. پس از آن، داده های خام XYZ در این برنامه بارگذاری می‌شوند. جهت انجام گامهای بعدی که مثلث‌بندی (triangulation) و اختصاص رقوم ارتفاعی از داده‌های خام به مراکز حجم کنترلها (interpolation) هستند، نیاز به محدود سازی محدوده کاری از طریق رسم پلیگونهای مرزی آبی و خاکی می‌باشد. شرح کامل در پیوست ارائه شده است.

در این مطالعه، فیلد داده خام برای جاده ها و دایکها و فیلد داده خام برای درون محدوده مخازن پنجگانه شامل طول و عرض جغرافیایی و رقوم در فایل XYZ وجود دارد. این داده ها پس از مش بندی و ساخت شبکه هندسی منجر به تعداد زیادی المان مثلثی می‌شوند. سعی و خطا و اصلاح گزینه های مختلف ایجاد شبکه در این مرحله به صورت رفت و برگشتی با توجه به زمان لازم برای اجرای برنامه و جواب های مورد نیاز انجام می‌گردد. در این مرحله، تفاوت در اندازه شبکه مثلث‌ها در سطح مخازن پنج‌گانه و در مناطق نزدیک به دایک‌ها، سازه‌ها و جریان‌های ورودی اعمال می‌شود. پس از این کار و در مرحله بعد میانمایی ارتفاعی انجام می‌گیرد و در نهایت export mesh جهت تهیه فایل با پسوند mesh بکار می‌رود.

پیش از آن که مدل Mike21 flow model FM برپا می‌شود، نیاز است داده‌های ورودی مدل آماده سازی شوند. برای این مثال، جریان‌های ورودی اعداد ثابتی در نظر گرفته شده اند و از سری زمانی استفاده نشده است، سازه‌های درون مدل شامل کالورت و سرریز که ارتباط هیدرولیکی بین مخازن را باعث می‌شوند همگی به صورت کامل در مدل وارد شده‌اند؛ همانطور که پیش از این ذکر شد نیروی باد و کوریولیس هم لحاظ شده‌اند. جریان‌های ورودی به عنوان شرایط مرزی و کلیات نحوه ورود آن‌ها به مدل و نیز باران و تبخیر نمایش داده شده است. بالاخره برای رسیدن به اهداف مطالعه، شبیه سازی‌های مختلفی انجام گیرد که در این راستا چندین سناریو در بر گیرنده شرایط اولیه (رقوم سطح آب در مخازن قبل از شبیه سازی)، شرایط جریان ورودی هور (سیلاب با چه دوره بازگشتی) و شرایط جریان خروجی از هور (که فقط از طریق سازه‌های آبی موجود در دایک مرزی امکان پذیر هست) تعریف شده‌اند. در نهایت رقوم سطح آب تالاب برای هر شبیه سازی و شرایط به صورت حداکثر و کل سری زمانی قابل استخراج و استفاده برای اهداف طراحی خواهد بود.

فصل یازدهم

**بازدید میدانی و بررسی دبی های ورودی
و خروجی سدها و رودخانه ها (بوئزه سد و
رودخانه کرخه) به عنوان منبع تغذیه
هورالعظیم و شناسایی ایستگاه های وزارت
نیرو در بالادست و پایین دست و انجام استعلام
های مورد نیاز**

فصل یازدهم- بازدید میدانی و بررسی دبی های ورودی و خروجی سدها و رودخانه ها (بوئزه سد و رودخانه کرخه) به عنوان منبع تغذیه هورالعظیم و شناسایی ایستگاه های وزارت نیرو در بالادست و پایین دست و انجام استعلام های مورد نیاز

۱-۱۱- هیدرولوژی جریان در حالت عادی

در مطالعه حاضر به منظور تحلیل های هیدرولوژیکی در حالت عادی و سیلاب از دو ایستگاه هیدرومتری پای پل و حمیدیه بر روی کرخه استفاده گردید، موقعیت آن ها در نقشه ارایه شده در شکل ۱-۱۱ ارایه شده است.

ایستگاه هیدرومتری پای پل با کد مطالعاتی ۱۹۱-۲۱ بر روی رودخانه کرخه واقع گردیده و مختصات جغرافیایی آن ۰۸° و ۴۸ طول شرقی و ۲۴° و ۳۲ عرض شمالی می باشد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۹۰ متر بوده و تأسیس ایستگاه در سال ۱۳۳۹ می باشد. هم اکنون این ایستگاه درجه یک و دارای تجهیزات اشل، پل تلفریک و لیمینیگراف (دیتالاگر) است. این ایستگاه هیدرومتری؛ اولین ایستگاه بعد از سد مخزنی کرخه می باشد. ایستگاه هیدرومتری حمیدیه با کد مطالعاتی ۱۹۹-۲۱ بر روی شاخه اصلی رودخانه کرخه در شهر حمیدیه واقع گردیده و مختصات جغرافیایی آن ۴۸°، ۲۵ و ۴۷ طول شرقی و ۳۱°، ۲۹ و ۲ عرض شمالی می باشد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۲۴/۵ متر بوده و تأسیس ایستگاه در سال ۱۳۳۴ می باشد. هم اکنون این ایستگاه درجه یک و دارای تجهیزات اشل، پل تلفریک و لیمینیگراف (دیتالاگر) است

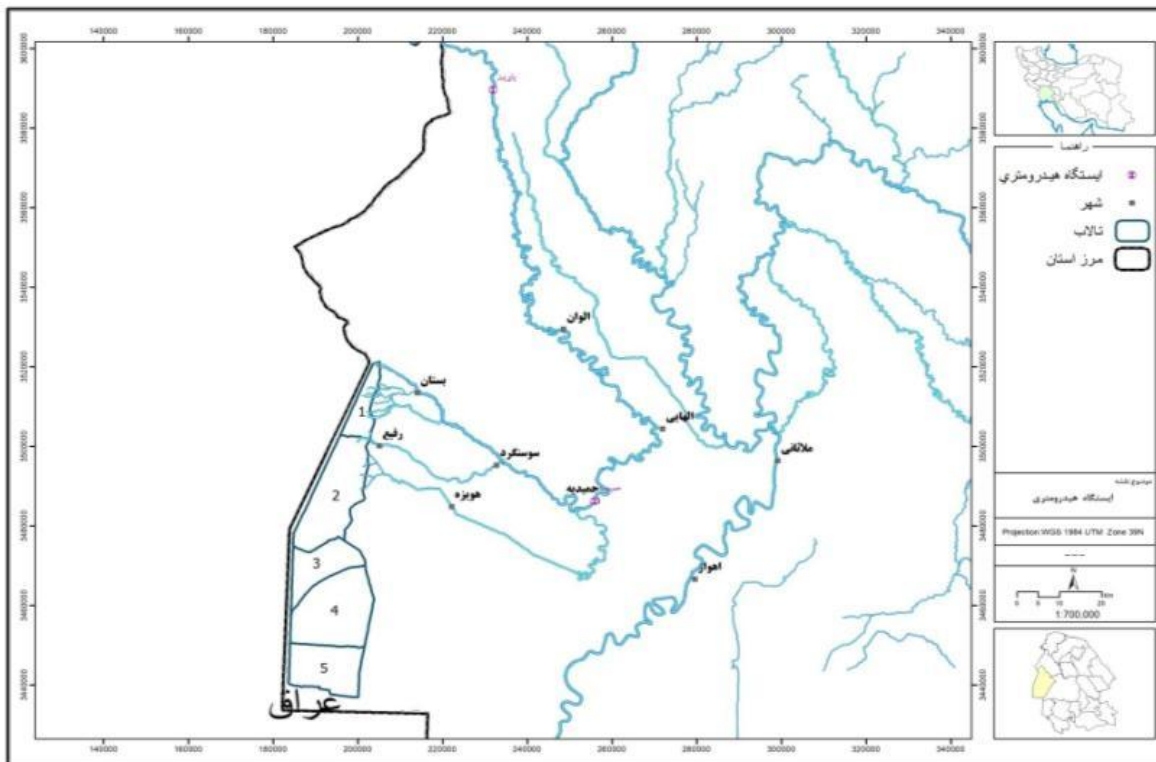
۱-۱-۱۱- تحلیل آبدهی رودخانه ها

از مهمترین بخش های گزارش هیدرولوژی و منابع آب، تحلیل آبدهی متوسط جریان رودخانه ها است. در این مطالعه از آمار و اطلاعات مشاهده شده ایستگاه هیدرومتری پای پل و حمیدیه بر روی رودخانه کرخه در پایین دست سد مخزنی کرخه استفاده شده است. طول دوره آماری به داده های ثبت شده در سال های ۱۴۰۰-۱۳۳۷ بر می گردد و برابر ۶۳ سال می باشد. در این مطالعه تحلیل پارامترهای جریان شامل دبی ماهانه و سالانه در ایستگاه های مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار آماری SPSS صورت گرفت. در جدول ۱-۱۱ تا جدول ۴-۱۱ داده های جریان مشاهداتی، تکمیل شده و تحلیل آبدهی متوسط ماهانه، فصلی و سالانه

به همراه سایر پارامترهای آماری رودخانه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. در شکل ۱۱-۲ تا شکل ۱۱-۵ نوسان جریان سالانه و تغییرات جریان متوسط ماهیانه طی طول دوره آماری نمایش داده شد. نتیجه تحلیل‌های صورت گرفته مطابق ذیل بیان می‌شوند:

- تحلیل جریان در مقیاس ماهانه و سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای‌پل نشان می‌دهد که آبدهی متوسط رودخانه کرخه در محل مذکور ۱۵۵ و انحراف معیار ۸۴ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. حداکثر آبدهی سالانه در این ایستگاه مربوط به سال آبی ۱۳۴۷-۴۸ و برابر ۳۹۸ متر مکعب در ثانیه (البته سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ نیز از سال‌های پرآب کرخه بوده اما بخشی از جریان در سدهای مخزنی سمیره و کرخه ذخیره و بخشی نیز از طریق تونل دشت عباس و کانال پای‌پل به سمت شبکه‌های آبیاری استان ایلام و کرخه شمالی هدایت شد که در سال ۱۳۴۷ سامانه کرخه فاقد این امکانات بود.) و حداقل آبدهی سالانه به میزان ۲۱ متر مکعب در ثانیه در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ می‌باشد. ضریب تغییرات رودخانه کرخه در این محل ۵۴ درصد است. بیشترین درصد جریان ماهیانه مربوط به فروردین و برابر ۱۹ درصد و کمترین مقدار ۳ درصد طی شهریورماه و مهر ماه می‌باشد. بیشترین جریان فصلی طی بهار و برابر ۳۹ درصد آبدهی است. لازم به ذکر است که کانال‌های شبکه آبیاری دشت عباس و شمالی کرخه بعد از بهره‌برداری سد کرخه از بالادست این ایستگاه برداشت می‌کنند و دبی انحرافی به سمت کانال‌های مذکور در محاسبات نیامده است.
- تحلیل جریان در مقیاس ماهانه و سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه نشان می‌دهد که آبدهی متوسط رودخانه کرخه در محل مذکور ۱۳۲ و انحراف معیار ۸۳ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. حداکثر آبدهی سالانه در این ایستگاه مربوط به سال آبی ۱۳۴۷-۴۸ و برابر ۳۵۸ متر مکعب در ثانیه (البته سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ نیز از سال‌های پرآب کرخه بوده اما بخشی از جریان در سدهای مخزنی سمیره و کرخه ذخیره و بخشی نیز از طریق تونل دشت عباس و کانال پای‌پل به سمت شبکه‌های آبیاری استان ایلام و کرخه شمالی هدایت شد که در سال ۱۳۴۷ سامانه کرخه فاقد این امکانات بود.) و حداقل آبدهی سالانه به میزان ۲۱ متر مکعب در ثانیه در سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ می‌باشد. ضریب تغییرات رودخانه کرخه در این محل ۶۳ درصد است. بیشترین درصد جریان ماهیانه مربوط به فروردین و برابر ۲۰ درصد و کمترین مقدار ۳ درصد طی شهریورماه و مهر ماه می‌باشد. بیشترین جریان فصلی طی بهار و برابر ۴۲ درصد آبدهی است.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



شکل ۱۱-۱: نقشه مربوط به موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۱-۱۱: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل (مترمکعب بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1337-38	50	59	177	128	117	183	547	242	92	51	41	36	144
1338-39	46	64	84	121	104	82	168	157	44	30	25	23	79
1339-40	29	52	103	146	306	171	286	397	100	58	45	41	144
1340-41	45	60	94	162	177	167	143	226	66	45	39	36	105
1341-42	41	67	63	105	202	150	346	515	228	81	60	47	159
1342-43	50	76	101	90	128	190	230	112	47	33	28	28	93
1343-44	32	41	102	215	255	240	262	230	74	44	35	31	130
1344-45	42	132	90	74	264	249	271	178	60	38	34	30	122
1345-46	56	72	54	64	92	141	145	128	87	32	25	23	77
1346-47	29	62	142	107	135	248	300	433	223	71	47	39	153
1347-48	43	116	158	291	654	738	1311	811	286	167	110	90	398
1348-49	85	146	117	150	228	215	204	230	78	48	43	41	132
1349-50	46	53	111	81	114	216	683	432	128	68	59	46	170
1350-51	50	116	183	173	201	442	930	689	330	135	92	79	285
1351-52	84	131	226	156	229	356	223	156	66	46	45	41	147
1352-53	48	55	75	141	232	710	1266	496	216	132	106	88	297
1353-54	85	98	199	219	241	423	340	424	158	75	56	55	198
1354-55	67	83	129	268	551	388	684	548	240	114	88	78	270
1355-56	79	106	134	151	208	282	329	152	91	48	45	43	139
1356-57	49	160	270	232	253	435	275	124	69	52	44	48	168
1357-58	52	55	347	203	418	241	346	189	127	99	89	90	188

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۱-۱: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل (مترمکعب بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1358-59	81	81	138	218	374	586	973	372	146	96	71	66	267
1359-60	64	98	161	211	387	482	485	287	124	80	65	63	209
1360-61	79	97	121	173	194	329	489	329	117	69	59	54	176
1361-62	60	169	180	172	221	308	453	389	160	66	54	54	190
1362-63	54	70	156	142	128	125	239	156	59	37	33	36	103
1363-64	40	138	352	255	356	258	489	241	100	62	46	42	198
1364-65	47	91	193	146	269	277	347	564	172	68	53	51	190
1365-66	48	97	219	148	152	528	505	257	92	55	46	41	182
1366-67	49	249	156	418	318	968	501	381	132	90	74	66	284
1367-68	65	87	105	145	137	496	546	265	97	63	48	46	175
1368-69	52	102	278	161	198	343	476	194	82	57	46	39	169
1369-70	45	73	74	119	108	304	310	133	58	42	33	33	111
1370-71	50	54	283	153	170	579	845	845	253	114	83	69	292
1371-72	72	106	306	405	396	652	441	579	230	105	82	71	287
1372-73	71	143	237	296	470	375	367	197	89	56	46	43	199
1373-74	70	498	1152	424	400	353	376	426	197	97	67	58	343
1374-75	61	79	95	184	203	465	868	494	183	104	69	59	239
1375-76	75	80	98	162	124	151	504	258	63	53	57	44	139
1376-77	53	196	151	168	292	405	825	343	144	84	61	56	232
1377-78	66	92	95	157	135	285	149	68	41	31	28	27	98
1378-79	30	57	70	109	98	73	88	49	33	40	40	41	61

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۱-۱: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل (مترمکعب بر ثانیه)

سالانه	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	سال آبی
61	65	68	58	52	49	61	69	52	82	74	56	41	1379-80
68	98	76	51	37	35	74	99	97	67	70	60	53	1380-81
98	106	151	133	68	84	93	58	101	101	103	86	86	1381-82
139	141	133	164	214	134	104	168	250	111	148	59	38	1382-83
174	105	157	193	192	201	388	216	116	103	129	148	142	1383-84
167	119	132	191	212	142	187	418	194	100	139	85	86	1384-85
159	166	174	174	221	267	133	162	133	86	142	119	127	1385-86
85	55	53	49	38	47	103	126	104	102	115	100	124	1386-87
49	26	25	21	25	34	58	67	54	93	75	57	55	1387-88
43	61	65	47	39	21	39	66	50	18	48	29	27	1388-89
60	51	69	54	33	36	59	102	49	55	90	55	63	1389-90
42	29	31	28	23	26	47	60	42	58	70	53	37	1390-91
41	37	52	52	37	25	45	67	65	27	13	34	33	1391-92
34	32	50	41	18	19	30	58	24	36	37	30	33	1392-93
21.4	10	10	7.1	3.2	6.6	13	23	25	35	51	43	29	1393-94
63	123	101	92	119	96	44	48	50	23	36	15	5	1394-95
91	81	134	143	87	66	89	91	89	60	80	88	86	1395-96
79	90	112	106	44	41	63	85	75	73	95	77	87	1396-97
311	211	246	302	312	643	797	430	401	154	93	43	78	1397-98
159	171	176	201	114	61	206	369	143	127	74	96	183	1398-99
95	112	144	110	44	48	75	112	85	99	54	89	171	1399-00

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۱۱-۲: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه (مترمکعب بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1337-38	24	33	155	119	129	123	432	239	95	37	29	17	119
1338-39	23	47	63	114	86	66	122	138	41	17	10	5	61
1339-40	9	14	80	148	336	172	237	339	97	50	26	18	127
1340-41	23	43	74	149	170	147	107	218	53	23	16	13	86
1341-42	14	41	50	73	158	124	276	513	235	60	34	21	133
1342-43	24	55	83	79	103	148	212	103	30	15	10	6	72
1343-44	8	13	71	125	273	207	212	214	62	21	19	14	103
1344-45	21	96	71	47	218	222	241	161	48	19	60	13	101
1345-46	24	54	28	42	63	106	107	101	68	15	42	8	55
1346-47	13	36	122	83	103	193	262	391	211	49	31	24	126
1347-48	28	83	128	197	638	681	1150	802	290	145	92	65	358
1348-49	67	130	113	136	192	211	184	195	63	25	18	15	113
1349-50	19	22	75	67	88	163	586	439	109	54	39	31	141
1350-51	30	72	168	141	177	350	1138	645	278	112	76	60	271
1351-52	70	116	217	130	186	313	184	134	51	38	32	32	125
1352-53	36	43	59	120	224	668	1329	476	171	107	75	57	280
1353-54	64	75	171	208	246	420	313	357	147	56	42	38	178
1354-55	49	62	112	286	531	361	666	506	208	92	60	47	248
1355-56	60	82	101	139	192	248	308	126	67	26	22	24	116
1356-57	30	134	215	240	228	400	270	113	57	39	30	36	149
1357-58	40	38	243	142	409	251	326	179	81	57	46	36	154

