مستندات وبینار تخصصی

بررسی چالش‌ها و راهکارهای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی

مهر ماه ۱۳۹۹

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

وبینار تخصصی بررسی چالش‌ها و راهکارهای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی

مدت وبینار ۲/۵ ساعت

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

عناوین برنامه‌ها و سخنرانان

- منابع آب زیرزمینی ایران، سیاست‌ها و چالش‌ها

مهندس عبداله فاضلی فارسانی
مدیر کل دفتر حفاظت و بهره برداری منابع آب زیرزمینی
شرکت مدیریت منابع آب ایران

- پنج سال مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی ایالت کالیفرنیای آمریکا چالش‌ها و پیشرفت‌های طرح

دکتر رضا نامور
کارشناس ارشد و مدیر پروژه در مهندسین مشاور – آمریکا

- مدل‌های تصمیم برای مدیریت بهینه آب‌های زیرزمینی – چالش‌ها و تجربیات

دکتر حامد کتابچی
هیأت علمی گروه مهندسی و مدیریت آب دانشگاه تربیت مدرس

- فرآیند مفهوم‌سازی در مدیریت منابع آب زیرزمینی – از ایده تا پیاده‌سازی

دکتر داود محمودزاده
پژوهشگر دانشگاه تهران و دانشگاه اوترخت هلند

چهارشنبه
۲۳ مهر
ساعت ۱۷ – ۱۴:۳۰

لینک برگزاری https://lablive.modares.ac.ir/b/som-w13-3e1 کددسترسی: ۵۲۲۲۶۹
لینک پخش زنده از آپارات aparat.com/prtmu/live

برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید با پژوهشکده تماس حاصل فرمایید

RIWEM_TMU | RIWEM.TMU | riwem.modares.ac.ir | 021-82884342 | 021-82883998

R I W E M Research Institute of Water Engineering and Management

R I W E M Research Institute of Water Engineering and Management

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

مهندس عبداله فاضلی فارسانی

مدیر کل دفتر حفاظت و بهره برداری منابع آب زیرزمینی شرکت مدیریت منابع آب ایران

مهندس فاضلی فارسانی هم اکنون مدیر کل دفتر حفاظت و بهره برداری منابع آب زیرزمینی شرکت مدیریت منابع آب ایران می‌باشد. وی دارای مدرک کارشناسی ارشد زمین‌شناسی از دانشگاه اصفهان در سال ۱۳۷۴ است. وی مدرس دروس مربوط به آب‌های زیرزمینی در دانشگاه‌های آزاد، پیام نور و علمی ـ کاربردی بوده است. مهندس فاضلی فارسانی دارای بیش از ۵ مقاله علمی ـ پژوهشی در مجلات معتبر داخلی و خارجی است و یک کتاب تخصصی نیز ترجمه کرده است. وی در سابقه حرفه‌ای و مدیریتی بیش از ۳۰ سال در حوزه‌های مختلفی از جمله در بخش‌های مطالعات منابع آب، حفاظت و بهره‌برداری آب و آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک در شرکت‌های آب منطقه‌ای اصفهان و چهارمحال و بختیاری ایفای نقش نموده است. وی همچنین از سال ۱۳۹۳، دبیر اجرایی طرح احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور از سال ۱۳۹۳ بوده و تا سال ۱۳۹۷ رییس گروه احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور در شرکت مدیریت منابع آب ایران بوده است. مهندس فاضلی فارسانی عضو و دبیر شورای راهبری طرح احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور از ۱۳۹۳ تاکنون نیز است. مطالعات هیدروژئولوژی و کارست در زمره تخصص‌های وی در کارهای علمی، پژوهشی و فنی است.

fazelifarsani@gmail.com

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

فهرست موضوعات :

منابع آب‌زیرزمینی کشور

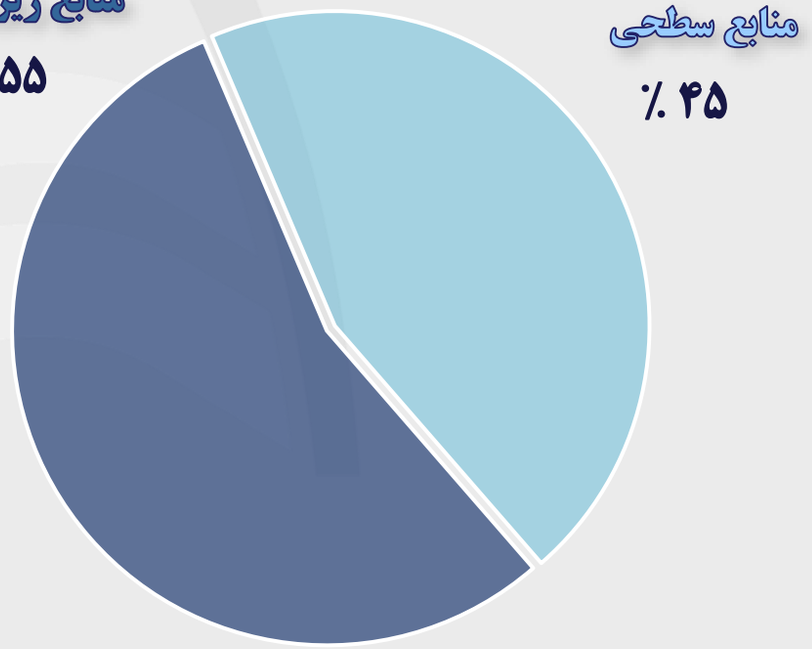
موضوعات اصلی

- نقش این منابع در تامین آب مورد نیاز کشور
- وضعیت فعلی
- اقدامات انجام شده و برنامه‌های آینده
- سیاستها و مقررات
- چالش‌های عملیاتی