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۱۱-۲: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه (مترمکعب بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1358-59	35	52	107	170	346	564	895	357	133	88	72	52	239
1359-60	55	102	159	242	366	510	559	406	241	207	202	198	271
1360-61	241	221	153	187	222	316	457	327	127	61	53	46	201
1361-62	67	169	155	154	186	262	392	362	141	73	54	53	172
1362-63	60	75	101	133	113	105	194	118	35	21	18	22	83
1363-64	39	145	352	240	330	229	451	238	78	39	27	26	183
1364-65	29	63	135	185	243	279	277	482	156	66	44	40	167
1365-66	48	99	165	142	126	460	437	241	80	47	30	27	158
1366-67	38	216	150	388	293	892	539	381	122	81	63	60	269
1367-68	61	77	91	159	125	405	515	250	80	53	38	38	158
1368-69	43	79	238	151	202	305	423	170	68	38	31	37	149
1369-70	47	65	55	103	94	251	299	103	26	24	26	24	93
1370-71	36	40	220	145	148	524	784	736	271	104	55	37	258
1371-72	33	66	227	381	387	557	401	487	192	76	55	40	242
1372-73	45	110	177	226	370	282	308	171	62	32	38	40	155
1373-74	54	417	894	419	347	343	369	403	158	58	43	51	296
1374-75	57	66	76	153	196	437	723	483	152	59	39	41	207
1375-76	55	63	73	119	112	104	437	254	68	60	46	37	119
1376-77	46	144	108	143	270	329	784	308	115	61	42	41	199
1377-78	59	99	68	106	116	220	107	46	24	16	18	21	75
1378-79	21	38	44	73	70	41	44	31	12	10	10	16	34

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

ادامه جدول ۱۱-۲: داده‌های مشاهداتی دبی رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه (مترمکعب بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
1379-80	17	32	81	68	35	40	41	32	28	24	27	26	38
1380-81	23	27	48	46	37	40	55	37	34	35	37	43	38
1381-82	50	49	67	46	50	40	62	62	44	63	80	60	56
1382-83	43	57	127	111	197	91	75	79	132	112	71	81	98
1383-84	76	82	91	74	68	132	290	153	152	123	107	67	118
1384-85	80	76	85	78	184	316	159	150	157	137	78	87	132
1385-86	86	75	98	64	74	113	109	204	143	98	92	93	104
1386-87	86	73	83	66	56	60	47	21	19	22	22	23	48
1387-88	24	24	35	32	25	16	18	18	16	18	15	14	21
1388-89	15	19	28	32	23	32	40	32	32	32	30	35	29
1389-90	33	29	47	40	31	38	32	32	29	25	30	25	33
1390-91	19	40	45	38	24	35	30	21	18	18	18	17	27
1391-92	16	20	23	24	42	38	26	57	26	27	28	26	29
1392-93	22	29	32	42	32	54	45	32	28	31	28	26	34
1393-94	25	32	39	31	26	23	35	26	18	18	22	20	26
1394-95	21	36	37	30	30	52	63	107	93	39	48	56	51
1395-96	52	64	82	58	79	69	78	56	38	61	80	50	64
1396-97	53	45	54	36	34	54	53	35	30	45	51	47	45
1397-98	39	61	66	108	338	416	837	695	320	222	172	155	287
1398-99	141	96	73	75	95	301	208	63	73	127	110	86	120
1399-00	101	91	87	91	78	90	70	37	28	39	54	30	66

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۱۱-۳: آبدهی متوسط ماهانه و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری

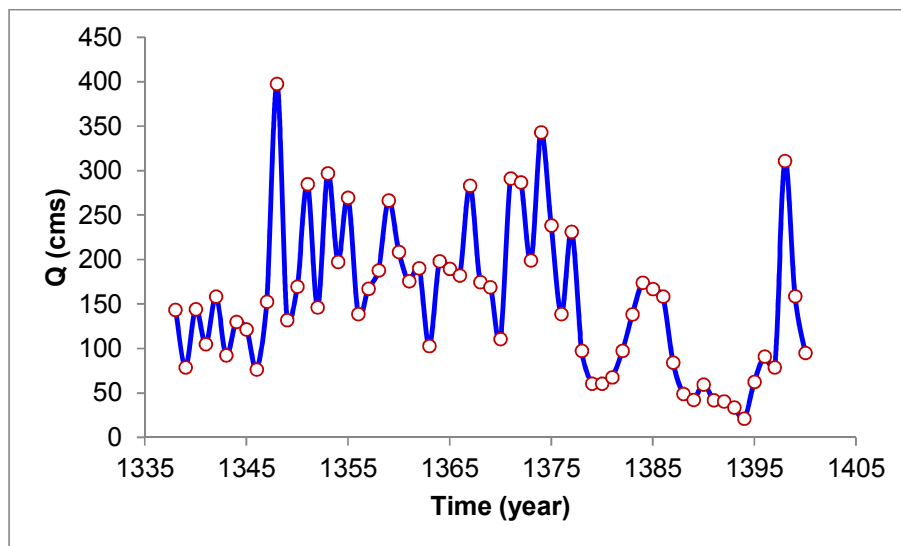
پای پل (متر مکعب بر ثانیه)

پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین
متوسط	62	93	148	147	197	278	354	251	116	82	71	63	155
حداکثر	183	498	1152	424	654	968	1311	845	330	302	246	211	398
حداقل	5.5	15	13	18	24	24	13	6.6	3.2	7.1	11	10	21
انحراف معیار	32	67	149	88	133	198	302	206	79	53	45	39	84
ضریب تغییرات	52	71	101	60	68	71	85	82	68	65	63	61	54
درصد جریان ماهانه	3.3	5.0	7.9	7.9	10.6	14.9	19.0	13.5	6.2	4.4	3.8	3.4	---
درصد جریان فصلی		16			33			39			12		---

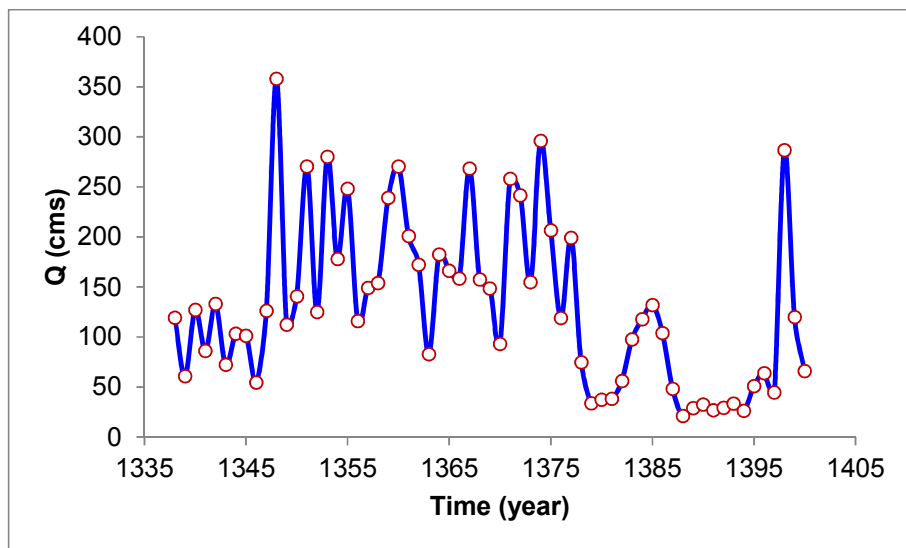
جدول ۱۱-۴: آبدهی متوسط ماهانه و سالانه به همراه سایر پارامترهای آماری رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری

حمیدیه (متر مکعب بر ثانیه)

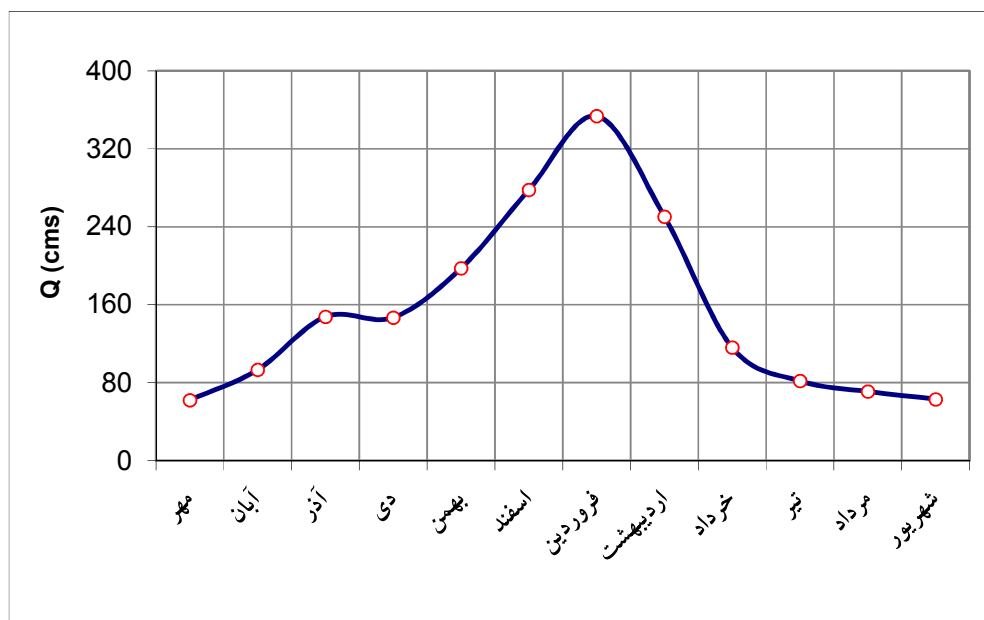
پارامترهای آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین
متوسط	46	75	119	127	174	239	324	233	99	58	48	41	132
حداکثر	241	417	894	419	638	892	1329	802	320	222	202	198	358
حداقل	8	13	23	24	23	16	18	18	12	10	10	5.3	21
انحراف معیار	35	62	119	87	132	190	301	197	77	44	35	32	83
ضریب تغییرات	77	82	100	68	76	80	93	85	78	76	73	78	63
درصد جریان ماهانه	2.9	4.8	7.5	8.0	11.0	15.1	20.5	14.7	6.3	3.7	3.0	2.6	---
درصد جریان فصلی		15			34			42			9		---



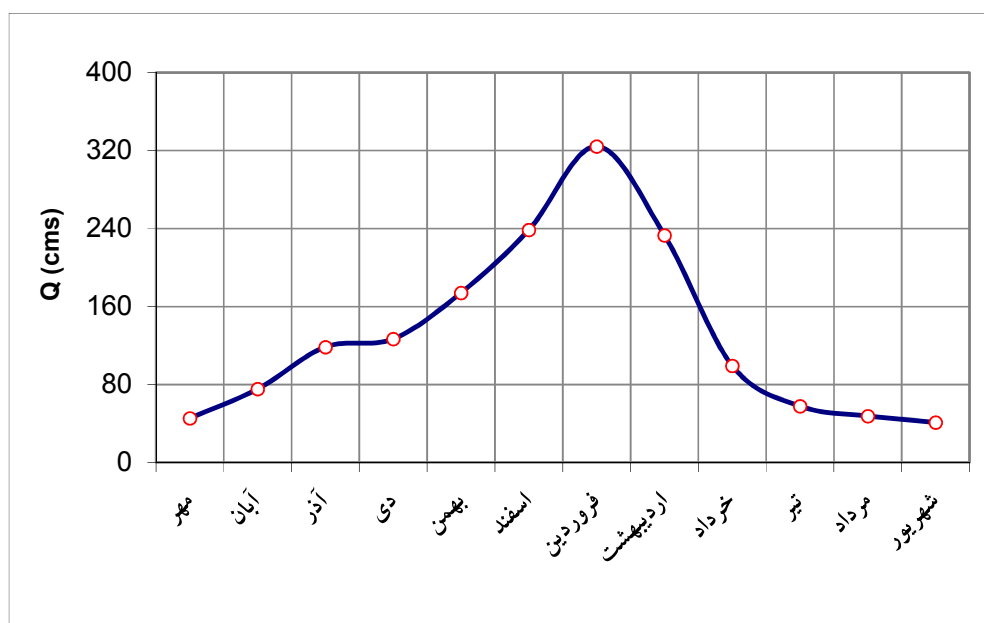
شکل ۱۱-۲: نوسانات دبی متوسط سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل



شکل ۱۱-۳: نوسانات دبی متوسط سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه



شکل ۱۱-۴: تغییرات دبی متوسط ماهیانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل



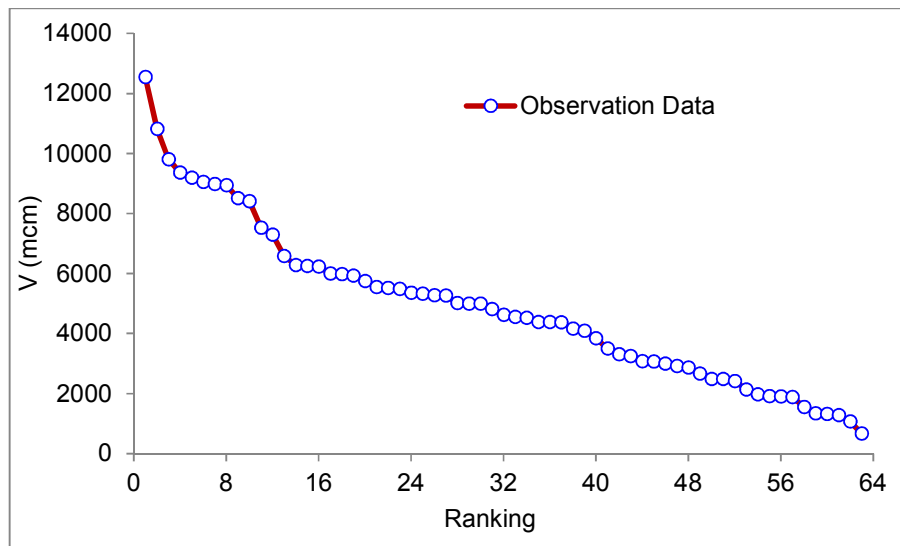
شکل ۱۱-۵: تغییرات دبی متوسط ماهیانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه

۱۱-۲- تحلیل دامنه و چندک‌های جریان سالانه

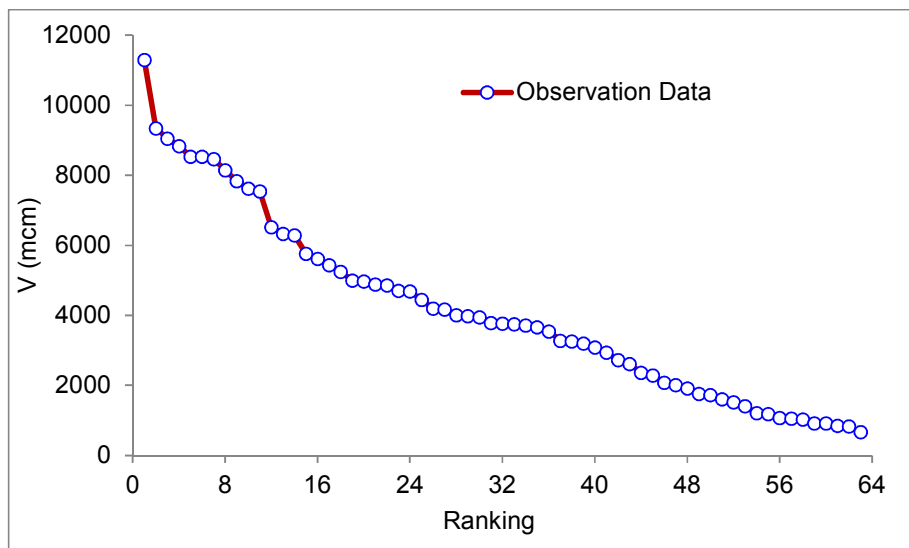
سری متوسط آبدهی سالانه سامانه کرخه در قالب ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه یعنی پای پل و حمیدیه مجدداً مورد توجه و تحلیل قرار گرفت. این سری بدون توجه به سال وقوع آن‌ها از لحاظ هیدرولوژیکی مرتب سازی شد به نحوی که بیشترین آبدهی رتبه اول و کمترین رتبه آخر تعلق گرفت. دامنه حجم جریان رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل بین ۶۷۵ تا ۱۲۵۴۸ و در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه بین ۶۶۷ تا ۱۱۲۹۸ میلیون مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.

منحنی تداوم جریان در واقع نشان دهنده رابطه بین فراوانی و مقدار دبی در چندک‌های مختلف است. به منظور تهیه منحنی تداوم حجم جریان سالانه در هر کدام از ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه به صورت نزولی، مرتب شده و در دستگاه مختصات دیکارتی روی محور عرض‌ها نمایش داده شد. در محور طول‌ها چندک‌های جریان نمایش داده شد. مقادیر چندک‌های جریان سالانه در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در شکل ۱۱-۶ تا شکل ۱۱-۹ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل‌ها ملاحظه می‌شود در ۷۲ درصد مواقع جریان سالانه رودخانه کرخه در محل پای پل کمتر از ۶ میلیارد مترمکعب است به عبارتی در ۲۸ درصد مواقع زمانی جریان سالانه از ۶ میلیارد مترمکعب تجاوز می‌کند. جریان سالانه ۸۰ و ۹۰ درصد مواقع، رودخانه کرخه در محل پای پل به ترتیب کمتر از $\frac{6}{7}$ و ۷ میلیارد مترمکعب است. همچنین جریان سالانه ۹۵ و ۹۸ درصد مواقع، رودخانه کرخه در محل پای پل به ترتیب کمتر از $\frac{9}{7}$ و ۱۲ میلیارد مترمکعب است، به عبارتی فقط در ۵ و ۲ درصد مواقع زمانی جریان سالانه از دو مقدار یاد شده تجاوز می‌کند.

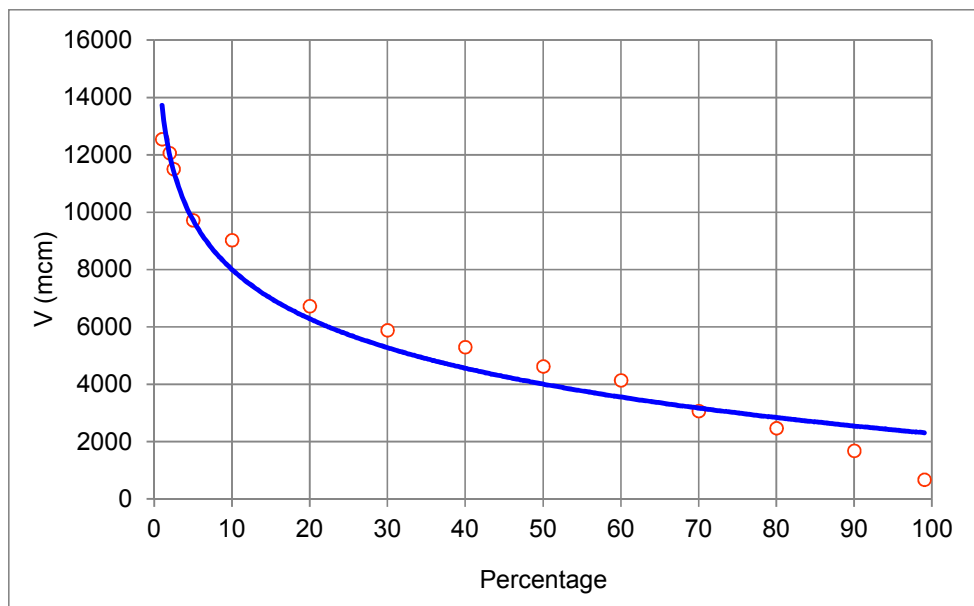
در ادامه رتبه‌های ۱ تا ۱۹ (۱۹ سال از ۶۳ سال) جریان سالانه مشاهداتی که بیشترین حجم جریان را دارند انتخاب و بین حجم جریان دو ایستگاه هیدرومتری پای پل و حمیدیه رگرسیون خطی برازش داده شد. (شکل ۱۱-۱۰) رابطه مورد بحث نشان می‌دهد که حدود ۱۰ درصد حجم جریان در این بازه مصرف یا تلف می‌شود.



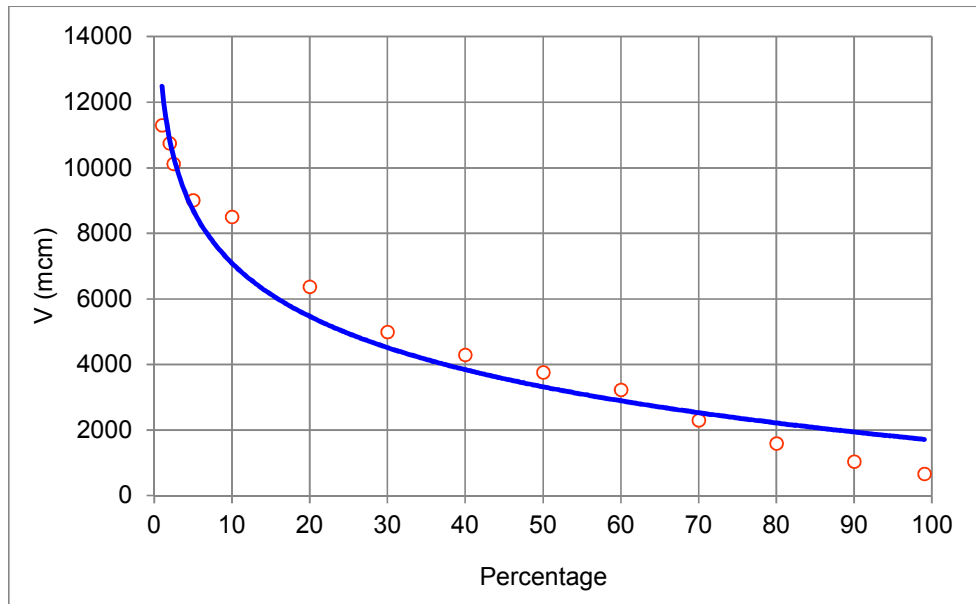
شکل ۱۱-۶: حجم جریان سالانه مرتب شده رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل



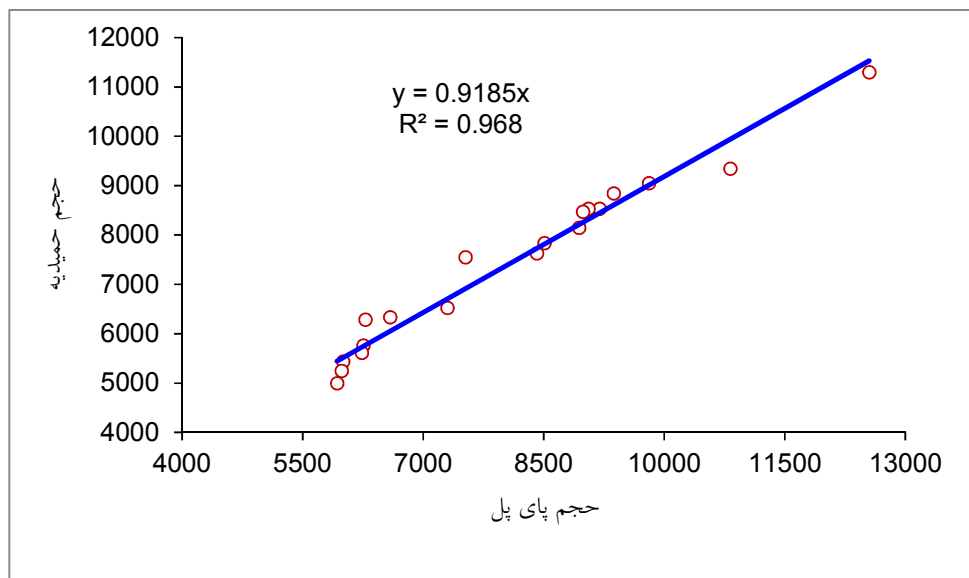
شکل ۷-۱۱: حجم جریان سالانه مرتب شده رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه



شکل ۸-۱۱: چندک‌های جریان سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل



شکل ۹-۱۱: چندک‌های جریان سالانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه



شکل ۱۰-۱۱: رابطه بین حجم جریان سال‌های پرآب رودخانه کرخه (میلیون مترمکعب)

۱۱-۲-هیدرولوژی سیلاب

به منظور بررسی سیلاب رودخانه کرخه مطابق با اهداف مطالعه از آمار سیلاب ثبت شده در دو ایستگاه هیدرومتری پای پل و حمیدیه استفاده شد. علیرغم این که دوره آماری هدف مطالعه ۶۳ سال منتهی به سال ۱۴۰۰ است اما سه سال اول دوره آمار برداری دبی حداکثر لحظه‌ای برداشت و ثبت نشده است.

۱۱-۲-۱-دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سیلاب و رتبه آن‌ها

در این بخش از مطالعه سیلاب دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های مورد مطالعه از سال آبی ۴۱-۱۳۴۰ تا سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ برای یک دوره آماری ۶۰ ساله استخراج شد. خوشبختانه در حوضه کرخه نواقص اندکی بود. نواقص آماری از طریق روابط رگرسیون (دبی حداکثر روزانه با دبی متناظر ایستگاه بالادست و دبی حداکثر لحظه‌ای با دبی حداکثر روزانه همان ایستگاه) و تطبیق ایستگاه‌های متوالی تکمیل شد (دو سال ابتدای جنگ تحمیلی ۶۱-۱۳۵۹). دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه به تفکیک و به طور منظم در جدول ۱۱-۵ منعکس شده است.

در ادامه سری زمانی ۶۰ ساله دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سیلاب رتبه بندی شده و سال وقوع آن‌ها مشخص شد. به بزرگترین سیلاب رتبه اول و به آخرین رتبه ۶۰ داده شد. رتبه دبی سیلابهای حداکثر لحظه‌ای در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در جدول ۱۱-۶ و نمونه‌ای از دبی سیلابهای مهم حداکثر لحظه‌ای مرتب شده در ایستگاه هیدرومتری پای پل و حمیدیه در شکل ۱۱-۱۱ و شکل ۱۱-۱۲ منعکس شده است. همانگونه که در جدول ملاحظه می‌شود:

- بزرگترین سیلاب ثبت شده رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل به مقدار ۵۲۲۲ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۵۳-۱۳۵۲ رخ داده است. سیلاب رتبه دوم به بزرگی ۴۹۷۸ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ و سیلاب رتبه سوم به بزرگی ۴۱۵۸ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۷۱-۱۳۷۰ در این رودخانه مشاهده شده است.
- بزرگترین سیلاب ثبت شده رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه به مقدار ۲۲۴۸ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۵۳-۱۳۵۲ رخ داده است. سیلاب رتبه دوم به بزرگی ۲۲۰۴ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ و سیلاب رتبه سوم به بزرگی ۱۸۶۳ مترمکعب در ثانیه و در سال آبی ۵۱-۱۳۵۰ در این رودخانه مشاهده شده است.
- بررسی سیلاب‌های با رتبه‌های اول تا دهم حوضه‌ها نشان می‌دهد که وقوع سیلاب‌ها به صورت تصادفی در سال‌های متفاوتی رخ داد اما بررسی سیلاب‌های با رتبه‌های پایین مثلاً ۵۰ تا ۶۰ نشان می‌دهد که همگی آن‌ها تقریباً در ده آخر دوره مورد مطالعه مصادف با خشکسالی‌های سال ۱۳۸۶ به بعد و دوره بهره‌برداری سد مخزنی کرخه می‌باشند.

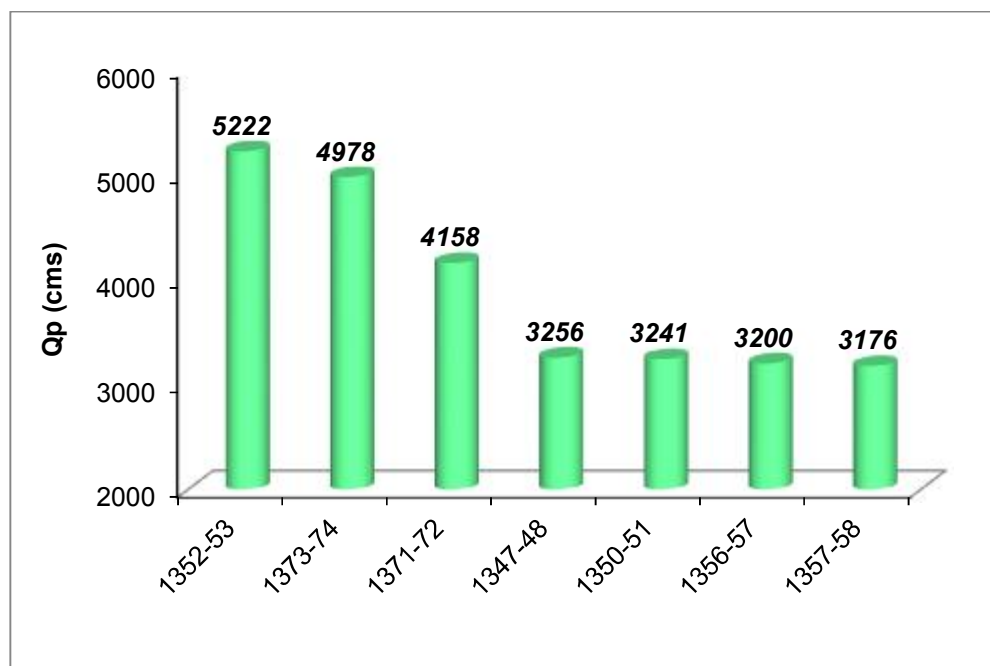
مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

جدول ۱۱-۵: دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه در ایستگاه‌های هیدرومتری پای پل و حمیدیه (متر مکعب بر ثانیه)

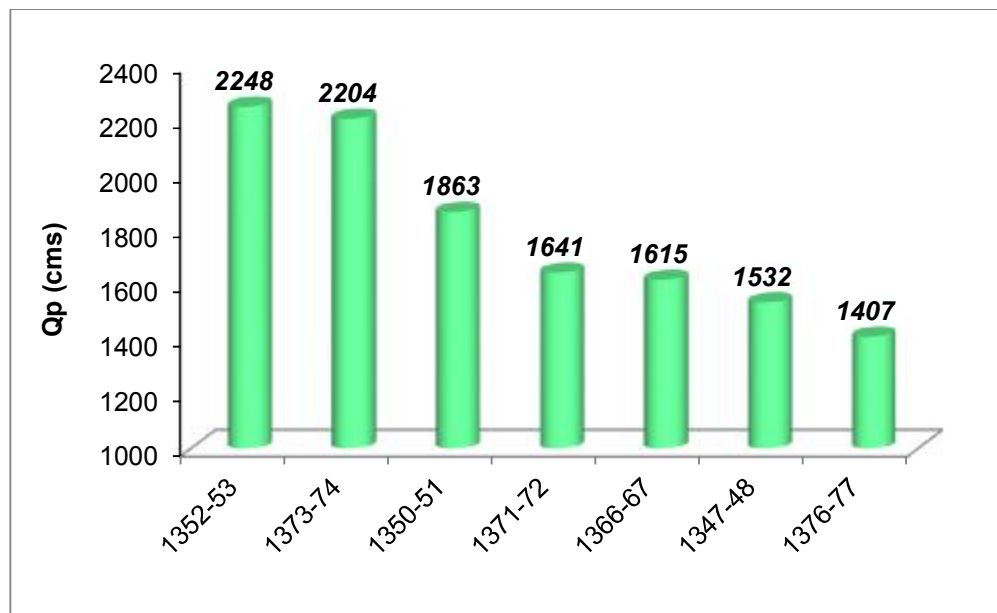
سال آبی	حمیدیه	پای پل	سال آبی	حمیدیه	پای پل	سال آبی	حمیدیه	پای پل
1340-41	661	970	1360-61	650	1295	1380-81	127	202
1341-42	982	2492	1361-62	522	1090	1381-82	224	595
1342-43	366	408	1362-63	416	678	1382-83	277	522
1343-44	777	2860	1363-64	1010	1728	1383-84	366	568
1344-45	943	2272	1364-65	1288	2383	1384-85	394	570
1345-46	170	306	1365-66	1171	1676	1385-86	360	550
1346-47	640	1436	1366-67	1615	2665	1386-87	165	286
1347-48	1532	3256	1367-68	920	1161	1387-88	123	170
1348-49	455	921	1368-69	1221	2588	1388-89	87	195
1349-50	1089	2539	1369-70	680	1464	1389-90	98	428
1350-51	1863	3241	1370-71	1332	2700	1390-91	95	154
1351-52	716	1686	1371-72	1641	4158	1391-92	371	280
1352-53	2248	5222	1372-73	1116	2306	1392-93	116	240
1353-54	786	1056	1373-74	2204	4978	1393-94	87	90
1354-55	1085	1992	1374-75	1397	2564	1394-95	267	394
1355-56	544	1185	1375-76	1380	2114	1395-96	142	227
1356-57	944	3200	1376-77	1407	1860	1396-97	138	233
1357-58	1372	3176	1377-78	567	1084	1397-98	1370	1829
1358-59	1281	2204	1378-79	291	578	1398-99	437	717
1359-60	909	1578	1379-80	447	225	1399-00	198	368

جدول ۱۱-۶: دبی حداکثر لحظه‌ای مرتب شده رودخانه کرخه (متر مکعب بر ثانیه)

رتبه	سال آبی	پای پل	حمیدیه	رتبه	سال آبی	پای پل	حمیدیه
1	1352-53	5222	2248	13	1349-50	2539	1089
2	1373-74	4978	2204	14	1341-42	2492	982
3	1371-72	4158	1641	15	1364-65	2383	1288
4	1347-48	3256	1532	16	1372-73	2306	1116
5	1350-51	3241	1863	17	1344-45	2272	943
6	1356-57	3200	944	18	1358-59	2204	1281
7	1357-58	3176	1372	19	1375-76	2114	1380
8	1343-44	2860	777	20	1354-55	1992	1085
9	1370-71	2700	1332	21	1376-77	1860	1407
10	1366-67	2665	1615	22	1397-98	1829	1370
11	1368-69	2588	1221	23	1363-64	1728	1010
12	1374-75	2564	1397	24	1351-52	1686	716