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

نقش منابع زیرزمینی در تامین آب مورد نیاز کشور

سهم منابع سطحی و زیرزمینی
در تامین آب مورد نیاز کشور

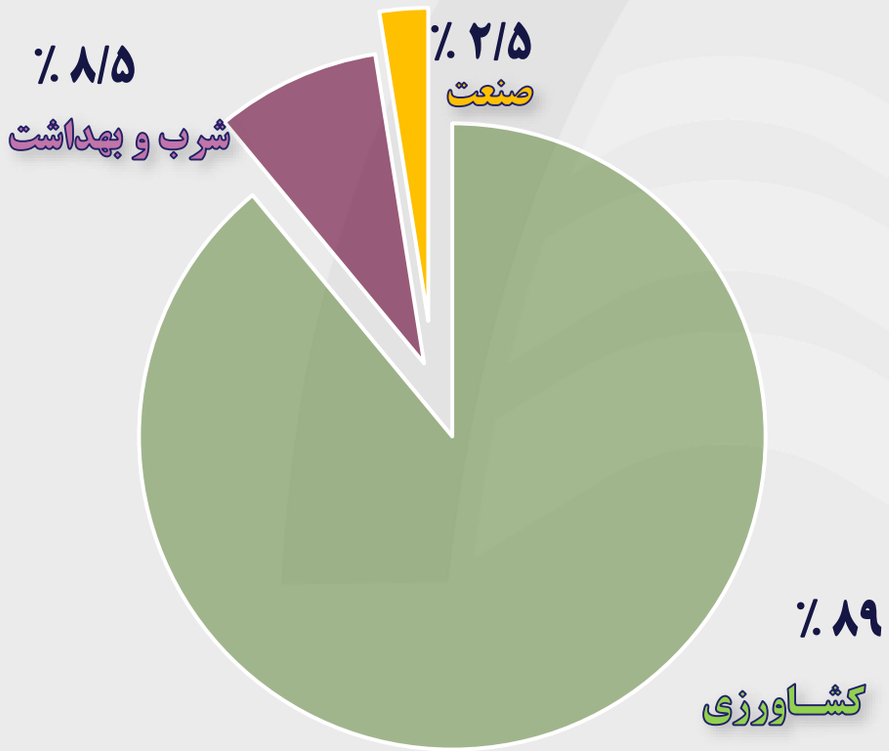


متوسط سالانه‌ی

توزیع آب بین مصرف کنندگان مختلف در سطح کشور

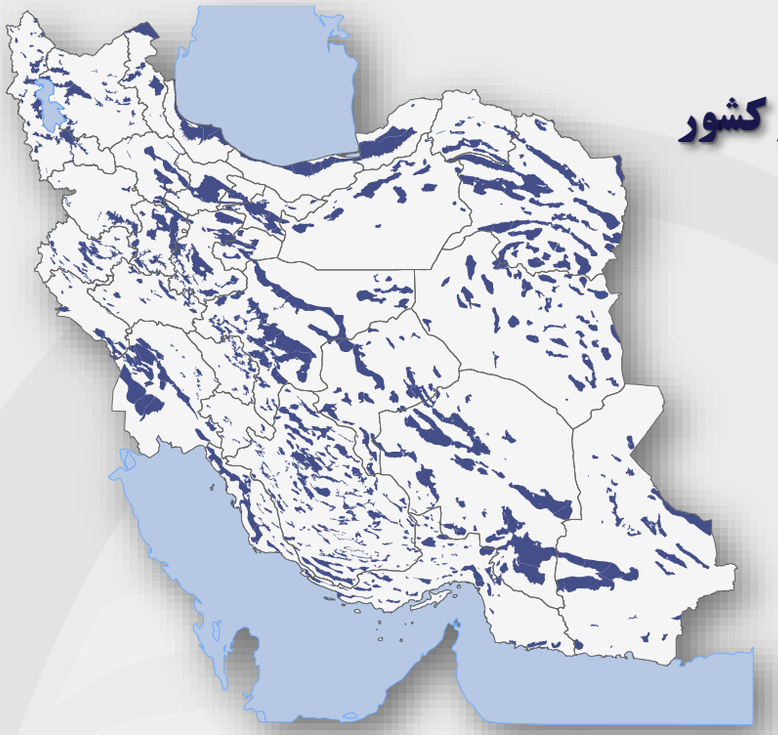
۹۸

میلیارد متر مکعب

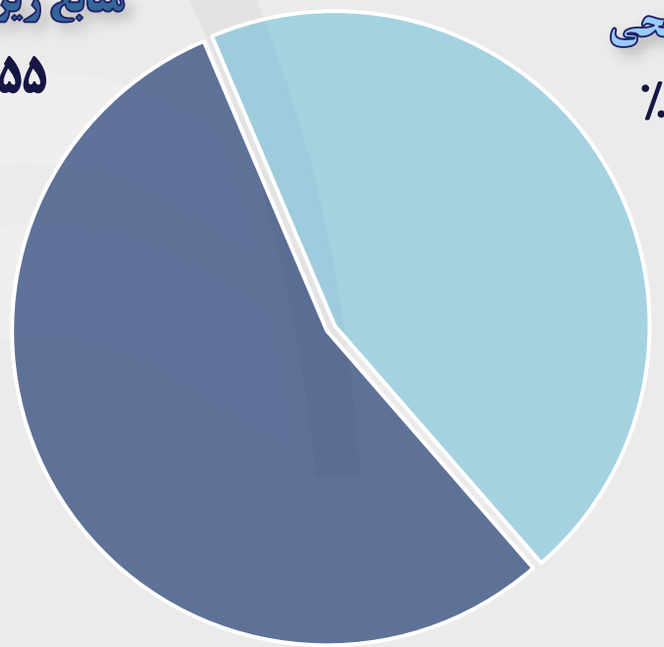


پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

نقش منابع زیرزمینی در تامین آب مورد نیاز کشور

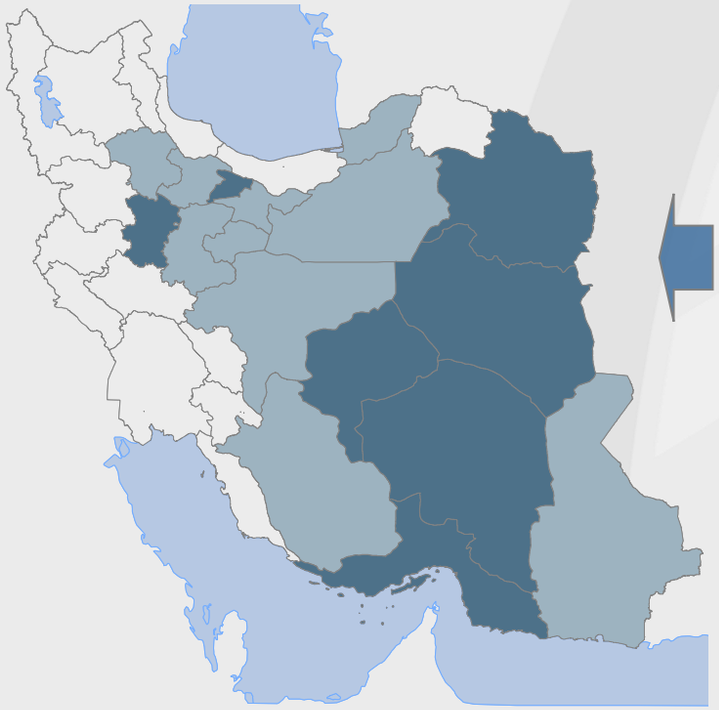


سهم منابع سطحی و زیرزمینی
در تامین آب مورد نیاز کشور



سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور

میزان وابستگی به آب‌زیرزمینی

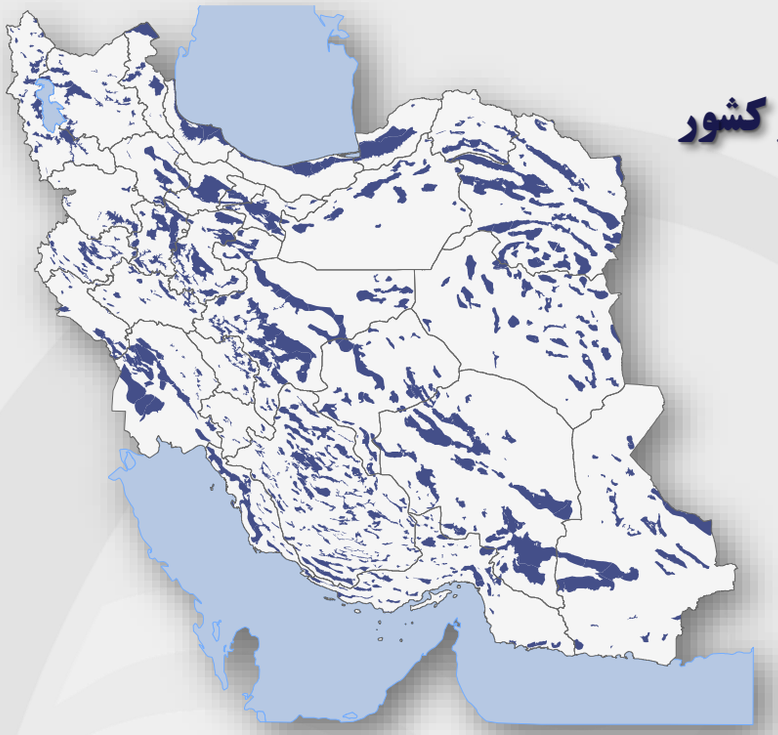


بیش از ۸۰٪

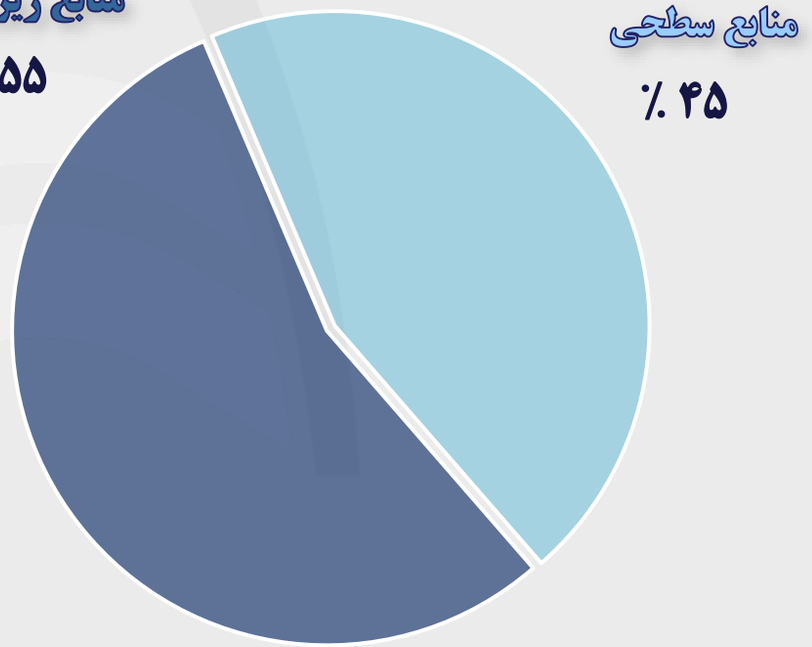
بیش از ۶۰٪

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

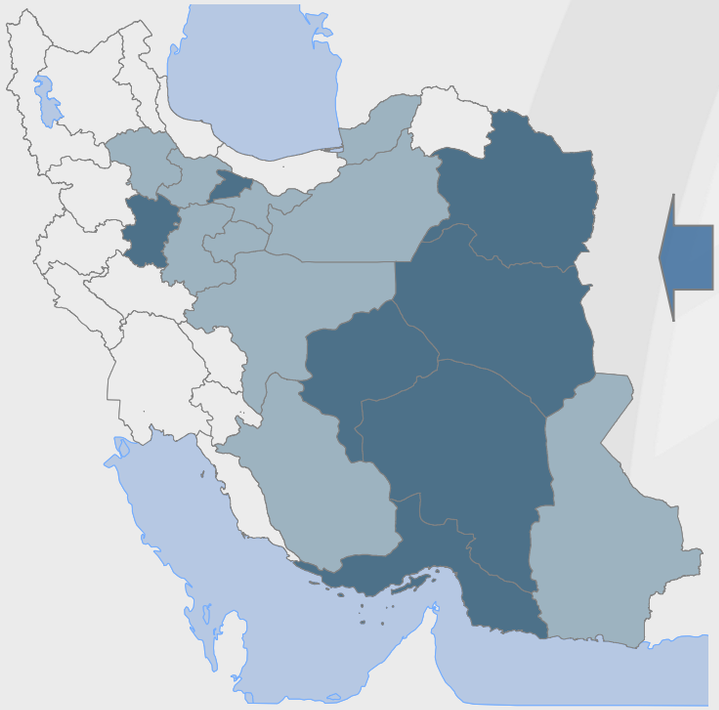
نقش منابع زیرزمینی در تامین آب مورد نیاز کشور



سهم منابع سطحی و زیرزمینی
در تامین آب مورد نیاز کشور



سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور



میزان وابستگی به آب‌زیرزمینی

بیش از ۸۰٪

بیش از ۶۰٪

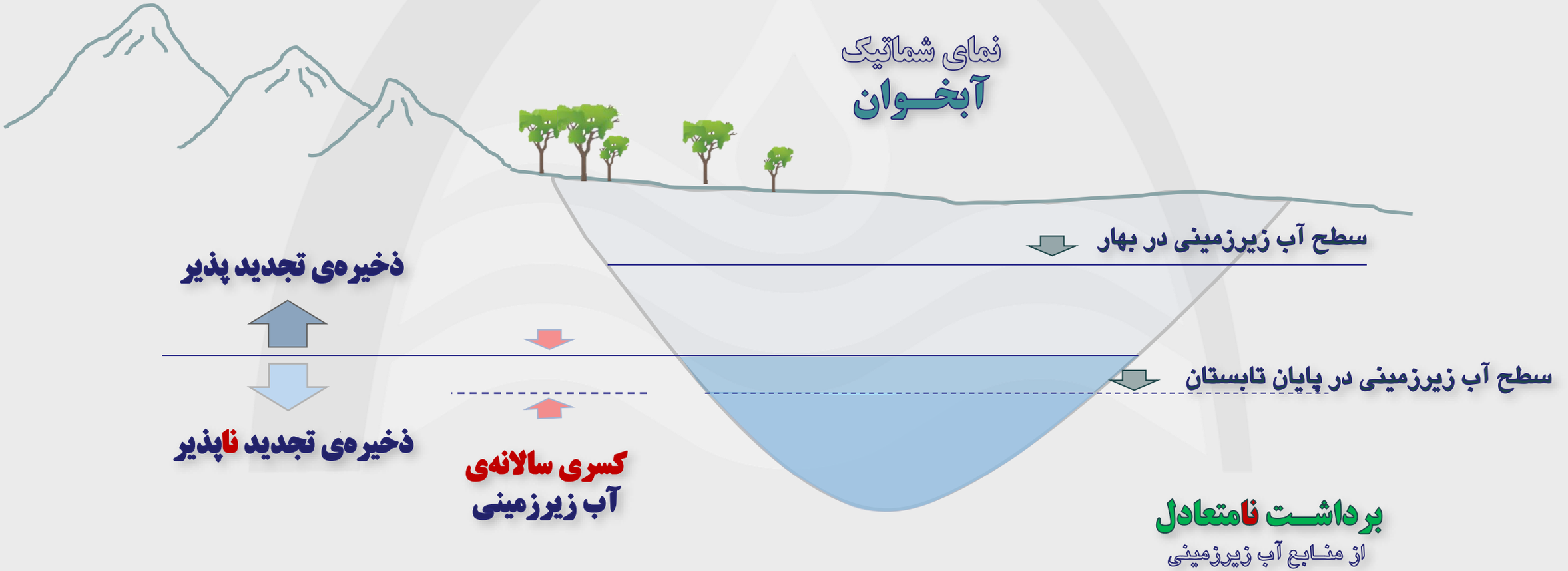
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

	درصد نسبت به کشور
جمعیت	۶۴
کسری تجمعی	۹۴
کل برداشت آب	۷۹
تامین شرب	۷۴
اراضی آبی	۵۹

در ۸ استان خراسان رضوی، خراسان جنوبی، کرمان، فارس، یزد، هرمزگان، البرز و همدان بیش از ۸۰ درصد وابستگی به آب زیرزمینی

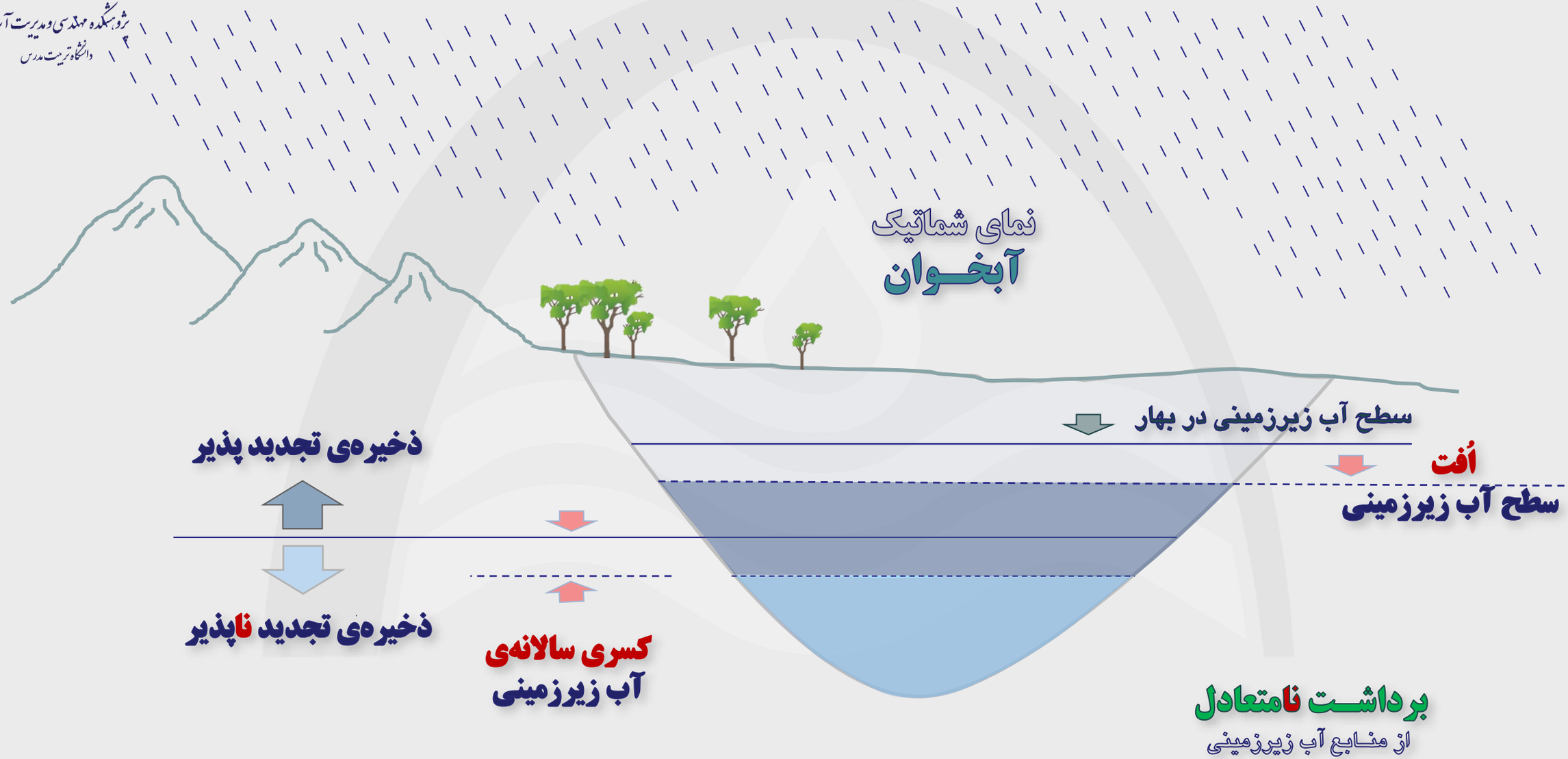
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط فعلی سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور