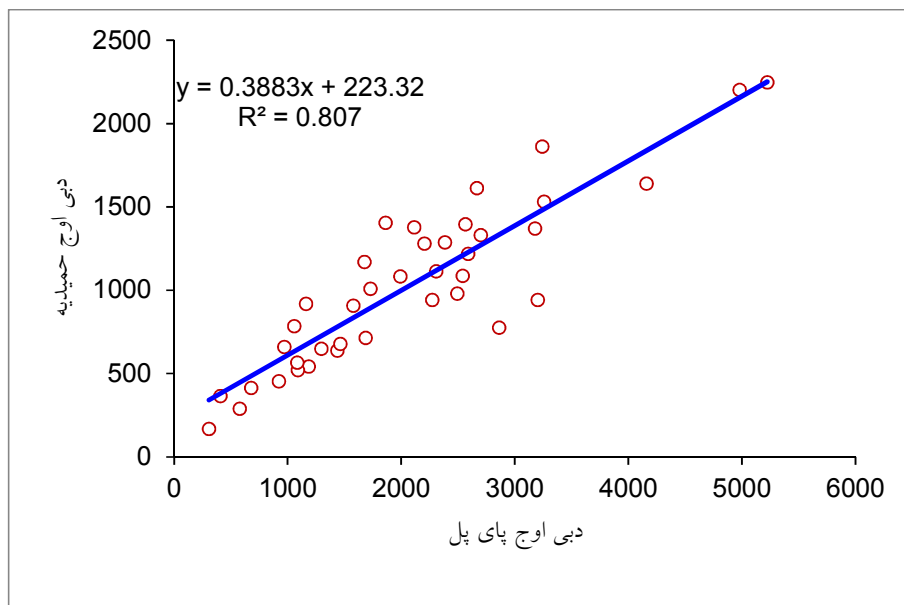
شکل ۱۱-۱۱: دبی‌های حداکثر لحظه‌ای مرتب شده رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری پای پل



شکل ۱۱-۱۲: دبی‌های حداکثر لحظه‌ای مرتب شده رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری حمیدیه

۱۱-۲-۲-۱-۲- رابطه بین دبی سیلابی در مسیر رودخانه کرخه

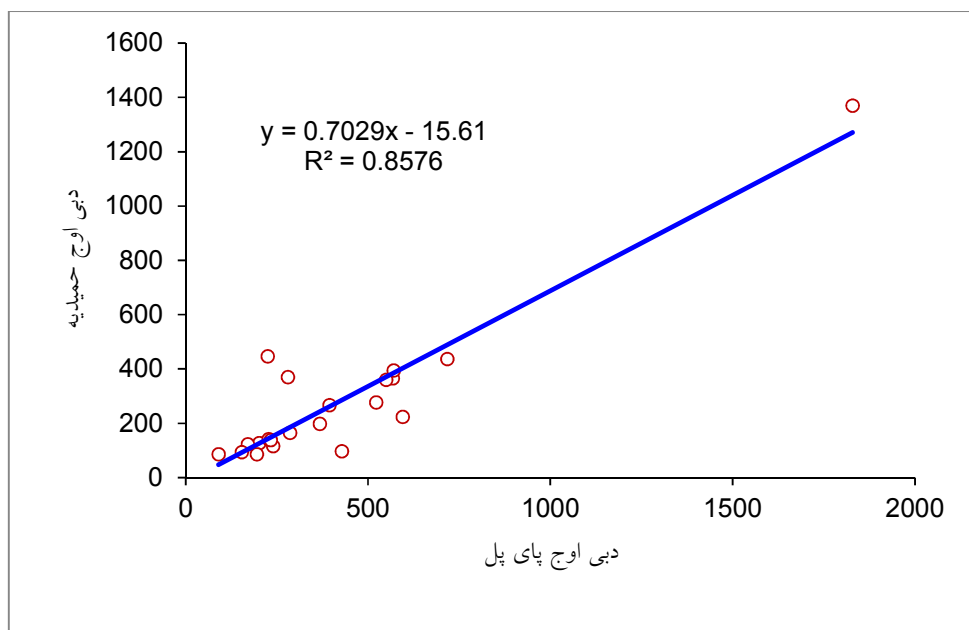
همانگونه که در ابتدای این بخش از گزارش عنوان شد؛ به منظور بررسی سیلاب رودخانه کرخه مطابق با اهداف مطالعه از آمار سیلاب ثبت شده در دو ایستگاه هیدرومتری پای‌پل و حمیدیه استفاده شد. طی دوره آماری ۳۹ سال دبی حداکثر لحظه‌ای قبل از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه و ۲۱ سال بعد از بهره‌برداری برداشت و ثبت شده است به منظور تعیین رابطه بین دبی سیلابی در مسیر رودخانه کرخه بین دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه در پای‌پل و حمیدیه رگرسیون خطی انجام داده شد. شکل ۱۱-۱۳ رابطه بین دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه در پای‌پل و حمیدیه قبل و بعد از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه را نشان می‌دهد. روابط مورد بحث گویای این واقعیت است که قبل از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه، هیدروگراف جریان حالت طبیعی داشته و در طی مسیر پای‌پل تا حمیدیه از دبی اوج کاسته می‌شود.



شکل ۱۱-۱۳-الف: رابطه بین دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه در پای پل و حمیدیه قبل از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه (مترمکعب بر ثانیه)

کاهش دبی اوج در دبی‌های کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه تا ۴۰ درصد و کاهش دبی سیلابی بالاتر از ۴۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه تا ۵۷ درصد رخ می‌داد. در دوره بعد از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه بدلیل تداوم دبی خروجی خاص، دبی اوج سیلاب در حمیدیه نسبت به پای پل فقط حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد.

داده‌های پشتیبان دبی سیلابی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱۱-۶ منعکس شده است. میزان کاهش دبی و استهلاک سیل ذکر شده در فوق از منحنی‌ها و روابط رگرسیون شکل ۱۱-۱۳-الف تا شکل ۱۱-۱۳-ب استخراج شده است.



شکل ۱۱-۱۳-ب: رابطه بین دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرخه در پای پل و حمیدیه بعد از بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه (مترمکعب بر ثانیه)

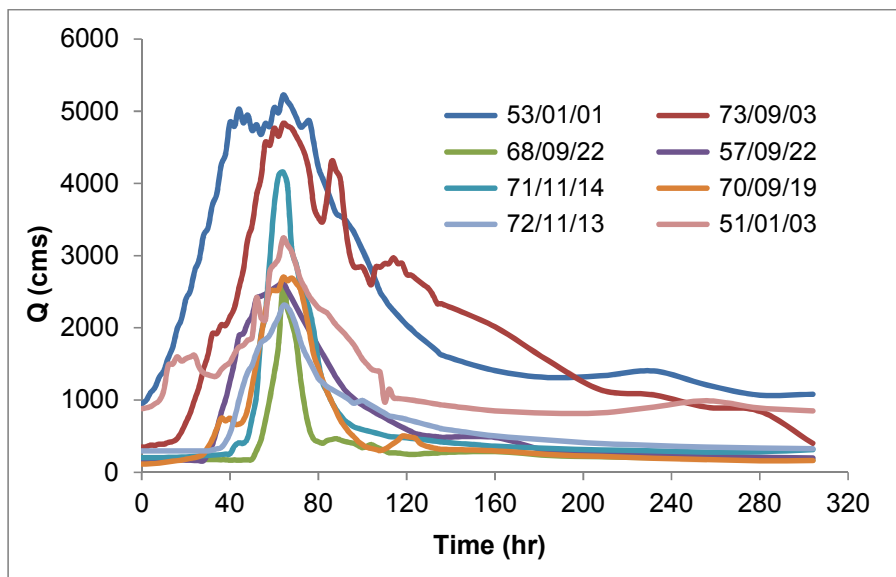
۱۱-۲-۳-هیدروگراف‌های سیلاب

به منظور بررسی هیدروگراف‌های سیلاب رودخانه کرخه، ابتدا کلیه سیلاب‌های ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری پای پل، با استفاده از قرائت‌های ساعتی سیلاب استخراج گردیده سپس بده اوج، زمان پایه و شکل آن‌ها مورد بررسی و کنترل قرار گرفت. تعدادی از هیدروگراف‌های تاریخی در جدول ۱۱-۷ و هیدروگراف‌های سیلاب و بی‌بُعد شده است (شکل ۱۱-۱۴ و شکل ۱۱-۱۵). در هیدروگراف سیلاب‌ها میزان تداوم سیلاب بین ۳ تا ۲۵ روز بوده، اما هیدروگراف سیلاب سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ بدلیل عملکرد سدهای مخزنی سیمره و کرخه دارای تداوم ۷۲ روز بوده است. دبی اوج هیدروگراف رتبه اول اسفند ماه ۱۳۵۲ برابر ۵۲۲۲ مترمکعب بر ثانیه که حجم معادل آن ۳۴۵۲ میلیون متر مکعب در طی تداوم ۲۵ روزه می‌باشد. دبی اوج هیدروگراف سیلاب فروردین ۱۳۹۸ برابر ۱۸۲۹ مترمکعب بر ثانیه که حجم معادل آن ۴۲۴۹ میلیون متر مکعب در طی تداوم ۷۲ روزه می‌باشد.

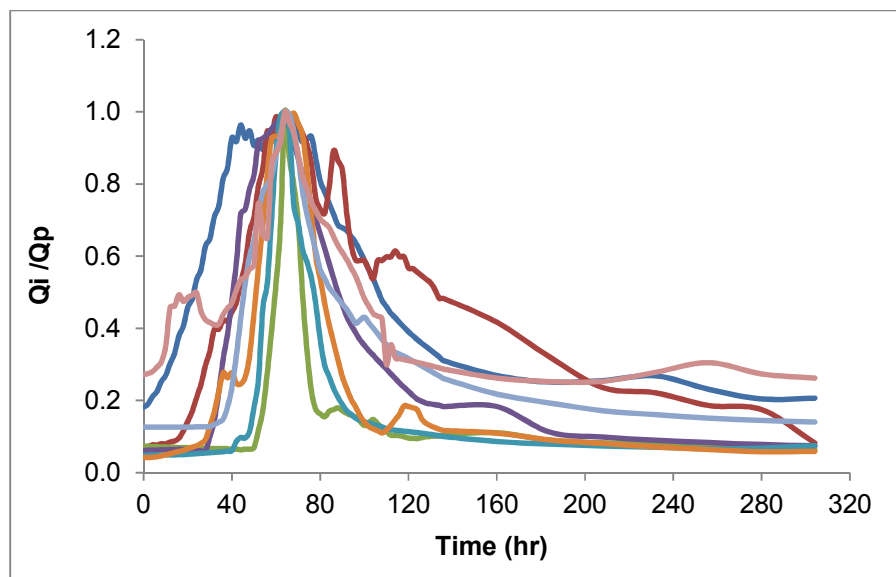
جدول ۷-۱۱: مشخصات هیدروگراف سیلاب‌های بزرگ رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری پای پل

V_t (mcm)	V_b (mcm)	V_{3day} (mcm)	V_{2day} (mcm)	V_{1day} (mcm)	Q_p (cms)	T_b (day)	پارامتر تاریخ / واحد
3452	1498	1183	889	499	5222	25.5	52/12/26
2040	378	952	686	425	4830	12.5	73/09/03
431	86	400	353	273	4158	4	71/11/14
1440	348	550	385	235	3256	17.5	47/10/30
1272	350	573	427	252	3241	11.5	51/01/03
331	164	247	201	145	2808	5.5	56/12/22
685	150	466	378	226	2630	10.5	57/09/22
346	194	346	307	220	2700	3	70/09/19
1959	1089	506	355	178	2665	18	66/12/14
191	60	179	154	120	2588	4	68/09/22
638	142	393	280	186	2370	9.5	75/01/04
274	75	274	232	146	2539	3	50/01/24
242	29	240	222	155	2383	3.4	64/09/28
4249	1742	415	281	142	1829	72	98/01/01

اضافه می شود در جدول فوق T_b زمان پایه هیدروگراف سیل، Q_p دبی اوج هیدروگراف سیل، V_{1day} حداکثر حجم یک روزه هیدروگراف سیل، V_{2day} حداکثر حجم دو روزه هیدروگراف سیل، V_{3day} حداکثر حجم سه روزه هیدروگراف سیل، V_b حجم پایه هیدروگراف سیل، V_t حجم کل هیدروگراف سیل می باشد.



شکل ۱۱-۱۴: هیدروگراف سیلاب‌های بزرگ رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری پای پل



شکل ۱۱-۱۵: هیدروگراف سیلاب‌های بزرگ رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری پای پل به صورت بی بعد

۱۱-۲-۴-سیلاب دبی حوضه میانی

حوضه میانی حد فاصل سد مخزنی کرخه تا عبدالخان؛ در برگیرنده سه زیر حوضه (علیا، میانی و سفلی) می‌باشد. موقعیت این زیرحوضه‌ها و رودخانه کرخه در شکل ۱۱-۱۶ نشان داده شده است. وسعت زیر حوضه‌ها بترتیب ۵۱۵، ۴۹۳ و ۲۳۸ کیلومتر مربع می‌باشند. این زیرحوضه‌ها فاقد شبکه رودخانه‌ای و زهکشی مناسب هستند و رواناب تولید یافته در آن‌ها به سختی وارد

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

رودخانه کرخه در بازه پای پل تا عبدالخان می‌شود. طول بازه مذکور ۸۳ کیلومتر و زمان تأخیر جریان سیلابی حدود ۲۴ ساعت می‌باشد.

به منظور شبیه سازی و محاسبه سیلاب حوضه میانی و ارتفاع قشر جریان سطحی از مدل شبیه ساز بارش - رواناب - HEC- HMS استفاده گردید. بعد از روشن شدن مشخصات هندسی زیرحوضه‌ها میزان بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه‌های هواشناسی پای پل و عبدالخان مورد تحلیل قرار گرفت، نتایج تحلیل در جدول ۱۱-۸ خلاصه شده‌اند.

جدول ۱۱-۸: میزان بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف (میلی متر)

ایستگاه/ دوره بازگشت (سال)	2	5	10	25	50	100
پای پل	50.0	69.7	82.7	99.2	111.4	123.5
عبدالخان	38.9	56.1	67.5	81.9	92.6	103.2



شکل ۱۱-۱۶: زیرحوضه‌های میانی رودخانه کرخه

میزان بارش زیرحوضه‌های علیا و سفلی معادل مقدار بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در ایستگاه‌های هواشناسی پای پل و عبدالخان منظور شد. برای زیرحوضه میانی، بین مقدار بارش زیرحوضه‌های علیا و سفلی میانگین گیری شد نتایج حاصله از شبیه سازی در جدول ۱۱-۹ تا جدول ۱۱-۱۰ خلاصه شده‌اند. اضافه می شود در جداول ذیل Q_{1day} دبی متوسط یک روزه هیدروگراف سیل، Q_{2day} دبی متوسط دو روزه هیدروگراف سیل، Q_{3day} دبی متوسط سه روزه هیدروگراف سیل و T_l زمان تاخیر نسبی هیدروگراف سیل می باشد.

جدول ۱۱-۹: پارامترهای هیدرولوژیکی زیرحوضه‌های میانی رودخانه کرخه

زیرحوضه	مساحت (km ²)	بارش (mm)	رواناب (mm)	حجم (mcm)	ضریب رواناب
Subbasin-1	515	123.5	35.7	18.37	0.29
Subbasin-2	493	113.4	30.4	15.01	0.27
Subbasin-3	238	103.2	25.8	6.15	0.25
Sum/Ave.	1246	115.6	31.7	39.52	0.27

جدول ۱۱-۱۰: دبی متوسط یک تا ۳ روزه زیرحوضه‌های میانی رودخانه کرخه

زیرحوضه	مساحت (km ²)	T_l relative (hr)	Q_{1day} (cms)	Q_{2day} (cms)	Q_{3day} (cms)
Subbasin-1	515	16.5	213	106	71
Subbasin-2	493	1.5	174	87	58
Subbasin-3	238	0.0	71	36	24
Sum (routing)	1246	-	309	192	136
V (mcm)	-	-	27	33	35

همانگونه که در جداول و شکل‌های فوق‌الذکر ملاحظه می‌شود، مساحت، بارش و حتی رواناب تولیدی طی ۲۴ ساعته در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله قابل ملاحظه و اعتنا است. قشر خالص جریان سطحی تولیدی حدود ۳۲ میلی متر و حجم آن حدود ۴۰ میلیون مترمکعب طی ۲۴ ساعت بحرانی (شدیدترین بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله) می‌باشد اما بدلیل ذیل دبی و جریان جانبی تولیدی به رودخانه کرخه در بازه مورد بحث به راحتی و همزمان وارد رودخانه نمی‌شود:

✓ زیرحوضه‌های حد فاصل سد کرخه تا عبدالخان به لحاظ فیزیوگرافیک فاقد شبکه رودخانه‌ای و زهکشی می‌باشد. به عبارتی پتانسیل رواناب تولیدی بیشتر از ظرفیت شبکه رودخانه‌ای و زهکشی زیرحوضه‌ها است که این امر به زمان ماند بیشتر قشر خالص جریان سطحی در درون زیرحوضه‌ها می‌انجامد و تلفات (چالاب، نفوذ و تبخیر) را افزایش می‌دهد.

✓ وجود سیل بندها، جاده‌ها و کانال پای پل به مثابه یک دیواره حایل عمل کرده و از ورود دبی جانبی به رودخانه کرخه در بازه مورد بحث ممانعت می‌کند.

✓ زمان تأخیر نسبی الحاق جریان رودخانه‌ای نشان می‌دهد که در زمان صفر (نسبی) جریان زیرحوضه ۳ یا سفلی خارج می‌شود و پس از ۹۰ دقیقه‌ای دیگر جریان زیرحوضه ۲ و متعاقب آن‌ها بعد از حدود ۱۶ ساعت دیگر دبی خروجی زیرحوضه ۱ یا علیا به آن‌ها ملحق می‌شود. این امر باعث شده جریان تولیدی بلحاظ دبی (نه حجم) در طول بازه با یک زمان تأخیری حرکت نماید. از لحاظ حجم انباشت، جریان سه زیرحوضه به طور نسبی با توجه به زمان تأخیر ترکیب می‌شود.

✓ در مواقع سیلاب مخصوصاً ابتدای آن فرض مسطح بودن پروفیل سطح آب نادرست است و پروفیل سطح آب خطی غیر مسطح است، بنابراین ذخیره رودخانه‌ای در طول اوج گیری سیل و نیز ذخیره کاهش یافته دوره فروکش وجود دارد.

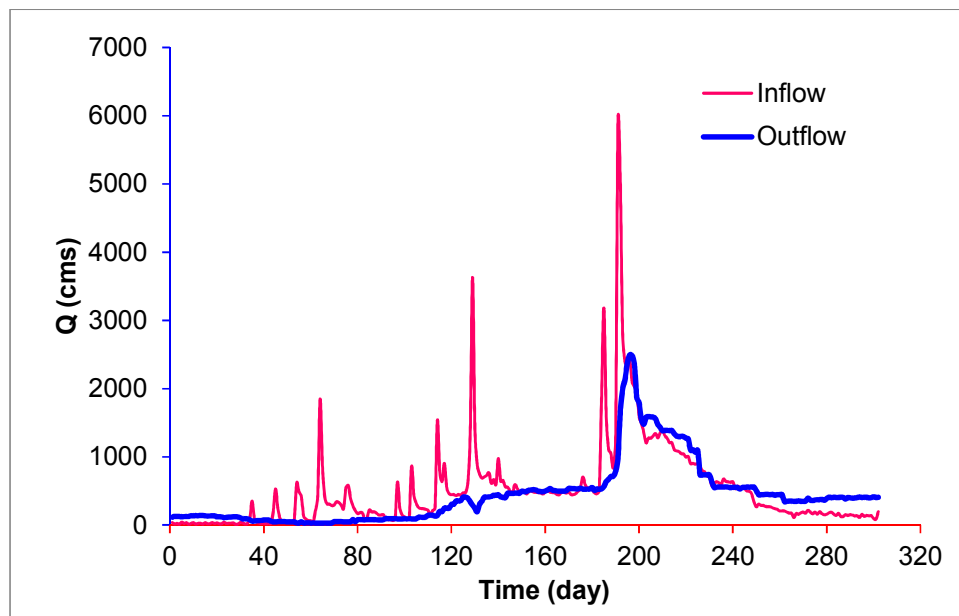
حجم انباشت یا ذخیره جریان منشوری در طول بازه به ازای نیم متر (یک متر در ابتدای بازه و صفر در انتهای بازه یا صفر در ابتدای بازه و یک متر در انتهای بازه) حدود ۹ میلیون مترمکعب در روز می‌باشد.

ملاحظه مجدد نتایج درج شده در جداول و نکات مهم فوق دبی حوضه میانی پایین دست سد کرخه در بازه مورد بحث ناشی از بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله حدود ۱۹۲ مترمکعب بر ثانیه و تداوم دو روزه و حجم حدود ۳۳ میلیون مترمکعب برآورد شده است. این دبی از نظر مقدار و کمیت در حد دبی پایه و دبی ایمن رودخانه می‌باشد، از لحاظ زمانی نیز با توجه به تأخیر طبیعی جریان توسط حوضه آبریز بالادست کرخه و ایجاد تأخیر توسط سدهای مخزنی سیمره و کرخه علاءالقاعده زودتر از منطقه طرح خارج می‌شود اما اثر آن بر دبی پایه رودخانه تا ۲۴ ساعت دیگر و به میزان حدود ۵۸ مترمکعب در ثانیه باقی مانده و بعد از آن میرا می‌شود. به عبارتی میزان دبی ذکر شده طی ۲۴ ساعت دیگر کاملاً مستهلک و اثر حوضه میانی بعد از آن به مقدار صفر نزدیک می‌شود.

۱۱-۲-۵- بررسی سیلاب سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ رودخانه کرخه

الف) ورودی‌ها و خروجی‌های سد مخزنی کرخه

سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ رودخانه کرخه یک سال پرآب و سیلابی بوده (در حالت جریان طبیعی رتبه اول به لحاظ حجم و دبی اوج سیلاب را به خود اختصاص می‌دهد) و علی‌رغم وجود سدهای مخزنی بزرگ سیمره و کرخه در سیلاب فروردین ماه سال ۱۳۹۸ با افزایش خروجی سد مخزنی کرخه و شکست سیل‌بندها، جریان به سیلاب دشت و گستره‌های سیل به وسعت حدود ۸۱۶ کیلومتر مربع انتقال و وارد شد. جریان پایه رودخانه‌ای و بخشی از جریان سیلابی از طریق مسیل‌ها و خط القعرهای طبیعی به صورت مستقیم وارد تالاب هورالعظیم (بخش ایرانی و عراقی تالاب) گردید و بخشی از جریان سیلابی در گستره‌های سیلابی نفوذ، ذخیره و نهایتاً تبخیر گردید. شکل ۱۱-۱۷ هیدروگراف ورودی و خروجی به سد مخزنی کرخه از ابتدای سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ یعنی از اول مهر ماه ۱۳۹۷ تا آخر تیر ماه ۱۳۹۸ به مدت ۳۰۳ روز را نشان می‌دهد. میزان خروجی در این دوره زمانی به طور متوسط ۴۴۵ متر مکعب بر ثانیه و معادل حجم ۱۱/۷ میلیارد متر مکعب می‌باشد.



شکل ۱۱-۱۷: هیدروگراف جریان ورودی و خروجی مخزن سد کرخه از ابتدای سال آبی

همانگونه که در شکل فوق ملاحظه می‌شود در این سال آبی از آذر ماه تا اردیبهشت ماه سیلاب‌های متعددی وارد سد مخزنی کرخه شده که بزرگترین و آخرین آن‌ها در فروردین ماه ۱۳۹۸ رخ داد. سیل فروردین به ناچار منجر به خروجی بیش از دبی ایمن رودخانه در پایین دست از سوم فروردین تا آخر اردیبهشت ۱۳۹۸ گردید. طی این بازه زمانی ۶۰ روزه حدود ۶ میلیارد متر مکعب معادل دبی متوسط ۱۱۶۸ متر مکعب در ثانیه از سد خارج گردید. اضافه می‌شود که دبی حداکثر خروجی در روز هفدهم فروردین ۱۳۹۸ و به میزان ۲۴۹۲ متر مکعب در ثانیه رخ داد. همانگونه که اشاره شد در این بازه زمانی دبی خروجی سد از دبی ایمن رودخانه کرخه در پایین دست یعنی رقم ۵۱۲ متر مکعب در ثانیه بیشتر بود و باعث ایجاد خسارت در گستره‌ای به مساحت بیش از ۸۱ هزار هکتار گردید.

ب) سیلاب مشاهداتی در ایستگاه‌های هیدرومتری مینا

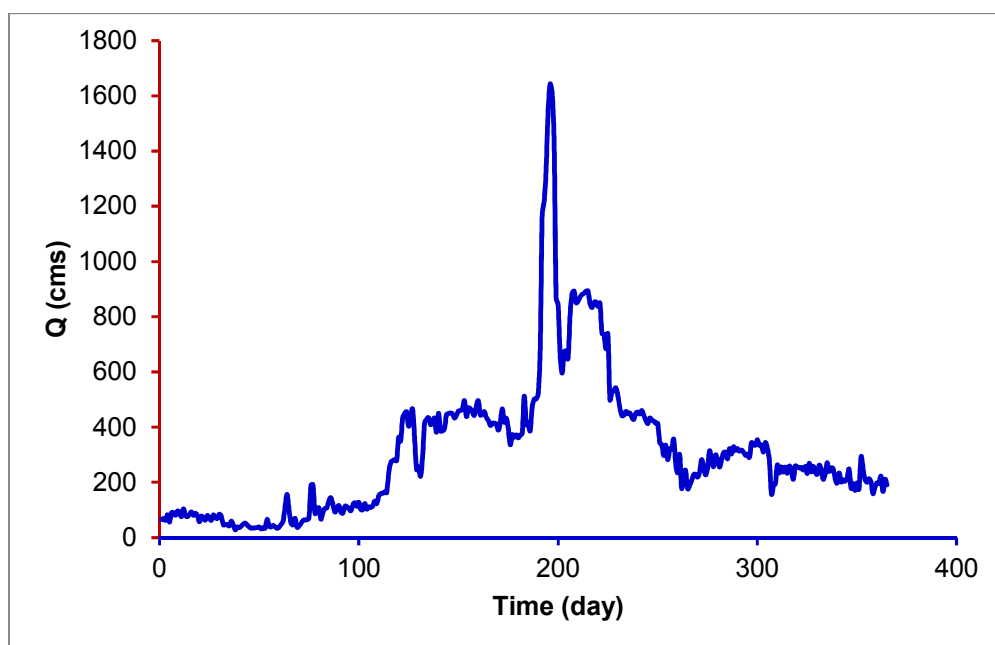
همانگونه که در بند پیش اشاره شد؛ سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ یک سال آبی تر و سیلابی بوده است که رتبه اول آبدهی و سیلاب‌های تاریخی را به خود اختصاص داده است. بررسی سیلاب‌های رخ داده در حوضه کرخه بیانگر رخداد سیلاب‌های بزرگ در این حوضه می‌باشد به نحوی که بزرگترین سیلاب ثبت شده رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای‌پل در طول دوره آماری به مقدار ۵۲۲۲ متر مکعب در ثانیه در سال آبی ۵۳-۱۳۵۲ قبل از احداث سد مخزنی کرخه رخ داده است. در سیلاب فروردین ۱۳۹۸ دبی حداکثر لحظه‌ای با توجه به دبی حداکثر روزانه (بدون اثر سدها) برآورد شده که میزان دبی حداکثر لحظه‌ای برابر ۷۶۹۵ متر مکعب بر ثانیه برآورد گردید که بیانگر عدم وقوع سیلاب با این بزرگی در حوضه می‌باشد و لذا این سیلاب رتبه اول سیلاب‌ها در حوضه کرخه را جایجا و از آن خود نموده است. بررسی هیدروگراف‌های سیل طی دوره مطالعاتی نشان داد که تداوم آن‌ها بین ۳ تا ۲۵ روز و هیدروگراف شاخص دارای تداوم ۱۲/۷ روز می‌باشد. اما واقعه سیل فروردین ۱۳۹۸ در بالادست سد حدود ۴۰ روز طول کشید. به نحوی که سیلاب فروردین ۱۳۹۸ در روز چهارم با دبی پایه ۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه آغاز و بعد از تداوم

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در
حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

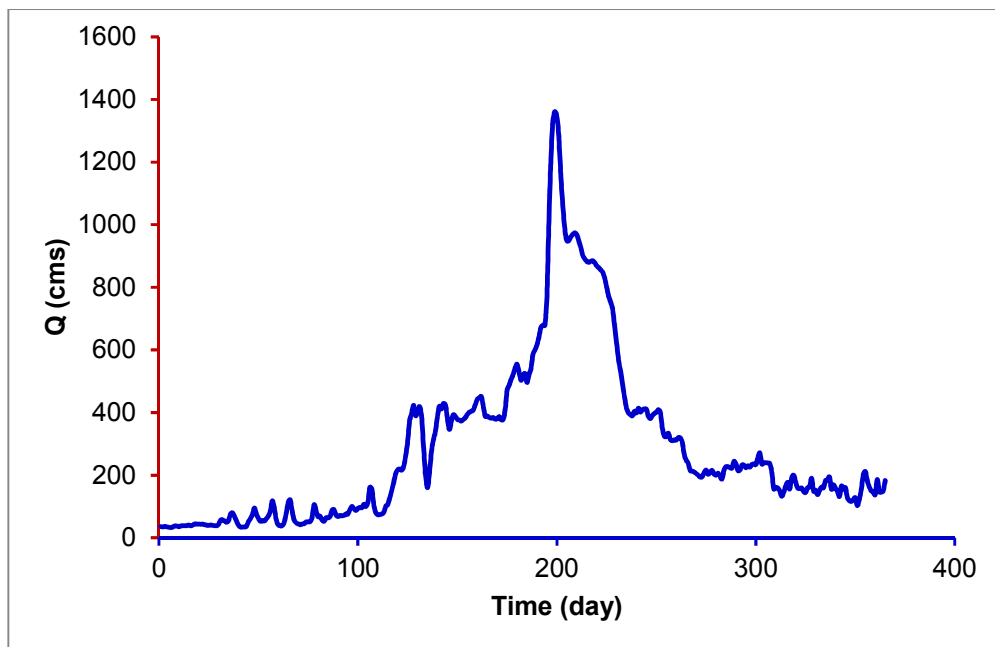
۴۰ روزه به سختی با دبی حدود ۹۰۰ مترمکعب بر ثانیه فروکش نمود. شرح فوق مربوط به سیلاب کرخه در بالادست و ورودی به سد مخزنی کرخه است. سد بخش بزرگی از سیلاب را ذخیره و بخشی را تسکین و رها سازی کرد. بخش عمده تخلیه آن حدود ۷۲ روز طول کشید که سیلاب پایین دست را تشکیل داد.

هیدروگراف جریان سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ و هیدروگراف سیلاب فروردین ۱۳۹۸ در ایستگاههای هیدرومتری پایین دست سد مخزنی کرخه یعنی پای پل و حمیدیه در شکل ۱۱-۱۸ تا شکل ۱۱-۲۳ ارائه شده‌اند.

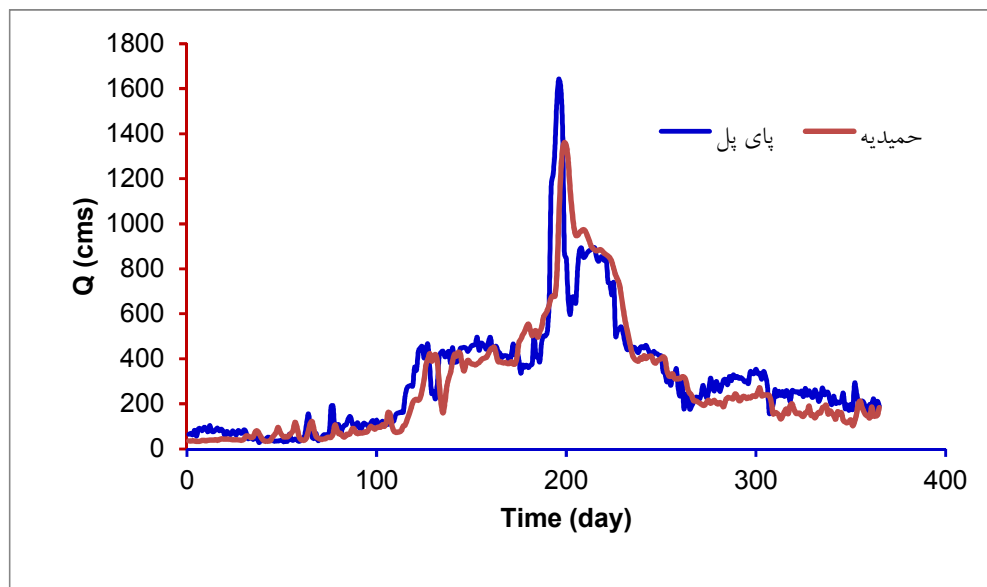
حجم جریان سالانه سال آبی مورد بحث در ایستگاههای هیدرومتری پای پل و حمیدیه به ترتیب ۹۷۹۵ و ۹۰۶۰ میلیون مترمکعب بود و حجم جریان گذر یافته هیدروگراف سیلاب مورد بحث در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه در مدت ۷۲ روز برابر ۴۴۴۹ میلیون مترمکعب می‌باشد.



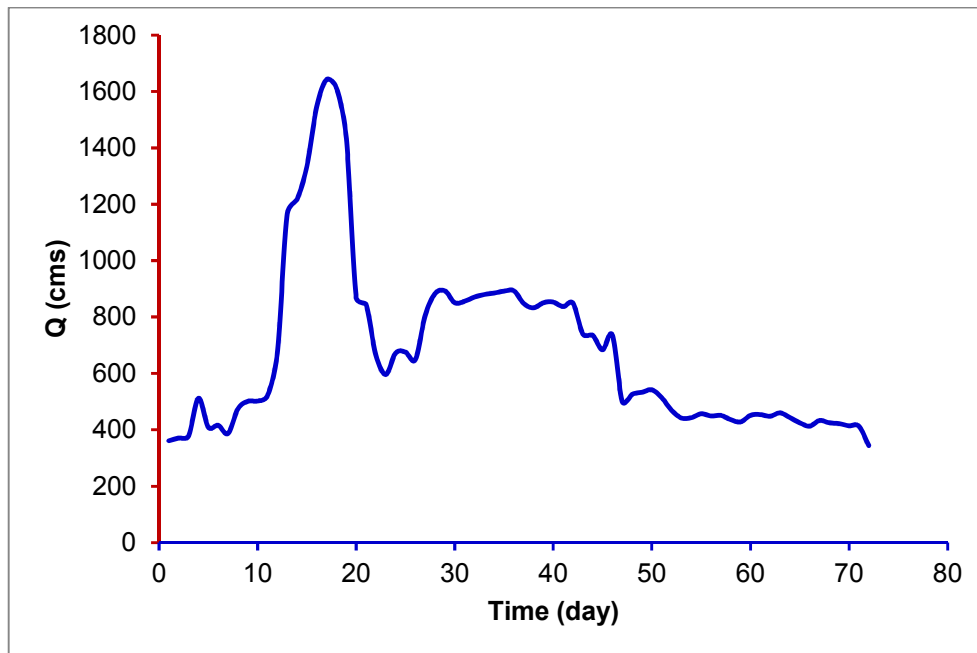
شکل ۱۱-۱۸: هیدروگراف جریان روزانه رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری پای پل طی سال آبی ۹۸-۱۳۹۷