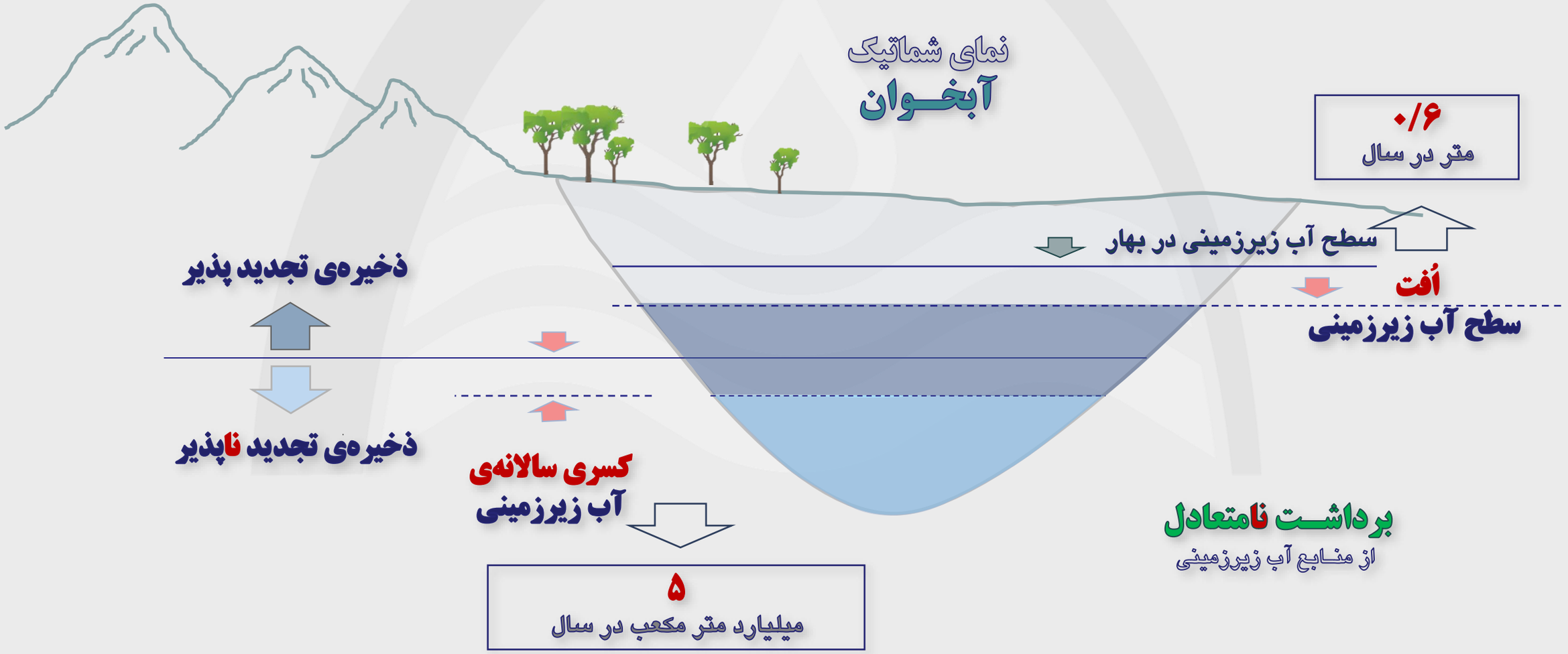
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط فعلی سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور



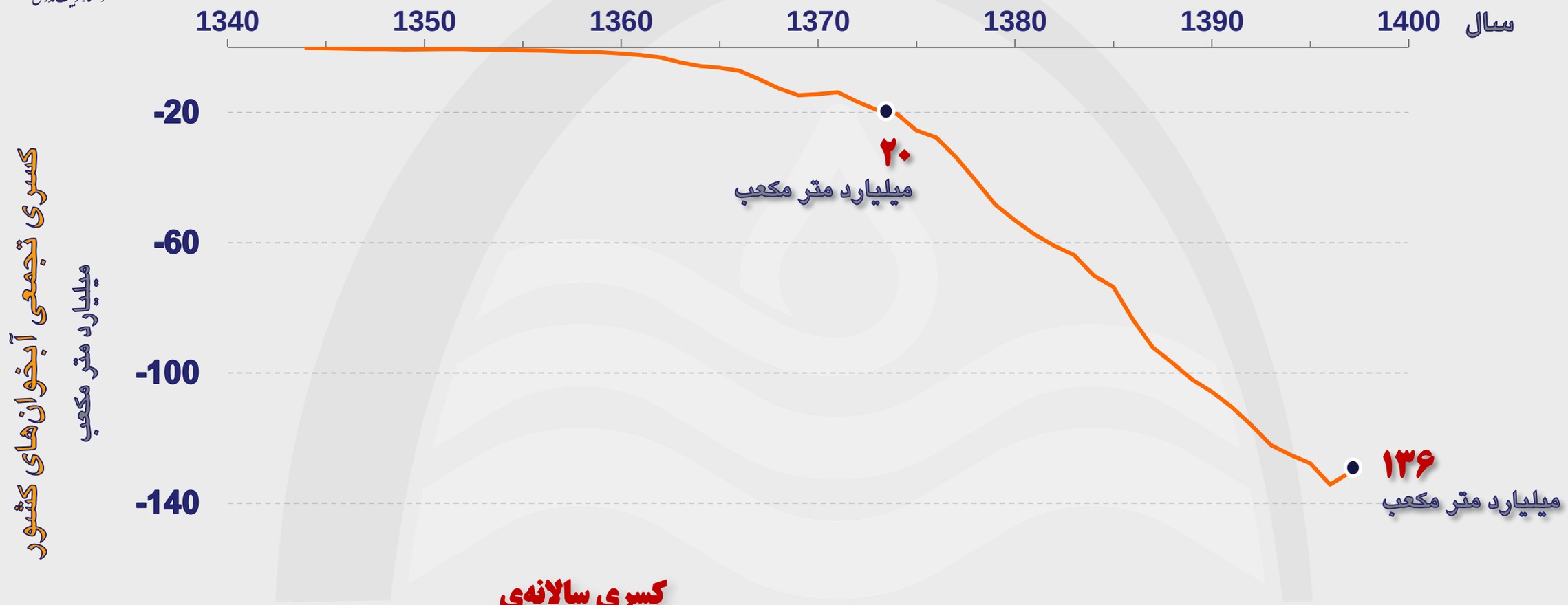
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط فعلی سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور



پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط فعلی سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور



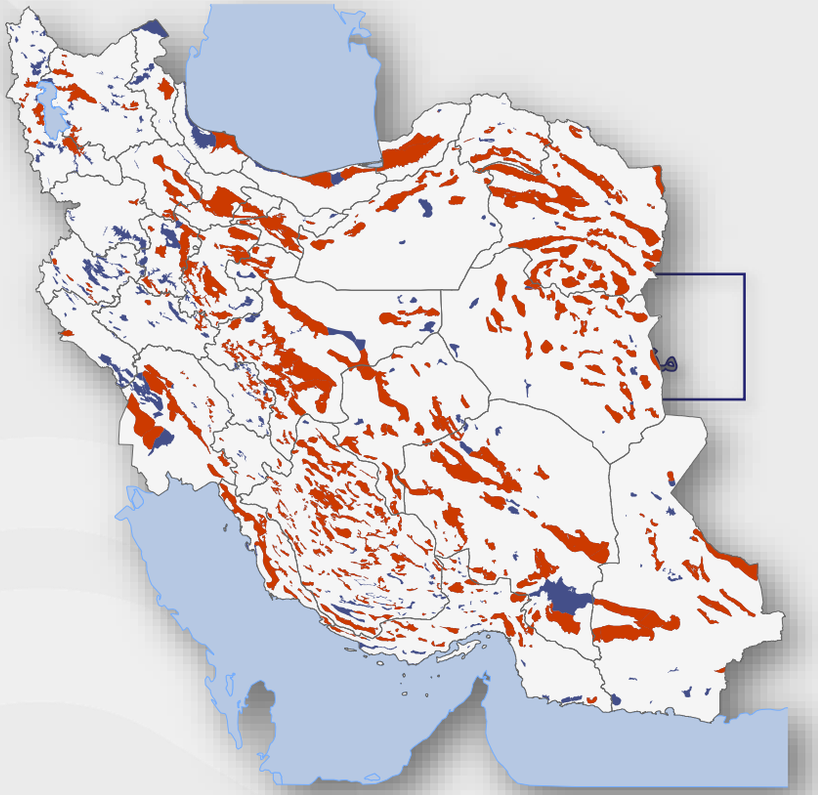
کسری سالانه‌ی آب زیرزمینی

۵
میلیارد متر مکعب در سال

کسری تجمعی مخزن درآبخوان‌های کشور

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط فعلی سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور



محدوده‌های مواجه با
کسری مخزن
در سطح کشور

سد مخزنی کرج

کسری سالانه‌ی آب زیرزمینی

۵
میلیارد متر مکعب در سال

۲۵
برابر حجم مخزن سد کرج

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط فعلی سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور