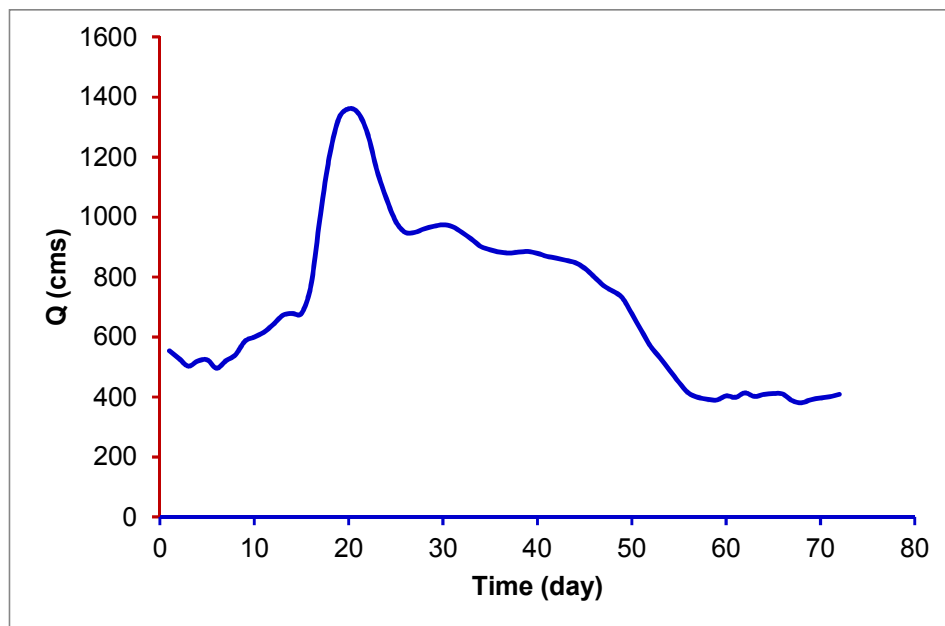
شکل ۱۱-۱۹: هیدروگراف جریان روزانه رودخانه کرخه ایستگاه هیدرومتری حمیدیه طی سال آبی ۹۸-۱۳۹۷



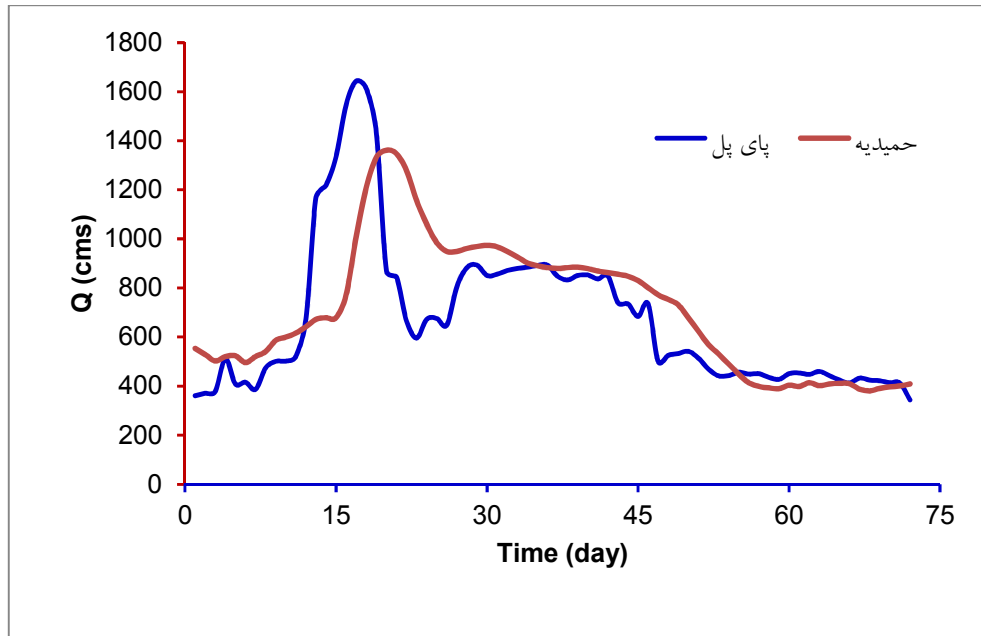
شکل ۱۱-۲۰: هیدروگراف جریان روزانه رودخانه کرخه در پایین دست سد مخزنی کرخه طی سال آبی ۹۸-۱۳۹۷



شکل ۱۱-۲۱: هیدروگراف جریان سیلاب روزانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل
(از اول فروردین ماه ۱۳۹۸ تا ۱۰ خرداد ماه)



شکل ۱۱-۲۲: هیدروگراف جریان سیلاب روزانه رودخانه کرخه در ایستگاه هیدرومتری پای پل
(از اول فروردین ماه ۱۳۹۸ تا ۱۰ خرداد ماه)



شکل ۱۱-۲۳: هیدروگراف جریان سیلاب روزانه رودخانه کرخه در پایین دست سد مخزنی کرخه (از اول فروردین ماه ۱۳۹۸ تا ۱۰ خرداد ماه)

ج) نقاط شکست و سرریز جریان

سیلاب فروردین ۱۳۹۸ رودخانه کرخه یک سیلاب تاریخی بود که دبی اوج خروجی سد مخزنی به بیش از ۲۴۰۰ مترمکعب بر ثانیه رسید. با استفاده از تجارب و مشاهدات میدانی این سیلاب تاریخی، تصاویر ماهواره‌ای زمان وقوع سیل، تعداد ۱۶ محل شکست رودخانه برای دبی‌های بالاتر از ۴۲۰ مترمکعب مشخص گردید. (جدول ۱۱-۱۱)

جدول ۱۱-۱۱: مشخصات نقاط شکست/سرریز رودخانه کرخه در پایین دست سد

ردیف	محل	طول (متر)	X	Y	دبی* (cms)	سمت جریان
1	خویس	30	240185	3547556	1200	راست
2	موزان	20	247610	3528704		چپ
3	عشیره خلف	15	260398	3514117		چپ
4	بروایه	100	271608	3501815	980	راست
5	خسرج خلف	50	269233	3502907		چپ
6	حمدان سلجه	100	267665	3499358		چپ
7	سید نعیم	30	249899	3484808	870	پایین
8	جرگه سیدعلی	50	245833	3488183		بالا
9	شاکریه	250	242463	3492259	680	بالا
10	سبحانیه	20	236303	3494897		بالا
11	قدرت آباد	20	219295	3505910	540	پایین
12	سابله	10	212002	3509416		پایین
13	رفیع ۲	40	203357	3500682	420	پایین
14	رفیع ۱	50	211560	3499036		بالا
15	البوعفراوی	35	228965	3493104		بالا
16	کریشیه	15	219652	3491742		پایین

طی سیلاب تاریخی فروردین ۱۳۹۸، در بازه‌های رودخانه‌ای پایین دست سد با شکست سیل‌بند، جریان به سیلاب دشت و گستره‌های سیل به وسعت حدود ۸۴۰ کیلومتر مربع انتقال و وارد شد. جریان پایه رودخانه‌ای و بخشی از جریان سیلابی از طریق مسیل‌ها و خط القعرهای طبیعی به صورت مستقیم وارد (بخش ایرانی و عراقی تالاب) تالاب هورالعظیم گردید و بخشی از جریان سیلابی در گستره‌های سیلابی نفوذ، ذخیره و نهایتاً تبخیر گردید.

۱۱-۲-۶-مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

همانگونه که قبلاً اشاره شد؛ سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ یک سال آبی تر و سیلابی بوده است که رتبه اول آبدهی و سیلاب‌های تاریخی را به خود اختصاص داده است. واقعه سیل فروردین ۱۳۹۸ در بالادست سد حدود ۴۰ روز طول کشید. به نحوی که سیلاب فروردین ۱۳۹۸ در روز چهارم با دبی پایه ۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه آغاز و بعد از تداوم ۴۰ روزه به سختی با دبی حدود ۹۰۰ مترمکعب بر ثانیه فروکش نمود. سد مخزنی کرخه و سیمره بخش بزرگی از سیلاب را ذخیره و بخشی را تسکین و رها سازی کردند. در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه تداوم سیلاب ناشی از خروجی سد مخزنی کرخه حدود ۸۰ روز طول کشید که سیلاب ورودی به تالاب هورالعظیم را تشکیل می دهد.

در جدول ۱۱-۱۲ مشخصات نقاط جریان ورودی به تالاب و زهکشها منعکس و در جدول ۱۱-۱۳ و شکل ۱۱-۲۴ تا شکل ۱۱-۲۷ مقادیر عددی و هیدروگرافهای ورودی به تالاب ارائه شده است.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میدین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله

لازم به ذکر است که سیلاب در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه از تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۲۷ با دبی ۳۷۸ مترمکعب بر ثانیه شروع و در تاریخ ۱۳۹۸/۰۳/۱۱ خاتمه یافته است. دبی اوج این سیلاب برابر ۱۳۶۱ متر مکعب بر ثانیه و حجم تداوم ۸۱ روزه آن معادل ۴۸۰۱ میلیون مترمکعب است.

این هیدروگراف سیلاب مطابق وزن هر یک از شاخه‌ها به ۱۷ هیدروگراف ورودی به تالاب مجزا گردید. ورودی‌های شماره ۱۸ و ۱۹ مربوط به زهکشهای ورودی به مخازن ۴ و ۵ تالاب می‌باشند و حجم آنها نسبت به حجم سیلاب ورودی ناچیز و در حدود ۲/۷ درصد می‌باشد.

جدول ۱۱-۱۲: مشخصات نقاط جریان ورودی به تالاب

Y2	X2	Width	Y1	X1	Name	ID
3521154	204767	70	3521180	204675	شاکریه	1
3520744	205075	40	3520784	205075	اصیبیعیه	1
3520021	205125	21	3520042	205125	عبیاوی	2
3515927	204710	13	3515940	204710	دبیه بالا	3
3514525	204907	12	3514537	204907	دبیه پایین	4
3514158	204591	21	3514179	204591	ساهدندی ۱	5
3513119	203831	16	3513135	203831	ساهدندی ۲	6
3512406	203585	10	3512416	203585	ساهدندی ۳	7
3511250	203291	16	3511266	203291	سعیدیه ۱	8
3508614	202807	7	3508621	202807	سعیدیه ۲	9
3508142	203036	10	3508152	203036	سعیدیه ۳	10
3507244	203540	30	3507274	203540	سابله	11
3501845	202850	15	3501860	202850	نیسان ۱	12
3501699	202808	25	3501724	202808	نیسان ۲	13
3497406	202398	28	3497434	202398	مشیمشیه ۱	14
3495658	202438	12	3495670	202438	مشیمشیه ۲	15
3492714	201861	17	3492731	201861	جراحیه	16
3489430	201306	13	3489443	201306	ام یزع	17
3462791	203376	70	3462861	203376	زهکش emd	18
3437959	200085	80	3438039	200085	زهکش نیشکر	19

جدول ۱۱-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q6(t)	Q5(t)	Q4(t)	Q3(t)	Q2(t)	Q1(t)	time(day)
7.6	3.8	7.6	7.6	18.9	94.5	1
8.2	4.1	8.2	8.2	20.5	102.3	2
9.4	4.7	9.4	9.4	23.6	118.0	3
9.7	4.9	9.7	9.7	24.4	121.8	4
10.1	5.1	10.1	10.1	25.3	126.5	5
10.4	5.2	10.4	10.4	26.1	130.3	6
10.8	5.4	10.8	10.8	27.1	135.5	7
11.1	5.5	11.1	11.1	27.7	138.5	8
10.6	5.3	10.6	10.6	26.5	132.3	9
10.1	5.0	10.1	10.1	25.2	125.8	10
10.4	5.2	10.4	10.4	26.0	130.0	11
10.5	5.2	10.5	10.5	26.2	131.0	12
9.9	5.0	9.9	9.9	24.8	124.0	13
10.4	5.2	10.4	10.4	26.1	130.3	14
10.8	5.4	10.8	10.8	27.1	135.3	15
11.7	5.9	11.7	11.7	29.3	146.5	16
12.0	6.0	12.0	12.0	30.0	150.0	17
12.3	6.2	12.3	12.3	30.8	154.0	18
12.8	6.4	12.8	12.8	32.1	160.5	19
13.4	6.7	13.4	13.4	33.6	168.0	20
13.6	6.8	13.6	13.6	34.0	169.8	21
13.6	6.8	13.6	13.6	34.0	169.8	22
15.4	7.7	15.4	15.4	38.6	193.0	23
20.2	10.1	20.2	20.2	50.4	252.0	24
24.2	12.1	24.2	24.2	60.5	302.3	25
26.6	13.3	26.6	26.6	66.6	333.0	26
27.2	13.6	27.2	27.2	68.1	340.3	27

ادامه جدول ۱۱-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q12(t)	Q11(t)	Q10(t)	Q9(t)	Q8(t)	Q7(t)	time(day)
37.8	60.5	3.8	7.6	7.6	7.6	1
40.9	65.4	4.1	8.2	8.2	8.2	2
47.2	75.5	4.7	9.4	9.4	9.4	3
48.7	77.9	4.9	9.7	9.7	9.7	4
50.6	81.0	5.1	10.1	10.1	10.1	5
52.1	83.4	5.2	10.4	10.4	10.4	6
54.2	86.7	5.4	10.8	10.8	10.8	7
55.4	88.6	5.5	11.1	11.1	11.1	8
52.9	84.6	5.3	10.6	10.6	10.6	9
50.3	80.5	5.0	10.1	10.1	10.1	10
52.0	83.2	5.2	10.4	10.4	10.4	11
52.4	83.8	5.2	10.5	10.5	10.5	12
49.6	79.4	5.0	9.9	9.9	9.9	13
52.1	83.4	5.2	10.4	10.4	10.4	14
54.1	86.6	5.4	10.8	10.8	10.8	15
58.6	93.8	5.9	11.7	11.7	11.7	16
60.0	96.0	6.0	12.0	12.0	12.0	17
61.6	98.6	6.2	12.3	12.3	12.3	18
64.2	102.7	6.4	12.8	12.8	12.8	19
67.2	107.5	6.7	13.4	13.4	13.4	20
67.9	108.6	6.8	13.6	13.6	13.6	21
67.9	108.6	6.8	13.6	13.6	13.6	22
77.2	123.5	7.7	15.4	15.4	15.4	23
100.8	161.3	10.1	20.2	20.2	20.2	24
120.9	193.4	12.1	24.2	24.2	24.2	25
133.2	213.1	13.3	26.6	26.6	26.6	26
136.1	217.8	13.6	27.2	27.2	27.2	27

ادامه جدول ۱۱-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q19(t)	Q18(t)	Q17(t)	Q16(t)	Q15(t)	Q14(t)	Q13(t)	time(day)
10.0	9.0	11.3	11.3	7.6	7.6	75.6	1
10.0	9.0	12.3	12.3	8.2	8.2	81.8	2
10.0	9.0	14.2	14.2	9.4	9.4	94.4	3
10.0	9.0	14.6	14.6	9.7	9.7	97.4	4
10.0	9.0	15.2	15.2	10.1	10.1	101.2	5
10.0	9.0	15.6	15.6	10.4	10.4	104.2	6
10.0	9.0	16.3	16.3	10.8	10.8	108.4	7
10.0	9.0	16.6	16.6	11.1	11.1	110.8	8
10.0	9.0	15.9	15.9	10.6	10.6	105.8	9
10.0	9.0	15.1	15.1	10.1	10.1	100.6	10
10.0	9.0	15.6	15.6	10.4	10.4	104.0	11
10.0	9.0	15.7	15.7	10.5	10.5	104.8	12
10.0	9.0	14.9	14.9	9.9	9.9	99.2	13
10.0	9.0	15.6	15.6	10.4	10.4	104.2	14
10.0	9.0	16.2	16.2	10.8	10.8	108.2	15
10.0	9.0	17.6	17.6	11.7	11.7	117.2	16
10.0	9.0	18.0	18.0	12.0	12.0	120.0	17
10.0	9.0	18.5	18.5	12.3	12.3	123.2	18
10.0	9.0	19.3	19.3	12.8	12.8	128.4	19
10.0	9.0	20.2	20.2	13.4	13.4	134.4	20
10.0	9.0	20.4	20.4	13.6	13.6	135.8	21
10.0	9.0	20.4	20.4	13.6	13.6	135.8	22
10.0	9.0	23.2	23.2	15.4	15.4	154.4	23
10.0	9.0	30.2	30.2	20.2	20.2	201.6	24
10.0	9.0	36.3	36.3	24.2	24.2	241.8	25
10.0	9.0	40.0	40.0	26.6	26.6	266.4	26
10.0	9.0	40.8	40.8	27.2	27.2	272.2	27

ادامه جدول ۱۱-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q6(t)	Q5(t)	Q4(t)	Q3(t)	Q2(t)	Q1(t)	t(day)
26.9	13.5	26.9	26.9	67.4	336.8	28
25.6	12.8	25.6	25.6	63.9	319.5	29
23.1	11.6	23.1	23.1	57.8	288.8	30
21.2	10.6	21.2	21.2	53.1	265.3	31
19.7	9.9	19.7	19.7	49.3	246.3	32
19.0	9.5	19.0	19.0	47.5	237.3	33
19.0	9.5	19.0	19.0	47.5	237.3	34
19.2	9.6	19.2	19.2	48.1	240.3	35
19.4	9.7	19.4	19.4	48.5	242.3	36
19.5	9.7	19.5	19.5	48.7	243.5	37
19.4	9.7	19.4	19.4	48.4	242.0	38
19.0	9.5	19.0	19.0	47.5	237.3	39
18.5	9.3	18.5	18.5	46.4	231.8	40
18.0	9.0	18.0	18.0	45.1	225.5	41
17.8	8.9	17.8	17.8	44.6	222.8	42
17.7	8.8	17.7	17.7	44.2	220.8	43
17.6	8.8	17.6	17.6	44.0	220.0	44
17.7	8.8	17.7	17.7	44.2	220.8	45
17.7	8.9	17.7	17.7	44.3	221.3	46
17.6	8.8	17.6	17.6	44.0	219.8	47
17.4	8.7	17.4	17.4	43.5	217.3	48
17.3	8.6	17.3	17.3	43.2	215.8	49
17.1	8.6	17.1	17.1	42.8	214.0	50
17.0	8.5	17.0	17.0	42.4	212.0	51
16.6	8.3	16.6	16.6	41.5	207.5	52
16.0	8.0	16.0	16.0	40.1	200.3	53
15.4	7.7	15.4	15.4	38.6	193.0	54

ادامه جدول ۱۱-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q12(t)	Q11(t)	Q10(t)	Q9(t)	Q8(t)	Q7(t)	t(day)
134.7	215.5	13.5	26.9	26.9	26.9	28
127.8	204.5	12.8	25.6	25.6	25.6	29
115.5	184.8	11.6	23.1	23.1	23.1	30
106.1	169.8	10.6	21.2	21.2	21.2	31
98.5	157.6	9.9	19.7	19.7	19.7	32
94.9	151.8	9.5	19.0	19.0	19.0	33
94.9	151.8	9.5	19.0	19.0	19.0	34
96.1	153.8	9.6	19.2	19.2	19.2	35
96.9	155.0	9.7	19.4	19.4	19.4	36
97.4	155.8	9.7	19.5	19.5	19.5	37
96.8	154.9	9.7	19.4	19.4	19.4	38
94.9	151.8	9.5	19.0	19.0	19.0	39
92.7	148.3	9.3	18.5	18.5	18.5	40
90.2	144.3	9.0	18.0	18.0	18.0	41
89.1	142.6	8.9	17.8	17.8	17.8	42
88.3	141.3	8.8	17.7	17.7	17.7	43
88.0	140.8	8.8	17.6	17.6	17.6	44
88.3	141.3	8.8	17.7	17.7	17.7	45
88.5	141.6	8.9	17.7	17.7	17.7	46
87.9	140.6	8.8	17.6	17.6	17.6	47
86.9	139.0	8.7	17.4	17.4	17.4	48
86.3	138.1	8.6	17.3	17.3	17.3	49
85.6	137.0	8.6	17.1	17.1	17.1	50
84.8	135.7	8.5	17.0	17.0	17.0	51
83.0	132.8	8.3	16.6	16.6	16.6	52
80.1	128.2	8.0	16.0	16.0	16.0	53
77.2	123.5	7.7	15.4	15.4	15.4	54

ادامه جدول ۱۱-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q19(t)	Q18(t)	Q17(t)	Q16(t)	Q15(t)	Q14(t)	Q13(t)	t(day)
10.0	9.0	40.4	40.4	26.9	26.9	269.4	28
10.0	9.0	38.3	38.3	25.6	25.6	255.6	29
10.0	9.0	34.7	34.7	23.1	23.1	231.0	30
10.0	9.0	31.8	31.8	21.2	21.2	212.2	31
10.0	9.0	29.6	29.6	19.7	19.7	197.0	32
10.0	9.0	28.5	28.5	19.0	19.0	189.8	33
10.0	9.0	28.5	28.5	19.0	19.0	189.8	34
10.0	9.0	28.8	28.8	19.2	19.2	192.2	35
10.0	9.0	29.1	29.1	19.4	19.4	193.8	36
10.0	9.0	29.2	29.2	19.5	19.5	194.8	37
10.0	9.0	29.0	29.0	19.4	19.4	193.6	38
10.0	9.0	28.5	28.5	19.0	19.0	189.8	39
10.0	9.0	27.8	27.8	18.5	18.5	185.4	40
10.0	9.0	27.1	27.1	18.0	18.0	180.4	41
10.0	9.0	26.7	26.7	17.8	17.8	178.2	42
10.0	9.0	26.5	26.5	17.7	17.7	176.6	43
10.0	9.0	26.4	26.4	17.6	17.6	176.0	44
10.0	9.0	26.5	26.5	17.7	17.7	176.6	45
10.0	9.0	26.6	26.6	17.7	17.7	177.0	46
10.0	9.0	26.4	26.4	17.6	17.6	175.8	47
10.0	9.0	26.1	26.1	17.4	17.4	173.8	48
10.0	9.0	25.9	25.9	17.3	17.3	172.6	49
10.0	9.0	25.7	25.7	17.1	17.1	171.2	50
10.0	9.0	25.4	25.4	17.0	17.0	169.6	51
10.0	9.0	24.9	24.9	16.6	16.6	166.0	52
10.0	9.0	24.0	24.0	16.0	16.0	160.2	53
10.0	9.0	23.2	23.2	15.4	15.4	154.4	54

ادامه جدول ۱۱-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q6(t)	Q5(t)	Q4(t)	Q3(t)	Q2(t)	Q1(t)	t(day)
15.1	7.5	15.1	15.1	37.7	188.3	55
14.6	7.3	14.6	14.6	36.6	182.8	56
13.6	6.8	13.6	13.6	33.9	169.5	57
12.5	6.2	12.5	12.5	31.2	155.8	58
11.4	5.7	11.4	11.4	28.5	142.3	59
10.6	5.3	10.6	10.6	26.6	132.8	60
9.8	4.9	9.8	9.8	24.5	122.5	61
9.0	4.5	9.0	9.0	22.5	112.3	62
8.3	4.1	8.3	8.3	20.7	103.5	63
8.0	4.0	8.0	8.0	20.0	99.8	64
7.9	3.9	7.9	7.9	19.7	98.3	65
7.8	3.9	7.8	7.8	19.5	97.5	66
8.1	4.0	8.1	8.1	20.2	101.0	67
8.0	4.0	8.0	8.0	20.0	99.8	68
8.3	4.1	8.3	8.3	20.7	103.5	69
8.0	4.0	8.0	8.0	20.1	100.5	70
8.2	4.1	8.2	8.2	20.5	102.3	71
8.2	4.1	8.2	8.2	20.6	103.0	72
8.2	4.1	8.2	8.2	20.5	102.5	73
7.8	3.9	7.8	7.8	19.4	97.0	74
7.6	3.8	7.6	7.6	19.1	95.3	75
7.8	3.9	7.8	7.8	19.6	97.8	76
7.9	4.0	7.9	7.9	19.9	99.3	77
8.0	4.0	8.0	8.0	20.1	100.3	78
8.2	4.1	8.2	8.2	20.5	102.3	79
8.0	4.0	8.0	8.0	20.1	100.3	80
7.0	3.5	7.0	7.0	17.6	87.8	81

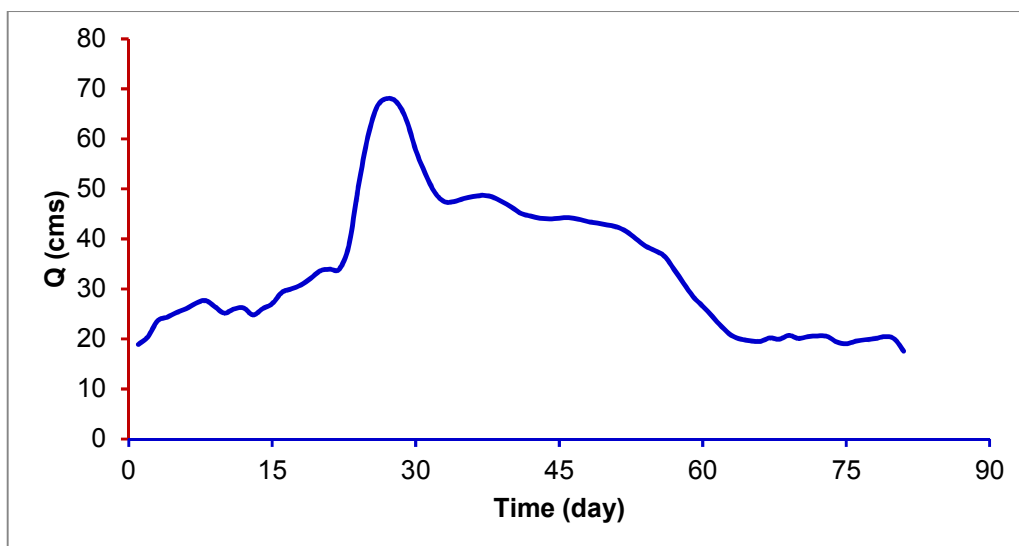
ادامه جدول ۱۱-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q12(t)	Q11(t)	Q10(t)	Q9(t)	Q8(t)	Q7(t)	t(day)
75.3	120.5	7.5	15.1	15.1	15.1	55
73.1	117.0	7.3	14.6	14.6	14.6	56
67.8	108.5	6.8	13.6	13.6	13.6	57
62.3	99.7	6.2	12.5	12.5	12.5	58
56.9	91.0	5.7	11.4	11.4	11.4	59
53.1	85.0	5.3	10.6	10.6	10.6	60
49.0	78.4	4.9	9.8	9.8	9.8	61
44.9	71.8	4.5	9.0	9.0	9.0	62
41.4	66.2	4.1	8.3	8.3	8.3	63
39.9	63.8	4.0	8.0	8.0	8.0	64
39.3	62.9	3.9	7.9	7.9	7.9	65
39.0	62.4	3.9	7.8	7.8	7.8	66
40.4	64.6	4.0	8.1	8.1	8.1	67
39.9	63.8	4.0	8.0	8.0	8.0	68
41.4	66.2	4.1	8.3	8.3	8.3	69
40.2	64.3	4.0	8.0	8.0	8.0	70
40.9	65.4	4.1	8.2	8.2	8.2	71
41.2	65.9	4.1	8.2	8.2	8.2	72
41.0	65.6	4.1	8.2	8.2	8.2	73
38.8	62.1	3.9	7.8	7.8	7.8	74
38.1	61.0	3.8	7.6	7.6	7.6	75
39.1	62.6	3.9	7.8	7.8	7.8	76
39.7	63.5	4.0	7.9	7.9	7.9	77
40.1	64.2	4.0	8.0	8.0	8.0	78
40.9	65.4	4.1	8.2	8.2	8.2	79
40.1	64.2	4.0	8.0	8.0	8.0	80
35.1	56.2	3.5	7.0	7.0	7.0	81

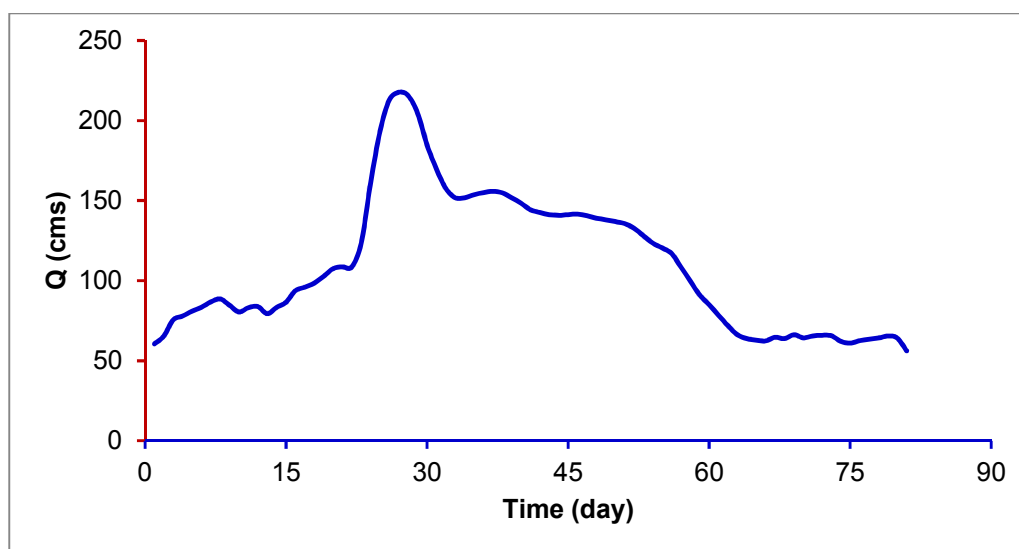
ادامه جدول ۱۱-۱۳: مقادیر عددی هیدروگرافهای ورودی به تالاب

Q19(t)	Q18(t)	Q17(t)	Q16(t)	Q15(t)	Q14(t)	Q13(t)	t(day)
10.0	9.0	22.6	22.6	15.1	15.1	150.6	55
10.0	9.0	21.9	21.9	14.6	14.6	146.2	56
10.0	9.0	20.3	20.3	13.6	13.6	135.6	57
10.0	9.0	18.7	18.7	12.5	12.5	124.6	58
10.0	9.0	17.1	17.1	11.4	11.4	113.8	59
10.0	9.0	15.9	15.9	10.6	10.6	106.2	60
10.0	9.0	14.7	14.7	9.8	9.8	98.0	61
10.0	9.0	13.5	13.5	9.0	9.0	89.8	62
10.0	9.0	12.4	12.4	8.3	8.3	82.8	63
10.0	9.0	12.0	12.0	8.0	8.0	79.8	64
10.0	9.0	11.8	11.8	7.9	7.9	78.6	65
10.0	9.0	11.7	11.7	7.8	7.8	78.0	66
10.0	9.0	12.1	12.1	8.1	8.1	80.8	67
10.0	9.0	12.0	12.0	8.0	8.0	79.8	68
10.0	9.0	12.4	12.4	8.3	8.3	82.8	69
10.0	9.0	12.1	12.1	8.0	8.0	80.4	70
10.0	9.0	12.3	12.3	8.2	8.2	81.8	71
10.0	9.0	12.4	12.4	8.2	8.2	82.4	72
10.0	9.0	12.3	12.3	8.2	8.2	82.0	73
10.0	9.0	11.6	11.6	7.8	7.8	77.6	74
10.0	9.0	11.4	11.4	7.6	7.6	76.2	75
10.0	9.0	11.7	11.7	7.8	7.8	78.2	76
10.0	9.0	11.9	11.9	7.9	7.9	79.4	77
10.0	9.0	12.0	12.0	8.0	8.0	80.2	78
10.0	9.0	12.3	12.3	8.2	8.2	81.8	79
10.0	9.0	12.0	12.0	8.0	8.0	80.2	80
10.0	9.0	10.5	10.5	7.0	7.0	70.2	81

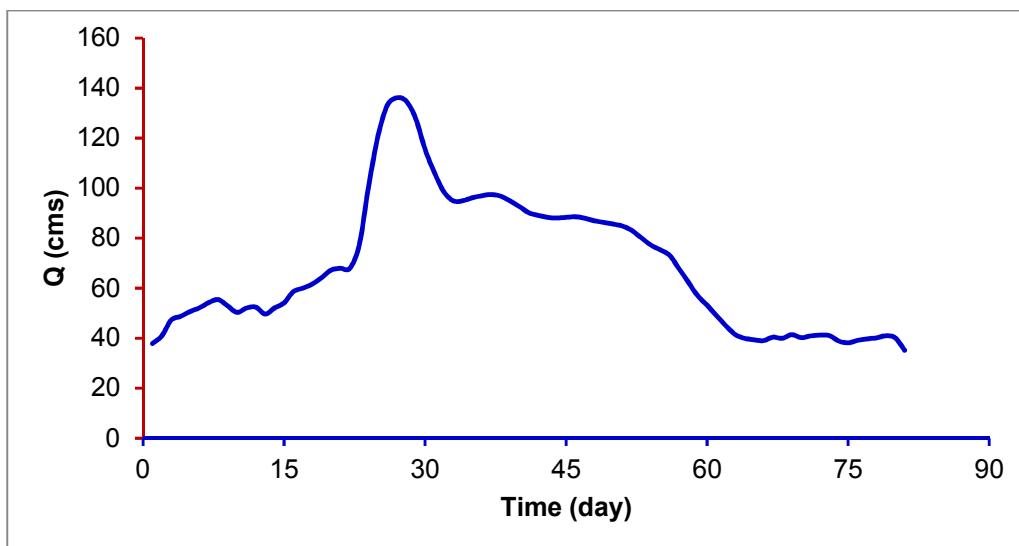
شکل ۱۱-۲۴: هیدروگراف ورودی به تالاب در محل شماره یک



شکل ۱۱-۲۵: هیدروگراف ورودی به تالاب در محل شماره دو



شکل ۱۱-۲۶: هیدروگراف ورودی به تالاب در محل شماره یازده



شکل ۱۱-۲۷: هیدروگراف ورودی به تالاب در محل شماره دوازده

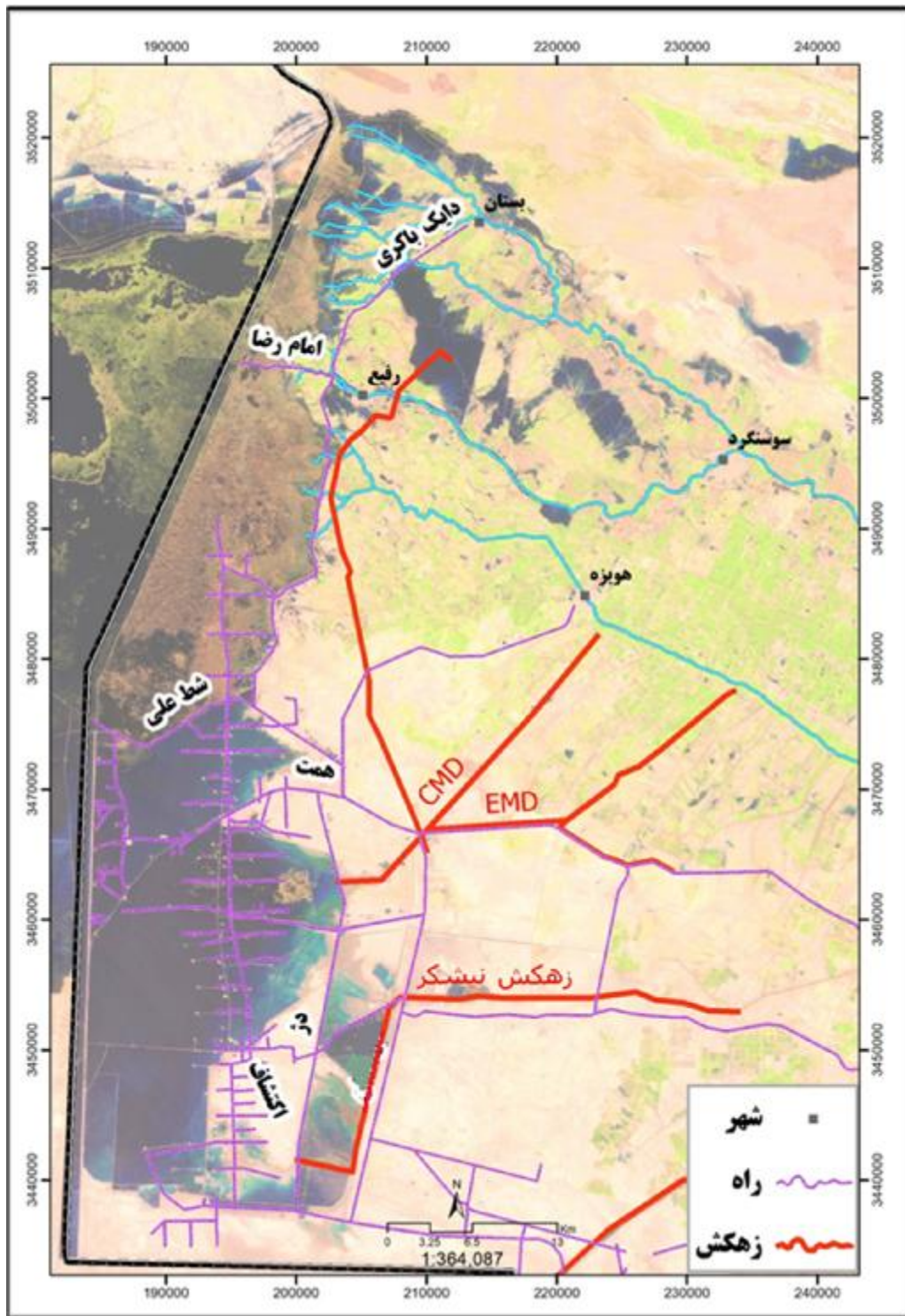
فصل دوازدهم
گزارش عملیات نقشه برداری هیدروگرافی
و زمینی "هورالعظیم"