افت سطح آب زیرزمینی

۰/۴ متر در سال

کف شکنی یا جابه‌جایی ۳۰٪ چاه‌های آب کشور در ۱۲ سال گذشته

۲۴۵۰ میلیارد تومان هزینه‌ی سالانه برای کشاورزان

افـزایش شـوری منابع آب زیرزمینی

کسری سالانه‌ی آب زیرزمینی

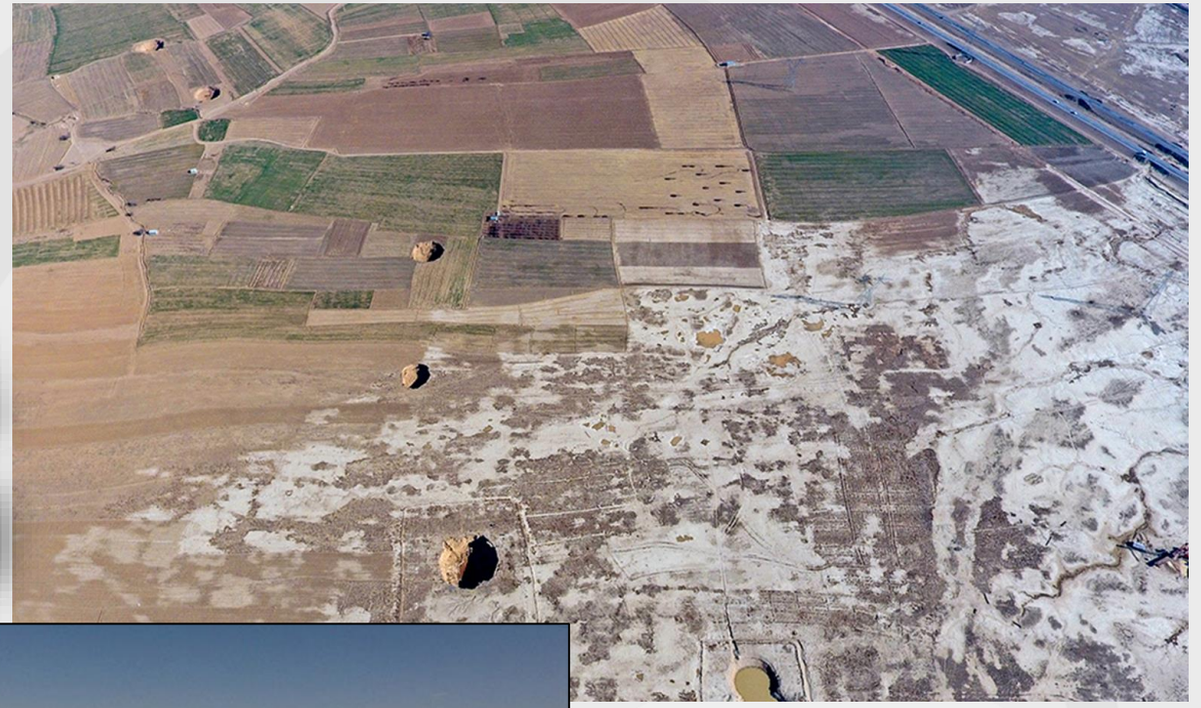
۵ میلیارد متر مکعب در سال

۲۲۵۰ µmho/cm در سال ۱۳۶۰

۴۴۰۰ µmho/cm در سال ۱۳۹۹

شرایط فعلی سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور

گسترش **فرونشست** در کشور



۰/۴
متر در سال

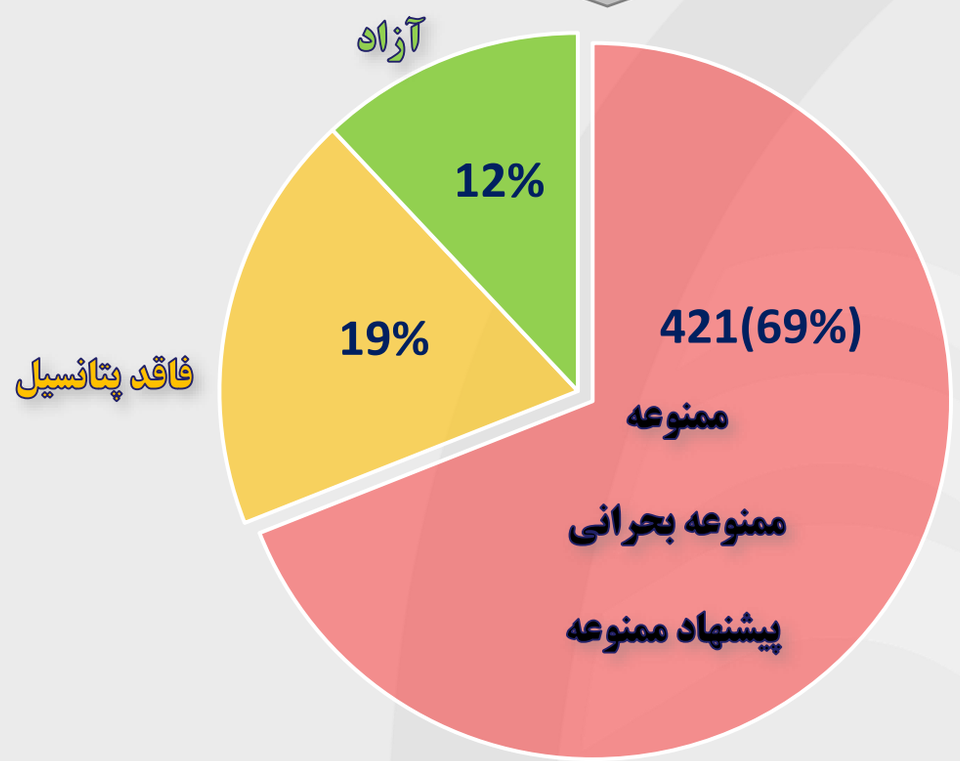
اُفت
سطح آب زیرزمینی

استان همدان
دشت کبودر آهنگ

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

وضعیت بهره برداری
۶۰۹
محدوده مطالعاتی



وضعیت فعلی منابع آب زیرزمینی کشور

گسترش **فرونشست** در بیش از **۳۰۰ دشت** کشور

استان تهران--دشت ورامین

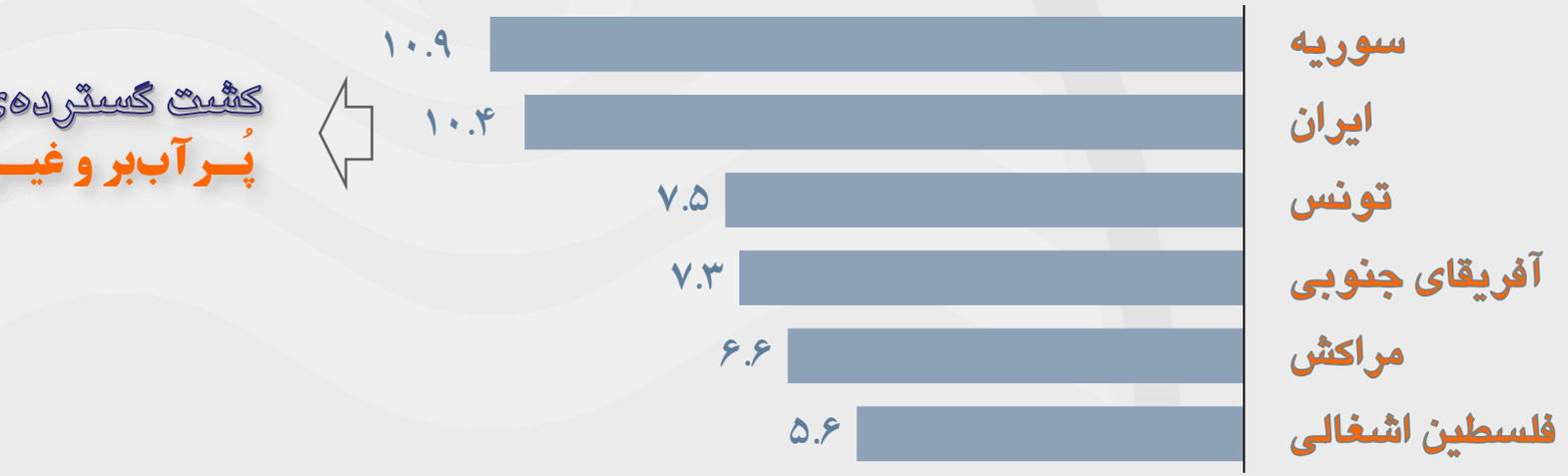
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط فعلی سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور

برداشت نامتعادل
از منابع آب زیرزمینی

جلوگیری از اعمال
الگوی کشت نامناسب

سرانه‌ی آبیاری معادل
مصرف آب در سال در هکتار
هزار متر مکعب



کشت گسترده‌ی محصولات
پُرآب‌بر و غیراستراتژیک

منبع : FAO و وزارت جهاد کشاورزی

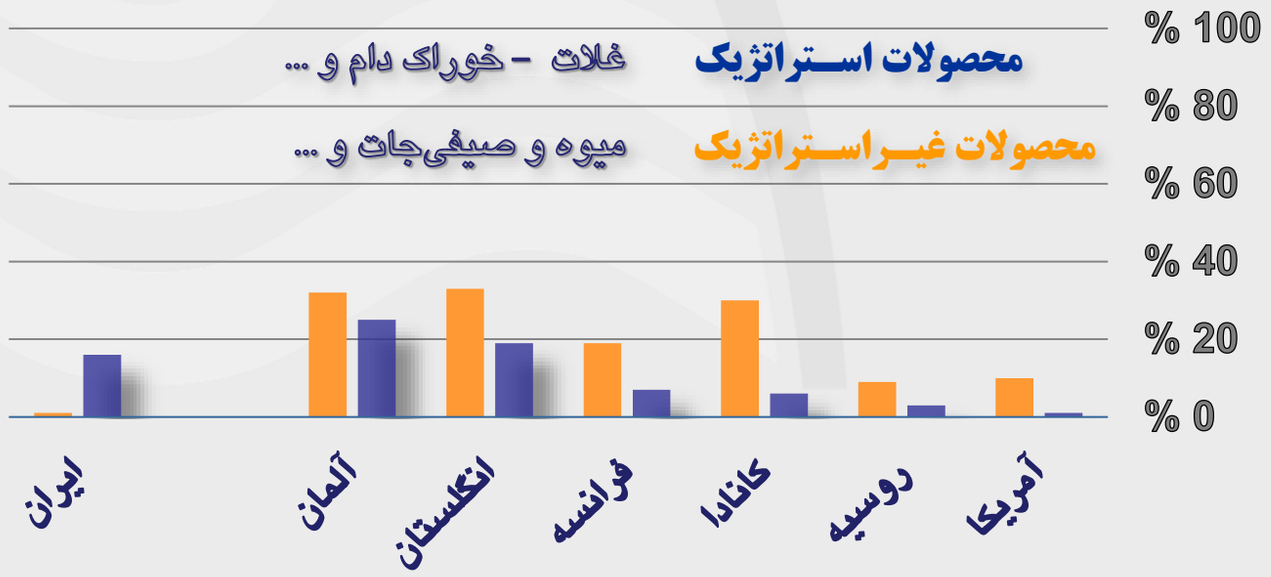
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط فعلی سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور

برداشت نامتعادل
از منابع آب زیرزمینی

جلوگیری از اعمال
الگوی کشت نامناسب

میزان وابستگی به واردات
محصولات کشاورزی در ۱۳۹۵



منبع : FAO و گمرک ایران

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط فعلی سفره‌های آب‌زیرزمینی کشور

برداشت نامتعادل
از منابع آب زیرزمینی

جلوگیری از اعمال
الگوی کشت نامناسب

روند رشد تولید محصولات کشاورزی کشور

منبع : آمارنامه‌ی سالانه - وزارت جهاد کشاورزی

غلات :	**۱۲** میلیون تن در سال **۶۵**	**۲۲** میلیون تن در سال **۹۵**
میوه و صیفی‌جات :	**۱۶**	**۴۳**

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

اقدامات انجام شده و برنامه‌های آینده

شهریور ۱۳۹۳

جلسه‌ی ۱۵ شورای عالی آب دستور اجرای
طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور

کاهش برداشت آب‌زیرزمینی
در
بخش کشاورزی
٪۳۸

۴۳/۳
میلیارد متر مکعب در سال
شرایط فعلی

۲۷/۱
میلیارد متر مکعب در سال
شرایط آتی

کاهش مصرف چاه‌های مجاز ٪۲۳

مسدود کردن چاه‌های غیــرمجاز ٪۱۵

چاه‌هایی که بعد از سال ۱۳۸۵ حفر شده‌اند

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

اقدامات انجام شده و برنامه‌های آینده

شهریور ۱۳۹۳

جلسه‌ی ۱۵ شورای عالی آب دستور اجرای
طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور

کاهش مصرف چاه‌های مجاز ٪۲۳

مسدود کردن چاه‌های غیــرمجاز ٪۱۵

چاه‌هایی که بعد از سال ۱۳۸۵ حفر شده‌اند

کاهش برداشت آب‌زیرزمینی
در
بخش کشاورزی
٪۳۸

۴۳/۳
میلیارد متر مکعب در سال
شرایط فعلی

۲۷/۱
میلیارد متر مکعب در سال
شرایط آتی

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

اقدامات انجام شده و برنامه‌های آینده

شهریور ۱۳۹۳

جلسه‌ی ۱۵ شورای عالی آب دستور اجرای

طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور

- بستن چاه‌های غیر مجاز — ۸۲۰۰۰ حلقه
- نصب کنتور برای چاه‌های مجاز — ۷۷۰۰۰ دستگاه
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی — ۸۰۲ گروه

جلوگیری از اضافه برداشت

۲۹۰۰

میلیارد متر مکعب آب در سال

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

اقدامات انجام شده و برنامه‌های آینده

شهریور ۱۳۹۳

جلسه‌ی ۱۵ شورای عالی آب دستور اجرای
طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور

- بستن چاه‌های غیر مجاز — ۸۲۰۰۰ حلقه
- نصب کنتور برای چاه‌های مجاز — ۷۷۰۰۰ دستگاه
- استقرار گروه‌های گشت و بازرسی — ۸۰۲ گروه

جلوگیری از اضافه برداشت

۲۹۰۰

میلیارد متر مکعب آب در سال

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

اقدامات انجام شده و برنامه‌های آینده

شهریور ۱۳۹۳

جلسه‌ی ۱۵ شورای عالی آب دستور اجرای
طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور

افزایش تعداد محدوده‌های ممنوعه

کل محدوده‌های آب زیرزمینی کشور ۶۰۹

محدوده‌های ممنوعه	
تا سال ۱۳۹۳	۲۹۶
تا سال ۱۳۹۸	۴۰۹
تا سال ۱۴۰۰	۴۶۸

تدابیر و سیاستها

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

وظایف و تکالیف
مطابق مصوبات جلسه شماره ۱۵
شورای عالی آب
شهریور ۱۳۹۳
(۱۴ بند)

وزارت نیرو

(بندهای ۳ ، ۴ ، ۷ و ۱۲)

- تعیین و ابلاغ آب قابل برنامه ریزی مصارف کشور
- اجرای قانون تعیین تکلیف
- انسداد چاههای غیرمجاز و جلوگیری از اضافه برداشت
- اصلاح و تعدیل پروانه ها تا سقف آب قابل برنامه ریزی اعلام شده
- تجهیز چاهها به لوازم اندازه گیری برای رعایت حجم برداشت تعدیل شده
- اصلاح ماده ۴۵ ق. ت. ع. آب و وضع جرایم برای اضافه برداشت

بسمه تعالی

مصوبات پانزدهمین جلسه شورای عالی آب

تاریخ جلسه: ۱۳۹۳/۰۶/۲۵ ساعت: ۱۶:۰۰ عصر محل جلسه: دفتر معاون اول رییس جمهور

مصوبات جلسه:

۱- اجرای پروژه‌های پانزده‌گانه در قالب طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی به تصویب رسید (بسته اجرایی این پروژه‌ها به صورت تفصیلی با معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی نهایی خواهد شد.)

۲- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ضمن تقویت اعتبارات بخش آب و آبخیزداری، اعتبارات مورد نیاز پروژه‌های پانزده‌گانه را طی سال ۱۳۹۴ و برنامه ششم به منابع آب زیرزمینی، متناسب با اهداف مصوب و نیازهای هر بخش اختصاص دهد.

۳- وزارت نیرو موظف است به منظور احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی، تا پایان مهرماه سال‌جاری حداکثر تا ۷۵ درصد منابع آب زیرزمینی تجدیدپذیر و آب برگشتی را به تفکیک مصارف شرب، صنعت، کشاورزی و فضای سبز، در هریک از ۶۰۹ محدوده مطالعاتی تعیین و به دستگاه‌های اجرایی ذیربط اعلام نماید تا علاوه بر جلوگیری از برداشت بیشتر ذخایر استاتیک، ظرف مدت ۲۰ سال سطح آب زیرزمینی به سطح ایستابی اولیه برسد.

۴- وزارت نیرو موظف است ضمن اجرای قانون تعیین تکلیف چاه‌های فاقد پروانه و پُر و مسلوب‌المنفعه کردن چاه‌های غیرمجاز و مضر به مصالح عمومی در دشت‌های فاقد پتانسیل و نیز جلوگیری از اضافه برداشت چاه‌های مجاز (دارای پروانه بهره‌برداری)، ظرف شش ماه براساس سهمیه آب کشاورزی دشت‌های مختلف کشور، کلیه پروانه‌های چاه‌های کشاورزی مجاز را توسط کمیسیون‌های صدور پروانه تعدیل و به وزارت جهاد کشاورزی اعلام و همزمان ظرف دو سال کلیه چاه‌ها را براساس میزان حجم پروانه‌های تعدیل شده، به لوازم اندازه‌گیری هوشمند مجهز نماید.

۵- وزارت جهادکشاورزی موظف است ظرف دو سال و همزمان با اجرای بند «۴» براساس سهمیه آب کشاورزی تعیین شده توسط وزارت نیرو، الگوی کشت بهینه، و نیز روش بهبود شیوه‌های آبیاری را در کلیه دشت‌های کشور تعیین و اعلام نماید.

۶- وزارت کشور (سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌ها) موظف است با توجه به ضرورت صیانت و حفاظت از منابع آب زیرزمینی ظرف مدت یکسال نسبت به انجام مطالعات فضای سبز در کلیه شهرهای کشور براساس سهمیه آب فضای سبز تعیین شده توسط وزارت نیرو اقدام و نسبت به تغییر فضای سبز موجود به الگوی فضای سبز کم آب طلب و اصلاح شیوه‌ی آبیاری اقدام نماید.

تبصره- ضروری است باتوجه به اقلیم مناطق مختلف کشور، سرانه مناسب فضای سبز توسط وزارت راه و شهرسازی تعیین و به وزارت کشور ابلاغ شود.

۷- وزارت نیرو موظف است ظرف یک ماه پیش‌نویس لایحه اصلاح ماده ۴۵ قانون توزیع عادلانه آب را به منظور تشدید برخورد و افزایش مجازات متجاوزین به منابع آب را تهیه و ارایه نماید.