فصل دوازدهم- گزارش عملیات نقشه برداری هیدروگرافی و زمینی "هورالعظیم"

۱-۱۲- حوزه جغرافیایی و محدوده انجام عملیات

محدوده جغرافیایی تالاب هورالعظیم در حوضچه‌های ۱ تا ۵ می‌باشد. که در شکل ۱-۱۲ نشان داده شده است.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه رقوم سیلاب و خطوط لوله



شکل ۱۲-۱: پلان کلی هورالعظیم

۱۲-۲- شرح پروژه

- ۱) شناسایی منطقه و بررسی جهت برنامه ریزی برای انجام عملیات و نیز شناسایی بمنظور انتخاب بهترین ایستگاههای ماهواره ای در محدوده عملیات.
 - ۲) انتقال شبکه ی مسطحاتی به وسیله ی بنج مارک GLGAM-184148 و GLGAM-190146 یکی موجود در محدوده ی کار و دیگری در ۱۲ کیلومتری محدوده کاری انتقال شبکه ی مسطحاتی به صورت استاتیک انجام شده است .
 - ۳) پردازش و استخراج مختصات شبکه اصلی.
 - ۴) انتقال ارتفاع از روی بنج مارک CICA 1022 ارتفاعی سازمان نقشه برداری در ۱۰ کیلومتری محدوده کار انجام شد و چون مبنای ارتفاعی ژئوئید بوده انتقال ارتفاع به صورت ترازیبی مستقیم رفت و برگشت انجام شد.
 - ۵) برداشت به صورت RTK جهت تهیه نقشه توپوگرافی
 - ۶) عمق یابی و هیدروگرافی
 - ۷) اندازه گیری و برداشت پل ها و دریچه ها
 - ۸) کارتوگرافی و ترسیمات
- در شکل ۱۲-۲ عکسی از تالاب هورالعظیم نشان داده شده است



شکل ۱۲-۲: تالاب هورالعظیم

۱۲-۳- عملیات میدانی

عملیات میدانی مشتمل بر سه بخش می‌باشد:

۱- عملیات زمینی شامل تهیه نقشه توپوگرافی از منطقه (برداشت زمینی)

۲- عملیات هیدروگرافی (عمق یابی/نقشه برداری دریایی)

۳- اندازه گیری و برداشت پل ها و دریاچه ها

۱۲-۳-۱- برداشت زمینی

تهیه نقشه توپوگرافی از محدوده هورالعظیم با اتکا به نقاط مسطحاتی و ارتفاعی تثبیت شده با توجه به وسعت منطقه و دیگر مشکلات نقشه برداری مستقیم انجام شد. در تمام مناطق محدوده برداشت نقشه برداری به صورت مستقیم که تمامی برداشت ها به صورت کنماتیک با GPS مولتی فرکانسه رایمند برداشت شده است.



شکل ۱۲-۳: برداشت زمینی

مجموعه عملیات زمینی برای برداشت توپوگرافی را میتوان به صورت زیر طبقه بندی نمود:

۱- شناسایی

- به منظور برنامه ریزی برای شروع به کار و شناسایی جهت ساخت بنج مارکها
- جایگذاری بیس GPS و شناسایی راه های دسترسی



شکل ۱۲-۴: بنج مارک

۲- مشاهدات مسطحاتی و ارتفاعی شبکه اصلی

نقاط اصلی شبکه GPS در این مرحله با استفاده از سیستم های ناوبری جهانی ماهواره ای (GNSS) مشاهده و به سیستم سراسری مختصاتی سازمان نقشه برداری کشور متصل گردید و UTM شده است. همچنین با اتکا به نقاط ارتفاعی سازمان نقشه برداری کشور عملیات ترازایی به صورت مستقیم و رفت و برگشت انجام شده است.



شکل ۱۲-۵: نحوه انجام عملیات تراز یابی

شکل های ۱۲-۳ تا ۱۲-۵ نمونه هایی از مراحل کار را نشان می دهند

۳- برداشت توپوگرافی

بدین منظور عملیات زمینی با استفاده از دستگاه GPS و با اتکا به نقاط اصلی و فرعی شبکه ایجاد شده به وسیله ی تیم نقشه برداری مشاهدات لازم جهت تهیه ی نقشه و انجام محاسبات صورت گرفته که تمامی این مشاهدات و برداشت وضعیت مسطحاتی از سیستم تصویر UTM پیروی می کند.

۴- پردازشات و ترسیمات جهت ترسیم نقشه و کنترل

پس از اتمام برداشت‌ها لازم است تا داده‌ها را به اطلاعات با ارزشی جهت انجام محاسبات و مدیریت و برنامه ریزی و تبدیل کنیم، که کلیت این کار را نرم افزار Auto Cad Civil 3D انجام می‌دهد. این پروژه نیز مانند دیگر پروژه‌ها به طور معمول از این نرم افزار استفاده شده است.

با ارسال اطلاعات برداشت زمین از قبیل استاتیک‌ها و RTK‌ها، محاسبات با استفاده از مختصات نقاط شبکه اصلی نسبت به محاسبه داده‌های توپوگرافی زمینی اقدام نموده و با نتایج محاسبات عملیات کارتوگرافی را شروع شد. در این مرحله با استفاده از نرم افزارهای طراحی شده در این واحد، عملیات محاسبات با دقت و سرعت انجام شده و احتمال هرگونه خطا در نتایج را بسیار کاهش می‌دهد. سپس شروع به عملیات کارتوگرافی کرده و ترسیم نقشه انجام می‌شود.

۱۲-۳-۲- نقشه برداری دریایی

عمق یابی در مناطق آب بدون نی با دستگاه اکوساندر انجام گرفت لیکن در بخش‌هایی که به دلیل دلیل وجود انبوه علف داخل آب و نداشتن عمق کافی عمق یابی با استفاده از دستگاه اکوساندر مقدر نبود، از طریق عمق یابی معمولی صورت گرفت که همین امر باعث کند شدن روند برداشت گردید. در شکل ۶ نمونه ای مراحل روند کار نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۶: نحوه انجام نقشه برداری دریایی

۱۲-۳-۳- اندازه گیری پل ها و دریچه ها با استفاده از دوربین و متر و متر لیزری

در عملیات نقشه برداری پل ها و دریچه‌ها مورد برداشت و اندازه گیری قرار گرفت.

۱۲-۴- تجهیزات

ادامه جدول ۱۲-۱ و در شکل ۱۲-۷ نمونه‌ای از آن نشان شده است.

جدول ۱۲-۱: تجهیزات بکار گرفته شده

ردیف	نوع تجهیزات فنی	تعداد	ملاحظات
۱	اکوساندر (عمقیاب) مدل Echologger EU400	یک دستگاه	
۲	دستگاه CTD در آب مدل CAST WAY CTD	یک دستگاه	
۳	گیرنده ماهواره ای مدل Hi TARGET V90PLUS	یک دستگاه	
۴	کامپیوتر همراه (Notebook) مدل DELL Latitude	دو دستگاه	
۵	سیستم PCMCIA برای تبدیل پورت سریال به USB	یک عدد	
۶	نرم‌افزار هیدروگرافی HYPACK	سه نسخه	
۷	گیرنده ی GPS مدل رایمند	۵ عدد	
۸	دوربین توتال استیشن لایکا مدل TS06plus	یک عدد	
۹	دوربین نیوو مدل WILD	دو عدد	
۱۰	سه پایه	هفت عدد	
۱۱	ژالون	هفت عدد	
۱۲	رادیو rover-۳۵ وات و رادیو کمکی مدل Trimble	هر کدام یک عدد	
۱۳	لپ تاپ hp مدل Elitebook	دو عدد	
۱۴	GPS دستی مدل Garmin	دو عدد	
۱۵	اتومبیل	دو دستگاه	برخی روزها ۴ دستگاه
۱۶	تراپراگ	هفت عدد	
۱۷	متر لیزری مدل لایکا و متر های فلزی	یک دستگاه	
۱۸	دوربین نیوو مدل اسپرینتر	یک دستگاه	
۱۹	موتور سیکلت	یک دستگاه	



شکل ۱۲-۷: تجهیزات مورد استفاده

مراجع

مراجع

- سری مطالعات مشاور مه‌اب قدس در خصوص هیدرولوژی رودخانه کرخه و شبکه‌های آبیاری و زهکشی کرخه، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، تهیه شده در دهه ۶۰ و ۷۰.
- مطالعات ساماندهی تالاب هورالعظیم توسط شرکت مهندسان مشاور سازآب پردازان و کارفرمای سازمان آب و برق خوزستان مرحله اول سال ۱۳۷۵ و بازنگری در سال ۱۳۸۲.
- طرح جامع توسعه منابع آب رودخانه کرخه، مطالعات تکمیلی طرح جامع توسعه منابع آب رودخانه کرخه، توسط مهندسان مشاور جاماب به کارفرمایی سازمان آب و برق خوزستان، سال ۱۳۸۲.
- مطالعات تعیین بستر و حریم رودخانه کرخه (سد کرخه- تالاب هورالعظیم)، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان، سال ۱۳۸۲.
- طرح سیستمی حوضه آبریز رودخانه کرخه، جلد سوم: مطالعات مصارف آب ۳-۴- گزارش مطالعات آبیاری (طرح‌های توسعه) شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، مهندسان مشاور مه‌اب قدس ۱۳۸۸.
- گزارش هیدرولوژی مطالعات بهنگام سازی بیلان منابع آب حوضه آبریز رودخانه کرخه برای دوره منتهی به سال آبی ۹۰-۱۳۸۹، کارفرما شرکت سهامی آب منطقه ای کرمانشاه، مشاور آب و توسعه پایدار، تهیه شده در سال ۱۳۹۲.
- مطالعات هیدرولوژی طرح ساماندهی رودخانه کرخه و کرخه نور، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، مشاور شرکت مهندسی مشاور آب کرخه، تهیه شده در سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۳۹۸.
- مطالعات پهنه بندی سیلاب رودخانه کرخه از سد کرخه تا تالاب هورالعظیم، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، مهندسی مشاور سازآب اهواز، تهیه شده در سال ۱۳۹۶.
- مطالعات مدیریت یکپارچه حوضه کرخه (بازه سد مخزنی کرخه تا هورالعظیم) فاز اول، کارفرما سازمان آب و برق خوزستان، شرکت مهندسی مشاور پورآب، سال ۱۳۹۶.
- پروژه انجام مطالعه و بررسی آبگرفتگی و مدیریت سیلاب میدین نفتی غرب کارون، ۱۳۹۸.

- تعیین و تأمین نیاز زیست محیطی تالاب‌های استان خوزستان (تالاب هورالعظیم)، کارفرما اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان، مشاور دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۹۹.
- راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها، نشریه شماره ۳۰۷ سازمان برنامه و بودجه کشور، سال ۱۳۸۴.
- راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری دیوارهای سیل بند، نشریه شماره ۵۱۸، سازمان برنامه و بودجه کشور، سال ۱۳۸۸.
- راهنمای جامع مطالعات طرح، بهره‌برداری و نگهداری سامانه پیش‌بینی و هشدار سیل، نشریه شماره ۵۸۳، سازمان برنامه و بودجه کشور، سال ۱۳۹۱.
- دستورالعمل روش‌های محاسبه حداکثر سیل محتمل (PMF)، نشریه شماره ۶۴۷ سازمان برنامه و بودجه کشور، سال ۱۳۹۲.
- بررسی خسارت سیل، نشریه شماره ۱۶۴- ن طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، سال ۱۳۹۵.
- راهنمای مدیریت سیلاب‌دشت، نشریه شماره ۷۰۵ سازمان برنامه و بودجه کشور، سال ۱۳۹۵.
- راهنمای تهیه نقشه‌های خطرپذیری سیلاب، نشریه شماره ۴۶۴ سازمان برنامه و بودجه کشور، سال ۱۳۹۹.
- دستورالعمل مدیریت پیشگیری و بحران حوادث آلودگی‌های نفتی رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، ضابطه شماره ۳۹۰، دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی آب و آبقا، ۱۳۹۴.
- هیدرولیک کانالهای باز، سیدمحمد حسینی، جلیل ابریشمی، نوبت چاپ ۳۷، ۱۳۹۶.
- Chow, V.T., 1959, Open-channel hydraulics: New York, McGraw-Hill, 680 p.
- Abbott, M.B., and Basco, D.R., 1989, Computational fluid dynamics: New York, Longman Scientific and Technical with John Wiley and Sons, 425 p.
- MIKE 21 Flow Model, Hydrodynamic Module, Scientific Documentation, 2014.
- SAE J1739, Potential failure mode and effects analysis in design, 2009.
- AIAG, Fourth edition of the potential failure mode and effects analysis, 2008.
- Carl A. Thoresen, Port designer's handbook, Third edition, institution of civil engineer, 2014.
- National aeronautics and space administration (NASA), Procedure for failure mode effects and criticality analysis, 1966.
- DNV-RP-F107, Risk assessment of pipeline protection, Det Norske Veritas, 2010.
- دکتر محمد اسکونژاد، اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، پاییز ۱۳۸۸.
- نشریه شماره ۳۱۶ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه، ۱۳۸۴.
- DNV-GL-ST-F101, Submarine pipeline systems, Det Norske Veritas, 2017.

- DNV-RP-F105, Free spanning pipelines, Det Norske Veritas, 2006
- DNV-RP-F107, Risk assessment of pipeline protection, Det Norske Veritas, 2010.
- DNV-RP-F109, On-bottom stability design of submarine pipelines, Det Norske Veritas, 2010.
- DNV-RP-F110, Global buckling of submarine pipelines, Det Norske Veritas, 2007
- DNV-RP-F119, Thermoplastic Composite Pipes, Recommended Practice Replaced 2018-08
- API 5L, Line pipe, American petroleum institute, 2018.
- API 17J, Specification for unbonded flexible pipe, third edition, 2009.
- API 17K, Specification for bonded flexible pipe, 2009.
- IPS-M-PI-190, Material and equipment standard for line pipe, third edition, 2014.
- IPS-E-PI-140, استاندارد مهندسی برای خطوط لوله انتقال در خشکی، استاندارد های نفت ایران، ۱۳۸۸.
- IPS-E-TP-270, استاندارد مهندسی برای پوشش های محافظتی برای سازه های فولادی مدفون در خاک و غوطه ور در آب، استانداردهای نفت ایران، ۱۳۸۷.
- IPS-C-PI_270, استاندارد اجرایی برای جوشکاری خطوط لوله و انتقال، ۱۳۸۸.
- IGS-C-PL-100, مشخصات اجرا و راه اندازی خطوط انتقال گاز فشار قوی، ۱۳۹۶.
- IPS-E-TP-820, استاندارد مهندسی برای حفاظت کاتدی، استاندارد های نفت ایران، ۱۳۸۹.
- ASME B31.3, Process piping, The American society of mechanical engineers, 2002
- ASME B31.4, Pipeline transportation systems for liquids and slurries, The American society of mechanical engineers, 2019
- ASME B31.8, Gas transmission and distribution piping systems, The American society of mechanical engineers, 2018.
- NACE SP0169, Control of external corrosion on underground or submerged metallic piping systems, 2007.
- نشریه ۳۱۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، راهنمای حفاظت کاتدی خطوط لوله و سازه های فولادی، ۱۳۸۴.
- نشریه ۳۰۳ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مشخصات فنی عمومی کارهای خطوط لوله آب و فاضلاب شهری، ۱۳۸۴.
- نشریه شماره ۲۳، ضوابط کلی پدافند غیرعامل در وزارت نفت، معاونت امور مهندسی و فناوری، ۱۳۸۲.
- ضابطه شماره ۸۰۰ سازمان برنامه و بودجه کشور، آئین نامه راه های ایران (آرا)، آئین نامه طرح هندسی راه های برون شهری، ۱۴۰۰.

- نشریه شماره ۲۳۴ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، آئین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران، ۱۳۸۱.
- نشریه شماره ۲۹۶ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، راهنمای بهسازی رویه های آسفالتی و شنی، ۱۳۸۳.
- نشریه شماره ۴۱۵ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، آیین نامه طرح هندسی راه های ایران، ۱۳۹۱.
- ضابطه شماره ۲۶۷، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، آیین نامه ایمنی راه های کشور، ۱۳۹۳.
- نشریه شماره ۱۰۱، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، مشخصات فنی عمومی راه، ۱۳۹۲.



shaghoor.ir