-۱-

۸- استانداران موظفند به منظور پشتیبانی و حمایت از اجرای قانون تعیین تکلیف چاه‌های فاقد پروانه، نسبت به تشکیل جلسات منظم ماهیانه شورای حفاظت منابع آب استان برای پیگیری و رفع مشکلات پر و مسلوب المنفعه نمودن چاه‌های غیرمجاز و جمع آوری ادوات و متصوبات بهره‌برداری غیر مجاز منابع و مجاری آب و نصب کنتورهای آب اقدام و عملکرد شورا را به صورت ماهیانه به دبیرخانه شورای عالی آب گزارش نمایند. دبیرخانه نیز هر شش‌ماه یکبار گزارش عملکرد شوراهای حفاظت منابع آب کشور را به شورای عالی آب ارایه نماید. همچنین ضروری است، صیانت کیفی از منابع آب زیرزمینی با تشکیل جلسات کمیته حفاظت از منابع آب آشامیدنی استان‌ها توسط استانداران مورد عمل قرار گیرد.

۹- وزارت صنعت، معدن و تجارت مجاز است حداکثر در سقف سهمیه آب صنعتی تعیین شده توسط وزارت نیرو در هر محدوده مطالعاتی، نسبت به صدور مجوز برای صنایع اقدام نماید و در صورت نیاز به آب بیشتر، از طریق خرید چاه‌های کشاورزی (در چارچوب مواد ۲۷ و ۲۸ قانون توزیع عادلانه آب- مصوب ۱۳۶۱و دستورالعمل اجرایی آن)، بازیافت آب مصرفی، استفاده از آبهای غیرمتعارف و نیز افزایش بهره‌وری مصرف آب، اقدام نماید.

تبصره- خرید چاه کشاورزی در چارچوب قوانین و مقررات و با هماهنگی وزارت جهاد کشاورزی انجام خواهد شد.

۱۰- کلیه وزارتخانه‌ها و دستگاه‌های اجرایی و قضایی و انتظامی موظفند جهت عملیاتی نمودن پروژه‌های این طرح با وزارت نیرو همکاری نمایند.

۱۱- دستورالعمل‌های اجرایی مصوبات این طرح و پروژه‌های ۱۵ گانه آن در صورت لزوم توسط وزارتخانه‌های ذیربط تهیه و برای اجرا ابلاغ خواهد شد.

۱۲- به منظور اتصال جریمه، به دارندگان پروانه بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی که مازاد بر پروانه، از این منابع آب برداشت می‌نمایند، مقرر شد که پیشنهادی توسط وزارت نیرو تهیه و به کمیسیون امور زیربنایی، صنعت و محیط‌زیست هیئت دولت ارسال شود تا پس بررسی و تصویب، به اجرا برسد.

۱۳- مقرر شد در یکی از جلسات شورای عالی آب در مورد خودکفایی در تولید محصولات کشاورزی و سیاست‌گذاری کلان در این زمینه، باتوجه به حجم بالای مصرف آب در این بخش، بحث و بررسی شود.

۱۴- مقرر شد در یکی از جلسات کمیته تخصصی شورای عالی آب در مورد تأثیر پروژه‌های آبخیزداری بر منابع آب تجدیدپذیر کشور بحث و بررسی و نتیجه به شورای عالی آب گزارش شود.

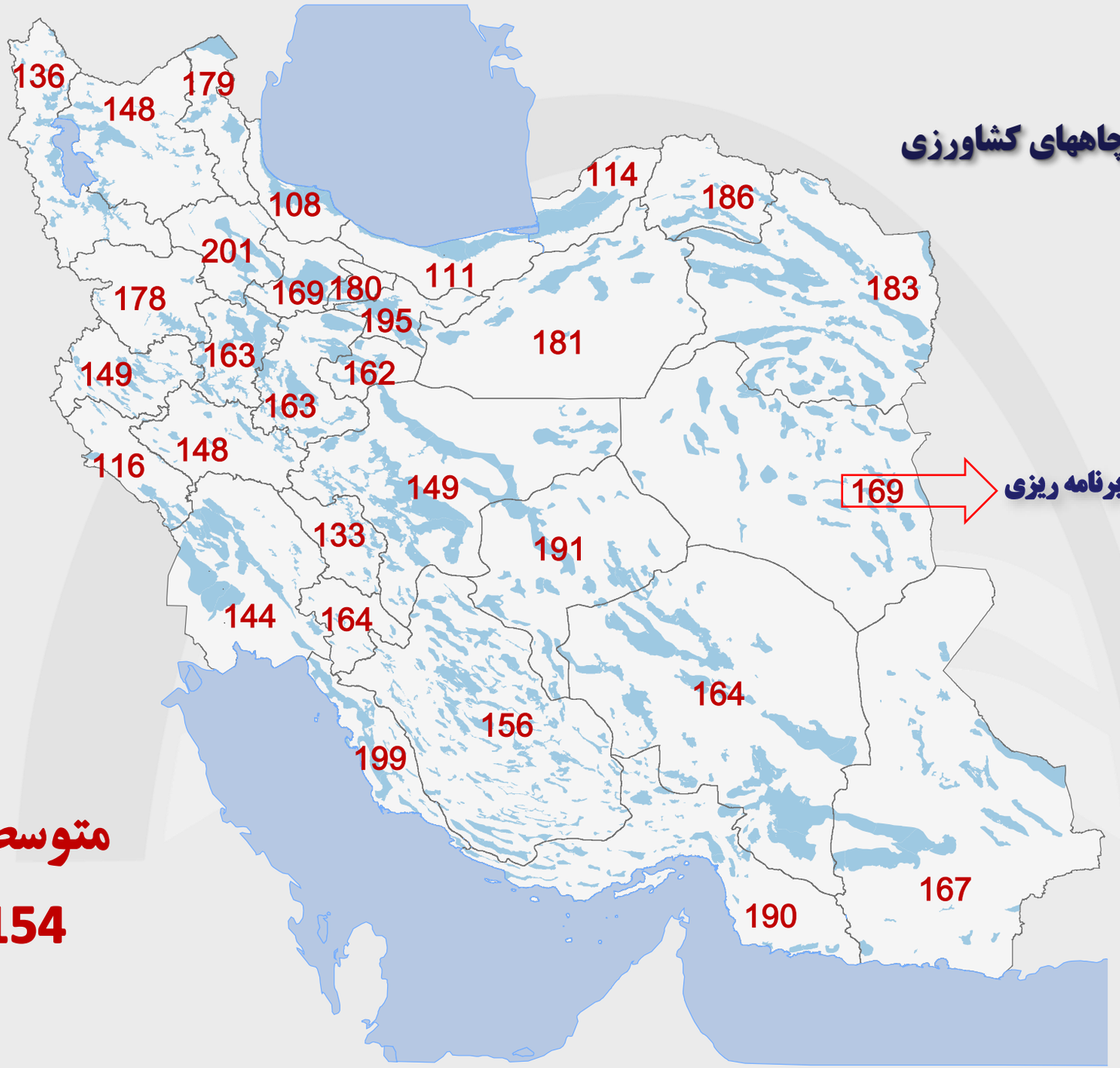
-۲-

هدف

برقراری تعادل بین منابع و مصارف آب زیرزمینی

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

وضعیت موجود در چاههای کشاورزی



درصد برداشت به آب قابل برنامه ریزی

متوسط کشوری

154 درصد

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

برنامه کوتاه مدت

تثبیت افت و جبران متوسط کسری در کلیه سفره های آب زیرزمینی

برنامه میان مدت

جبران کسری تجمعی سفره های آب زیرزمینی

هماهنگی ها والزامات

افزایش بهره وری فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی آب با تدوین و اصلاح الگوی کشت

جلب و تقویت مشارکت بهره برداران و توجیه آنها برای مدیریت منابع آب و خاک

لزوم برنامه ریزی عملیاتی در کاهش ضایعات محصولات کشاورزی و مدیریت آب مجازی

لزوم قیمت‌گذاری آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی

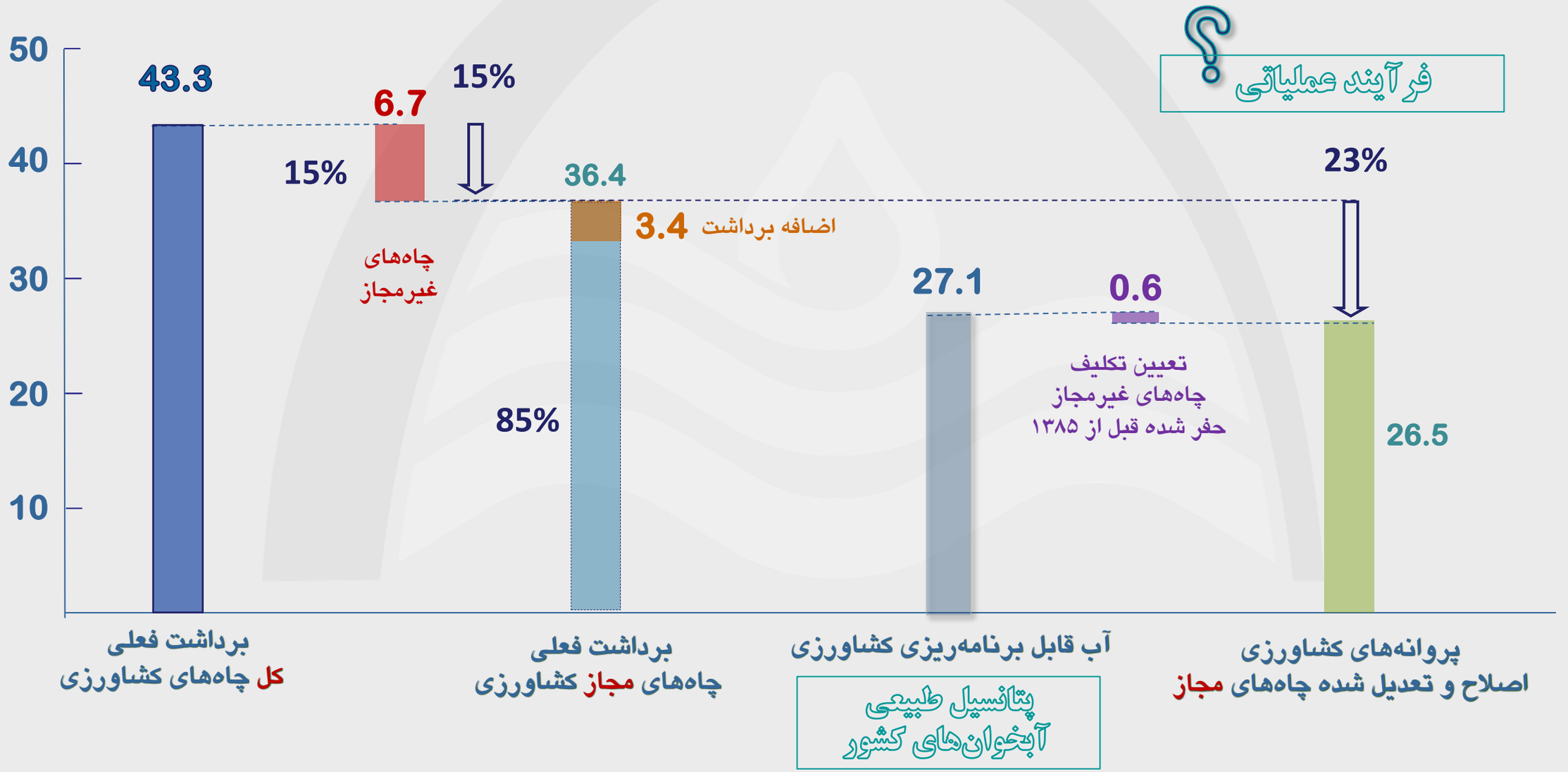
تامین اعتبار مورد نیاز برای مدیریت منابع و مصارف و همکاری سایر دستگاه ها

ماده ۳۵ قانون برنامه ششم توسعه : الزام به جبران کسری مخزن منابع آب زیرزمینی به میزان ۱۱ میلیارد متر مکعب

برنامه برای تعادل بخشی – آب قابل برنامه‌ریزی

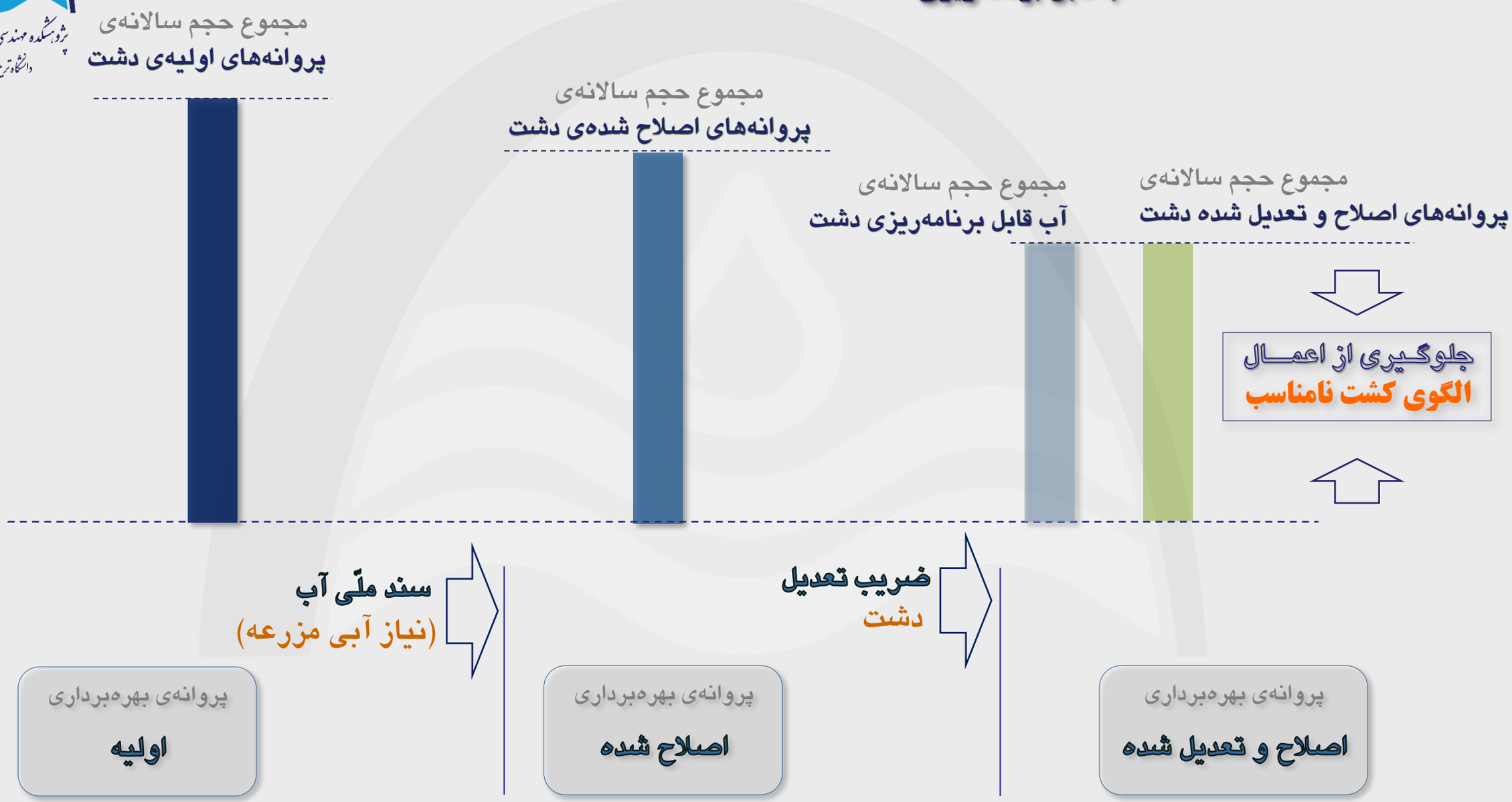
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

برداشت‌های کشاورزی
از منابع آب زیرزمینی
میلیارد متر مکعب در سال



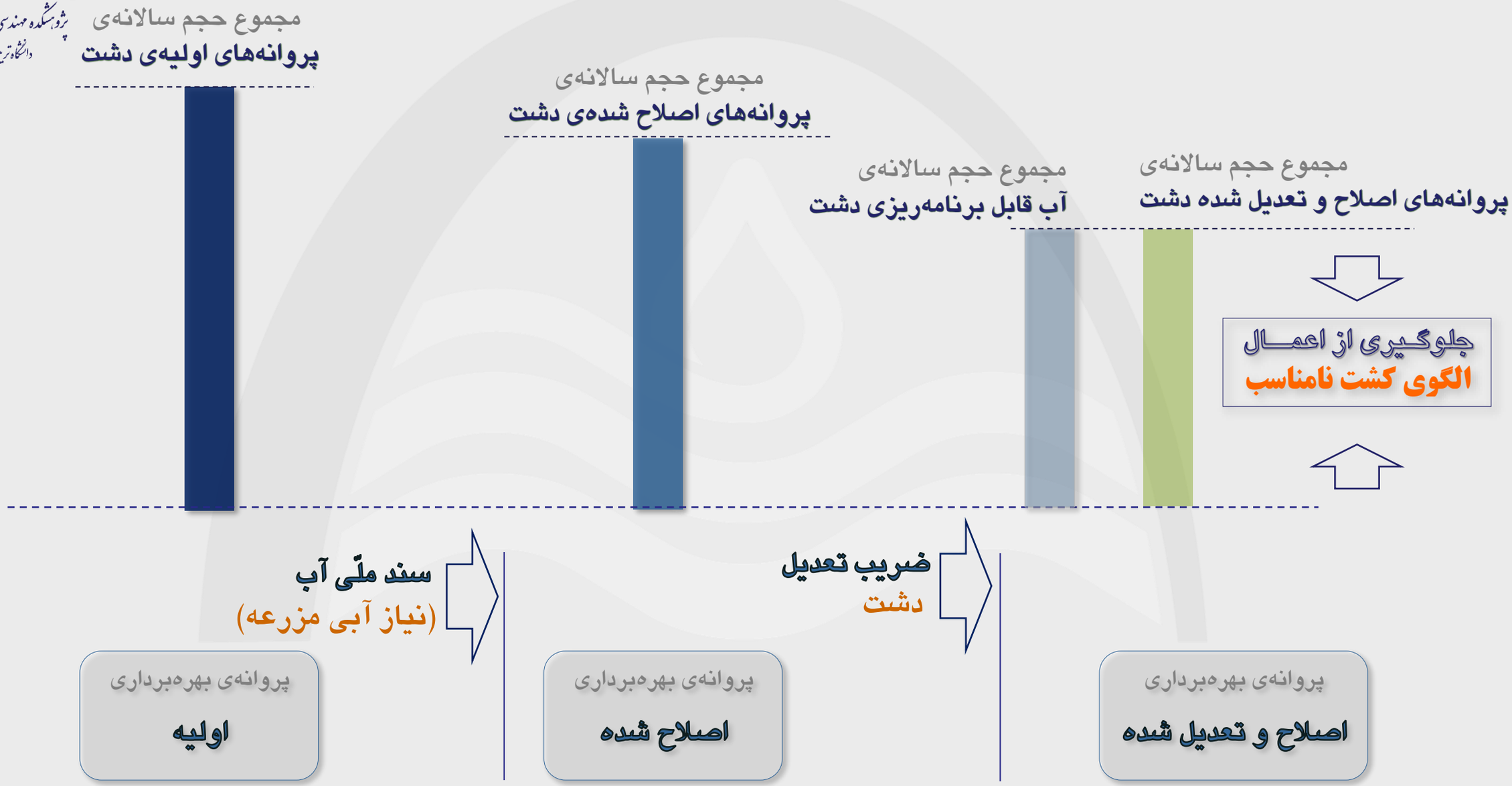
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آب قابل برنامه‌ریزی



پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آب قابل برنامه‌ریزی



پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

چالش‌های عملیاتی

چاه‌های غیر مجاز کشاورزی

مشکلات مربوط به تامین معیشت جایگزین

ملاحظات اجتماعی و سیاسی

- تعیین الگوی کشت بهینه؟
- ناهمسویی طرحهای آبیاری نوین
- خودکفایی یا امنیت غذایی؟
- توسعه اراضی شیبدار
- افزایش تولید محصولات باغی و زراعی
- قیمت آب؟
- ضایعات محصولات کشاورزی
- نقش و مسوولیتهای بهره برداران؟
- اقدامات پیشگیرانه؟

چاه‌های مجاز کشاورزی

لزوم جایگزینی الگوی کشت فعلی با الگوهای کم مصرف و ظرفیت آب قابل برنامه ریزی کشور

تامین اعتبار مورد نیاز برای نصب کنتور برای تمام چاه‌های کشور

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب

دانشگاه تربیت مدرس

از توجه شما سپاسگزاریم

ع. فاضلی–دفتر حفاظت و بهره برداری منابع آب زیرزمینی
شـرکت مدیریت منابع آب ایران

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

دکتر رضا نامور

کارشناس ارشد و مدیر پروژه در شرکت مهندسی مشاور ـ امریکا

دکتر نامور هم اکنون کارشناس ارشد و مدیر پروژه در امریکا می‌باشد. وی دارای مدرک دکتری تخصصی مهندسی عمران از دانشکده مهندسی عمران دانشگاه ایالتی کلرادو امریکا در سال ۱۳۷۲ است و در زمینه منابع آب و مدل‌های آب‌های زیرزمینی تحقیق نموده است. وی همچنین کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی عمران از دانشگاه فنی لوییزیانا در سال ۱۳۶۷ دریافت کرد. سابقه علمی وی شامل چند سال تدریس در دانشگاه و انجام پروژه‌های متعدد در زمینه منابع آب و بخصوص آب‌های زیرزمینی در مهندسین مشاور است. دکتر نامور چندین مدل آب‌های زیرزمینی برای حوزه‌های مختلف در ایران و آمریکا تهیه کرده که بسیاری از مدل‌های تهیه شده برای ارزیابی پروژه‌های مختلف منابع آب استفاده می‌شود. وی دارای چندین مقاله، دستورالعمل و گزارش تخصصی در زمینه بکارگیری همین مدل‌ها و نیز مباحث بیلان آب زیرزمینی است و در زمره متخصصان فعال در زمینه قانون پایداری منابع آب زیرزمینی ایالت کالیفرنیای امریکا (SGMA) محسوب می‌شود.

r_namvar@hotmail.com

مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی در کالیفرنیا

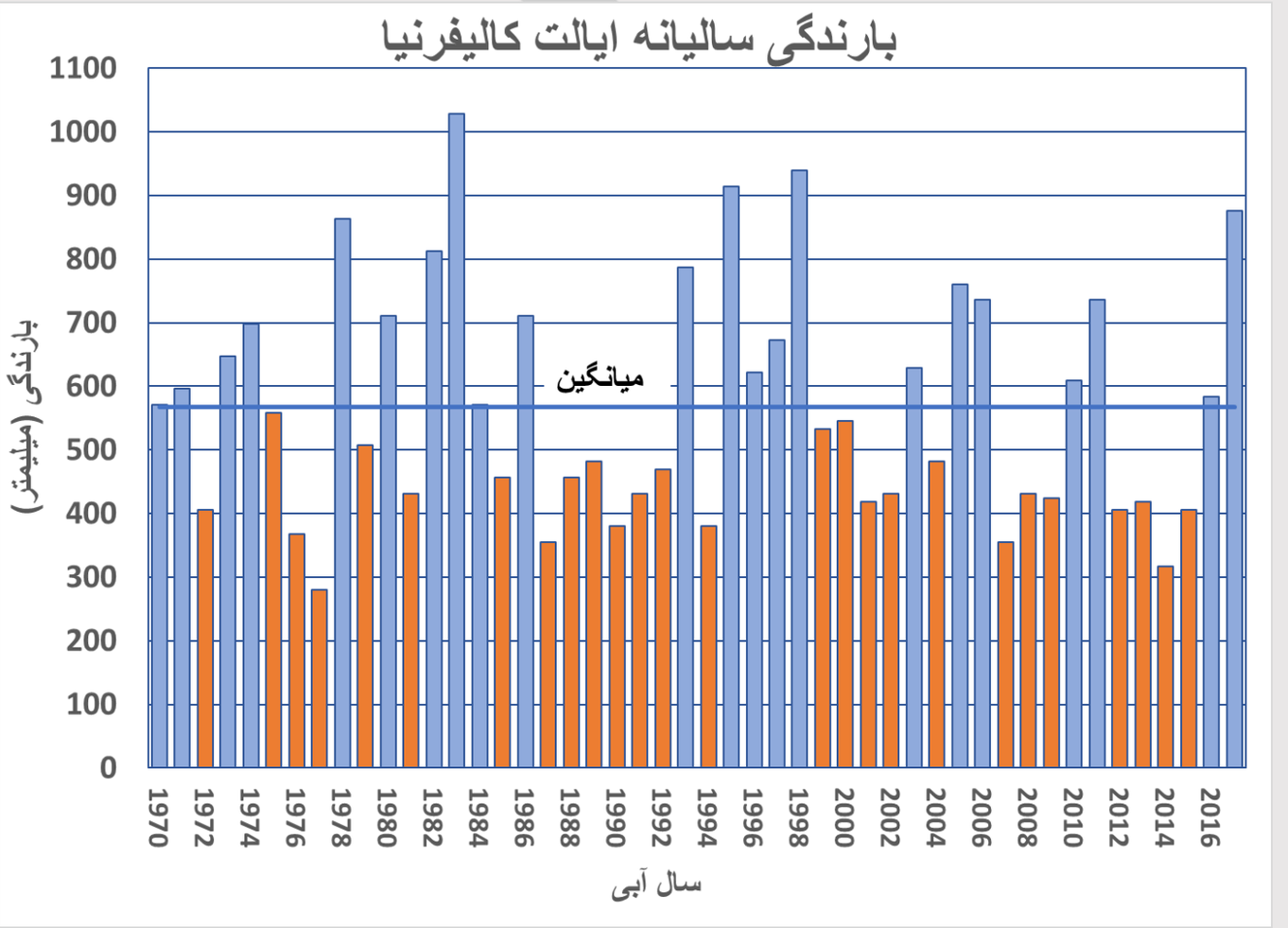
چالش‌ها و پیشرفت‌های طرح

۲۳ مهر ۱۳۹۹

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط آب و هوایی کالیفرنیا

- بارندگی در نیمه شمالی و مصرف در نیمه جنوبی
- سالهای پر آبی و کم آبی



پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

شرایط آب و هوایی کالیفرنیا

- بارندگی در نیمه شمالی و مصرف در نیمه جنوبی
- سالهای پر آبی و کم آبی

جدول 1 – بیلان آبی ایالت کالیفرنیا[6]

(واحد: میلیارد متر مکعب)

	سال پر آب	سال میانگین	سال کم آب
آب ورودی به کالیفرنیا (بارندگی، واردات آب، رودهای مرزی)	415	235	180
آب مصرفی در کالیفرنیا (آب شهری، آب کشاورزی، و مصارف زیست محیطی)	115	95	80

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

کشاورزی در کالیفرنیا

- مساحت
  - ۴۱۱،۰۰۰ کیلومتر مربع
- جمعیت
  - ۴۰ میلیون نفر
- زمینهای کشاورزی
  - بیش از صدهزار کیلومتر مربع (۱۰ میلیون هکتار)

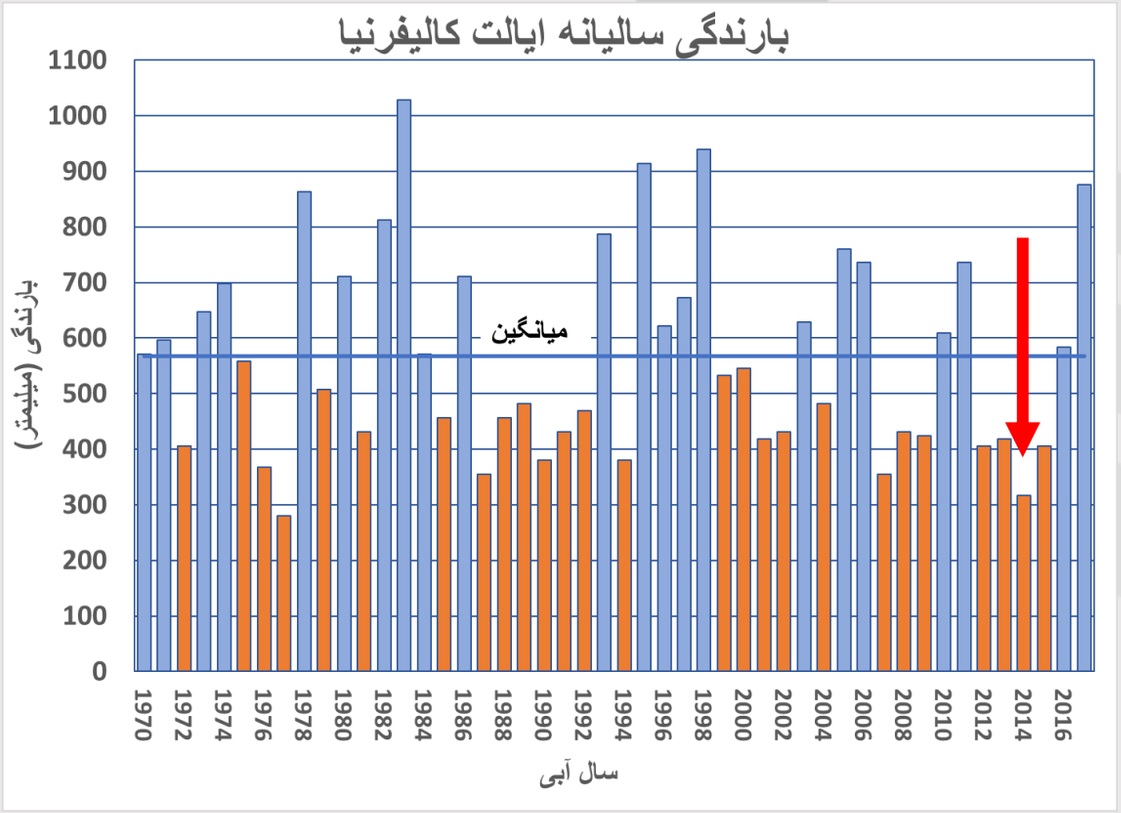
تولید محصولات کشاورزی در کالیفرنیا

- بیش از ۵۰ میلیارد دلار در ۲۰۱۸ (۱۲.٤٪ تولید کشاورزی آمریکا)
- صادرات بیش از ٤۰ درصد محصولات کشاورزی به خارج از ایالت

قانون مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی در کالیفرنیا

- تصویب قانون سیستم حق آبه آبهای سطحی در سال ۱۹۱۴
- تصویب قانون مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی در سال ۲۰۱۴

Sustainable Groundwater Management Act (SGMA)



قانون مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی در کالیفرنیا

- **خصوصیات قانون مدیریت پایدارآبهای زیرزمینی ۲۰۱٤**
  - الزام به مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی
  - ترویج کنترل و مدیریت محلی آبهای زیرزمینی

  - تاسیس سازمانهای مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی
  - قدرت قانونی برای اجرای مدیریت پایدار
  - تهیه برنامه های پایداری
  - زمانبندی مشخص برای رسیدن به پایداری

قانون مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی در کالیفرنیا

هدف – از بین بردن اثرات نامطلوب استفاده از آبهای زیرزمینی در طول ۲۰ سال

اثرات نامطلوب شامل:

- افت شدید سطح آبهای زیرزمینی
- کاهش ذخیره آبهای زیرزمینی
- ورود آب دریا به آبخوان های ساحلی
- کاهش کیفیت آب
- نشست زمین
- کاهش کاربرد مفید آبهای سطحی

قانون مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی در کالیفرنیا

- زمانبندی
  - سه سال برنامه ریزی
  - بیست سال اجرا
- خصوصیات کلی
  - ایجاد سازمانهای پایداری آبهای زیرزمینی
  - تهیه و اجرای برنامه پایداری آبهای زیرزمینی
  - دخالت سازمانهای ایالتی در صورت عدم اجرای کامل قانون
  - عدم نیاز به مطالعات زیست محیطی
  - عدم تغییر حق آبه ها

سازمانهای مجری پایداری آبهای زیرزمینی

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

سازمانهای مجری

- **سازمانهای محلی - مجری پایداری آبهای زیرزمینی**
  - تهیه برنامه پایداری
  - بروز کردن برنامه پایداری هر پنج سال یکبار
  - اجرای برنامه پایداری
  - ارایه گزارشهای سالیانه

سازمانهای مجری

- سازمانهای محلی - مجری پایداری آبهای زیرزمینی
- **اداره منابع آب ایالت** (Department of Water Resources)
  - تدوین چارچوب مدیریت پایدار آبهای زیر زمینی
  - کمکهای فنی برای سازمانهای مجری
  - تهیه برنامه های ایالتی برای حمایت از مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی
  - کمک به هماهنگی ایالت و سازمانهای مجری و ارایه کمکهای مالی
  - کمکهای بین منطقه ای نظیر انتقال آب

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

سازمانهای مجری

- سازمانهای محلی - مجری پایداری آبهای زیرزمینی
- اداره منابع آب ایالت – تنظیم کننده و همکاری فنی
- **اداره کنترل منابع آب ایالت – مداخله در صورت عدم اجرا**
  - محدود کردن برداشت از آبهای زیرزمینی
  - تهیه برنامه موقت مدیریت آبخوان
  - اخذ هزینه تهیه و اجرای برنامه پایداری

مراحل اجرای قانون مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی

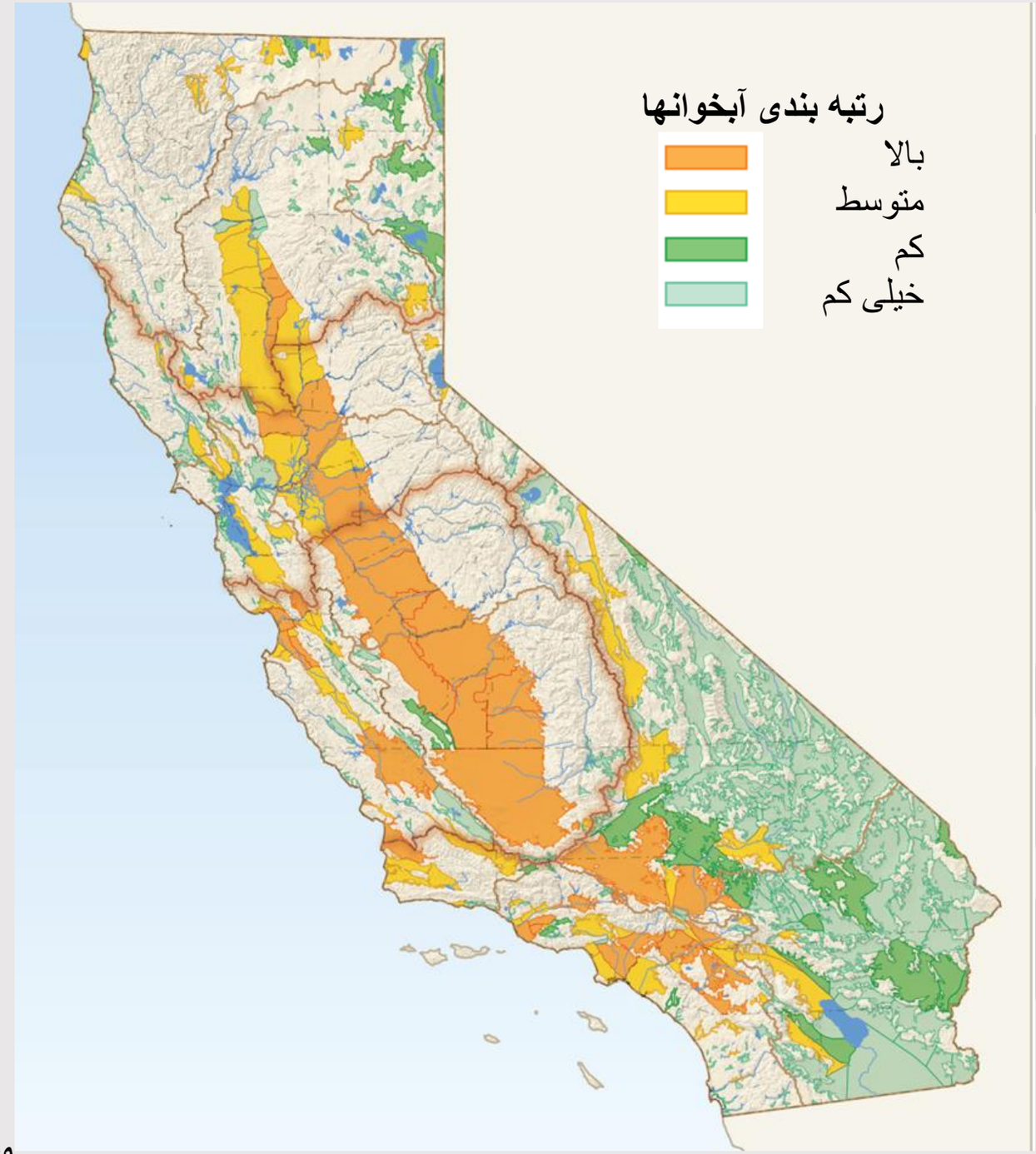
- مرحله یک – رتبه بندی آبخوانها و تعیین آبخوانهای مشمول قانون
- اجرای قانون در حوزه های با الویت زیاد و متوسط و بحرانی (۹۶ درصد آبهای زیرزمینی)

آبخوانهای کالیفرنیا

- ۵۱۵ آبخوان

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

رتبه بندی آبخوانها



رتبه بندی آبخوان	تعداد آبخوان	درصد از کل	
		مصرف آب زیرزمینی	جمعیت
بالا	43	69%	47%
متوسط	84	27%	41%
کم	27	3%	1%
خیلی کم	361	1%	11%
جمع	515	100%	100%

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آبخوانهای با شرایط بحرانی

- تعیین آبخوان با شرایط بحرانی بر اساس اثرات سوء:
  - نشست زمین
  - نفوذ آب دریا به آبخوانهای ساحلی
  - حرکت آب با کیفیت پایین و غیر قابل استفاده کردن بقیه آبخوان
  - افت سطح آب در شرایط میانگین و بهتر
  - اثر سوء بر جمعیت ساکن
  - اثر سوء بر رودخانه ها

- تعیین 21 آبخوان با شرایط بحرانی

Basin/Subbasin Number*	Basin/Subbasin Name
3-001	Santa Cruz Mid-County
3-002.01	Pajaro Valley
3-004.01	180/400-Foot Aquifer
3-004.06	Paso Robles Area
3-008	Los Osos Valley
3-013	Cuyama Valley
4-004.02	Oxnard
4-006	Pleasant Valley
5-022.01	Eastern San Joaquin
5-022.04	Merced
5-022.05	Chowchilla
5-022.06	Madera
5-022.07	Delta-Mendota
5-022.08	Kings
5-022.09	Westside
5-022.11	Kaweah
5-022.12	Tulare Lake
5-022.13	Tule
5-022.14	Kern County
6-054	Indian Wells Valley
7-024.01	Borrego Springs

*See Appendix B, Figure B-2 for an explanation of the California groundwater basin/subbasin numbering system.

مراحل اجرای قانون مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی

- مرحله دو – ایجاد سازمانهای پایداری آبهای زیرزمینی تا تابستان ۲۰۱۷ (۱۳۹۶)
  - وظایف سازمانهای پایداری آبهای زیرزمینی
    - تهیه و اجرای برنامه های پایداری آبهای زیرزمینی
      - توجه به تمام مصارف مفید
      - توجه به تمام مصرف کنندگان آبهای زیرزمینی
    - به روز کردن برنامه هر پنج سال
    - پایش وارزیابی پیشرفت برنامه

مراحل اجرای قانون مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی

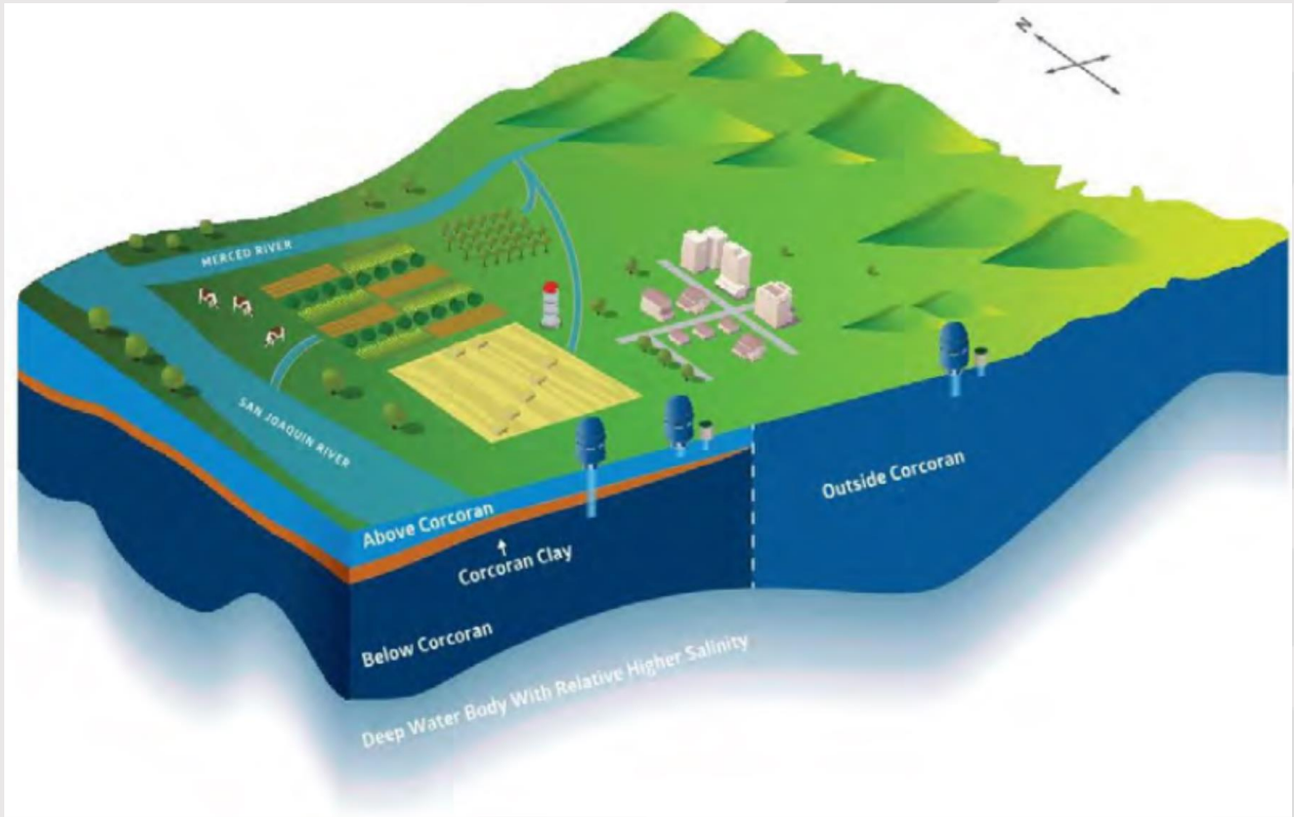
- مرحله سه - تهیه برنامه پایداری آبهای زیرزمینی
  - حوزه های بحرانی – 2020
  - حوزه های با الویت زیاد و متوسط - 2022

برنامه پایداری آبهای زیرزمینی – افق برنامه

- افق 20 ساله برای اجرا
- افق 50 ساله برای برنامه ریزی

برنامه پایداری آبهای زیرزمینی – اجزای برنامه پایداری

- مدل مفهومی آبخوان
- بیلان آب
  - بیلان بر اساس داده
  - بیلان بر اساس مدل
- معیارهای مدیریت پایدار
  - اهداف پایداری
  - حداقل ضوابط و اهداف قابل اندازه گیری
- شبکه پایش آبهای زیرزمینی
- تامین مالی برنامه پایداری
- پروژه ها و برنامه های مدیریت پایدار



منابع مالی و انسانی مورد نیاز برای مدیریت پایداری آبهای زیرزمینی

- منابع مورد نیاز برای تهیه برنامه پایداری
  - منابع مالی
    - منابع محلی
    - کمک مالی ایالت
  - منابع انسانی
    - پنج الی پانزده هزار نفر-ساعت مهندسی مشاور
    - یک الی سه هزار نفر-ساعت کارفرما

- منابع مالی اجرای برنامه های پایداری آبهای زیرزمینی در کالیفرنیا
  - منابع مالی – چند صد میلیارد دلار
  - منابع انسانی – چند هزار نفر اشتغال مستقیم

تلاش مداوم برای اجرای برنامه مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی

- اجرای مدیریت پایدار یک روند پر چالش است
  - تهیه بیلان آب حوزه
  - رسیدن به توافق بین مصرف کنندگان آب
  - پایش اجرای برنامه
  - مدیریت انطباقی
- رقابت برای منابع محدود آبهای سطحی
- اثرات مالی و اقتصادی کم شدن مصرف آب
- اثرات دراز مدت پروژه های کلان

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

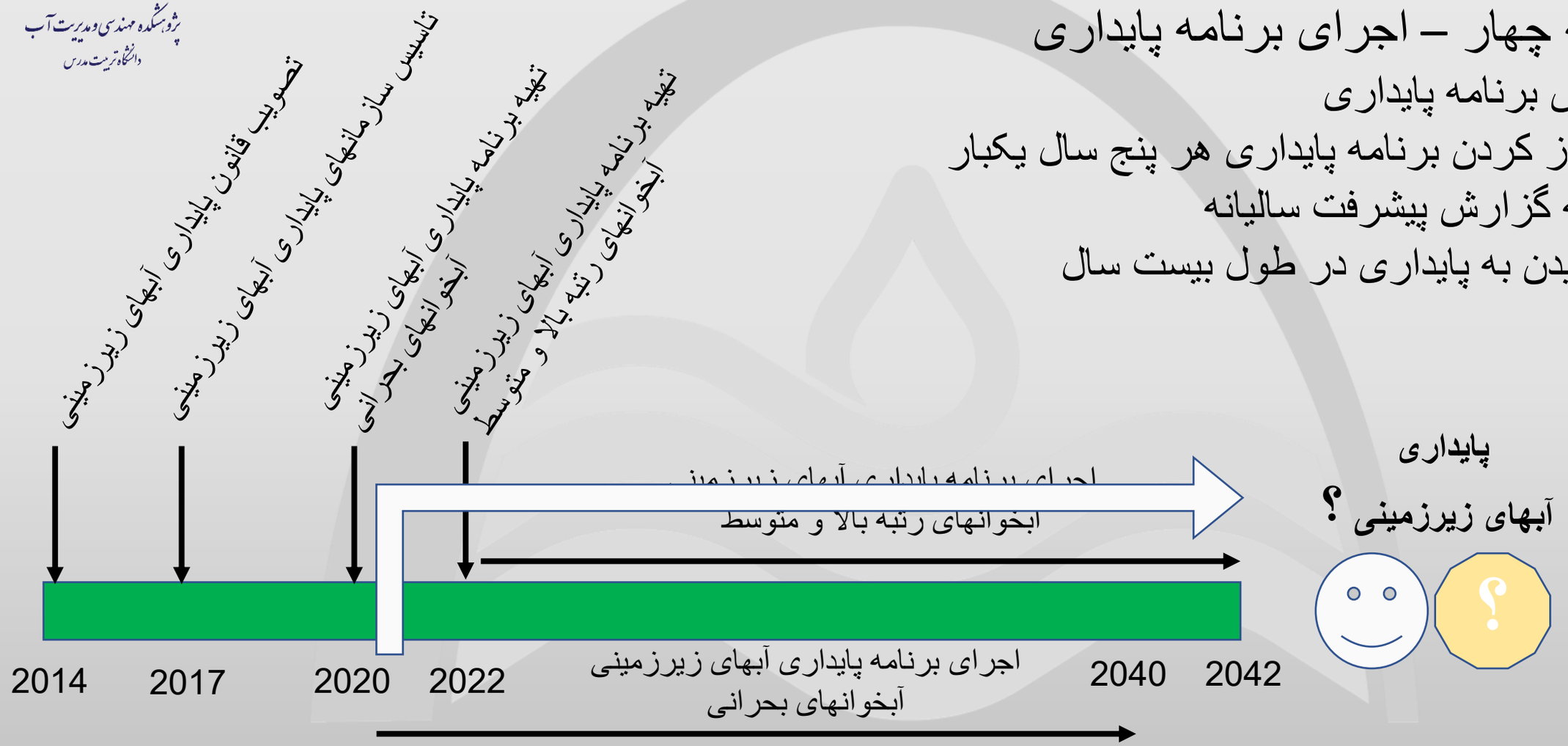
کارهای جدید در رابطه با قانون پایداری آبهای زیرزمینی

- Data Management
- Farm Level Water Management
- Metering & Monitoring Technologies
- Satellite Technology Use for SGMA
- Drone Technology
- Geophysics – Airborne Electromagnetic Geophysics
- Farming Practices
- Crop Selections

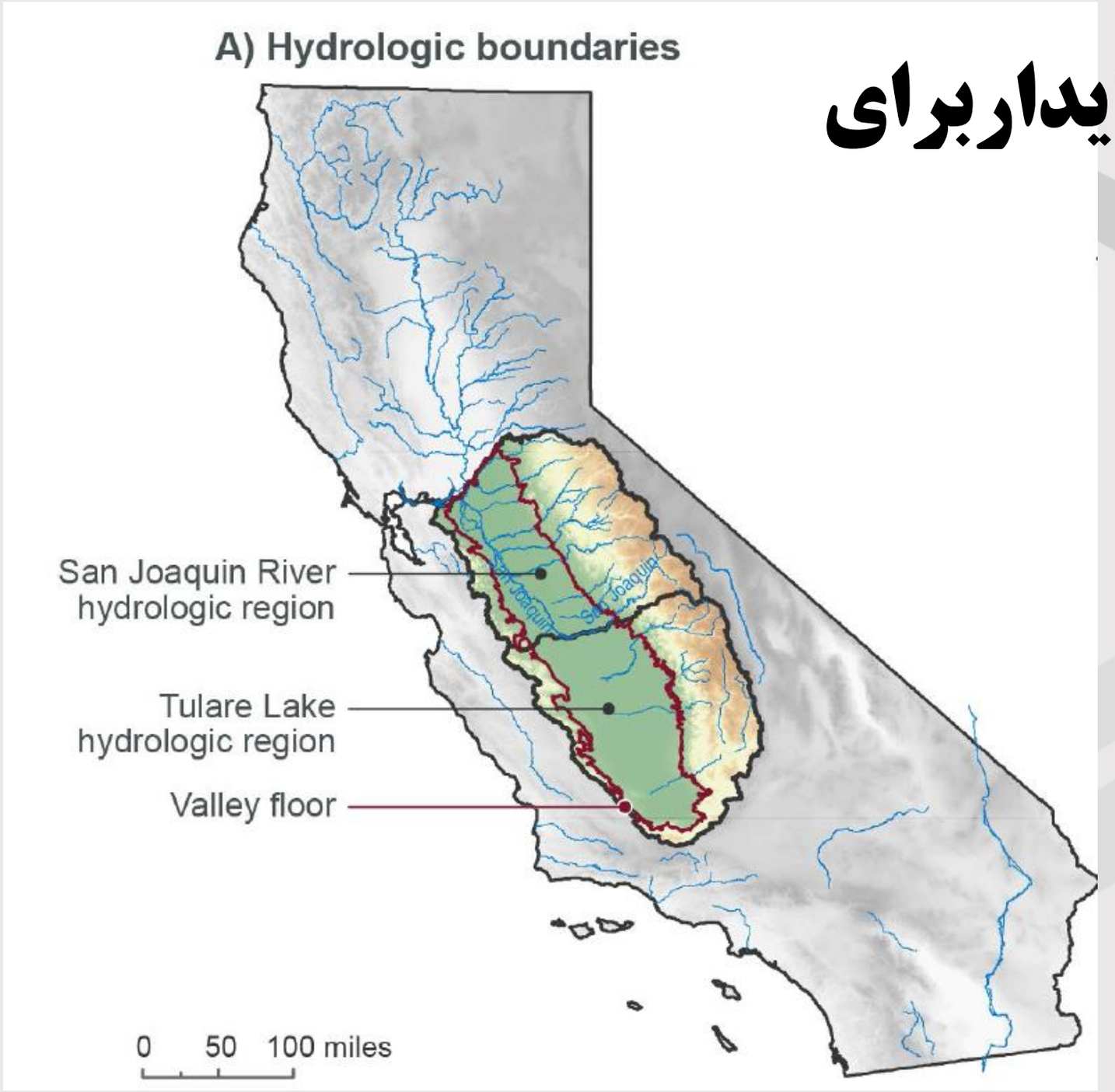
- مدیریت داده
- مدیریت آب در سطح مزرعه
- فن آوری های اندازه گیری و پایش
- فن آوری ماهواره
- فن آوری پهباد
- فن آوری ژیوفیزیک – الکترومغناطیس هوایی
- روشهای کشاورزی
- انتخاب محصول

مراحل اجرای قانون مدیریت پایدار آبهای زیرزمینی

- مرحله چهار – اجرای برنامه پایداری
  - پایش برنامه پایداری
  - بروز کردن برنامه پایداری هر پنج سال یکبار
  - تهیه گزارش پیشرفت سالیانه
  - رسیدن به پایداری در طول بیست سال



پروژه های مدیریت پایداربرای دشت San Joaquin



پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

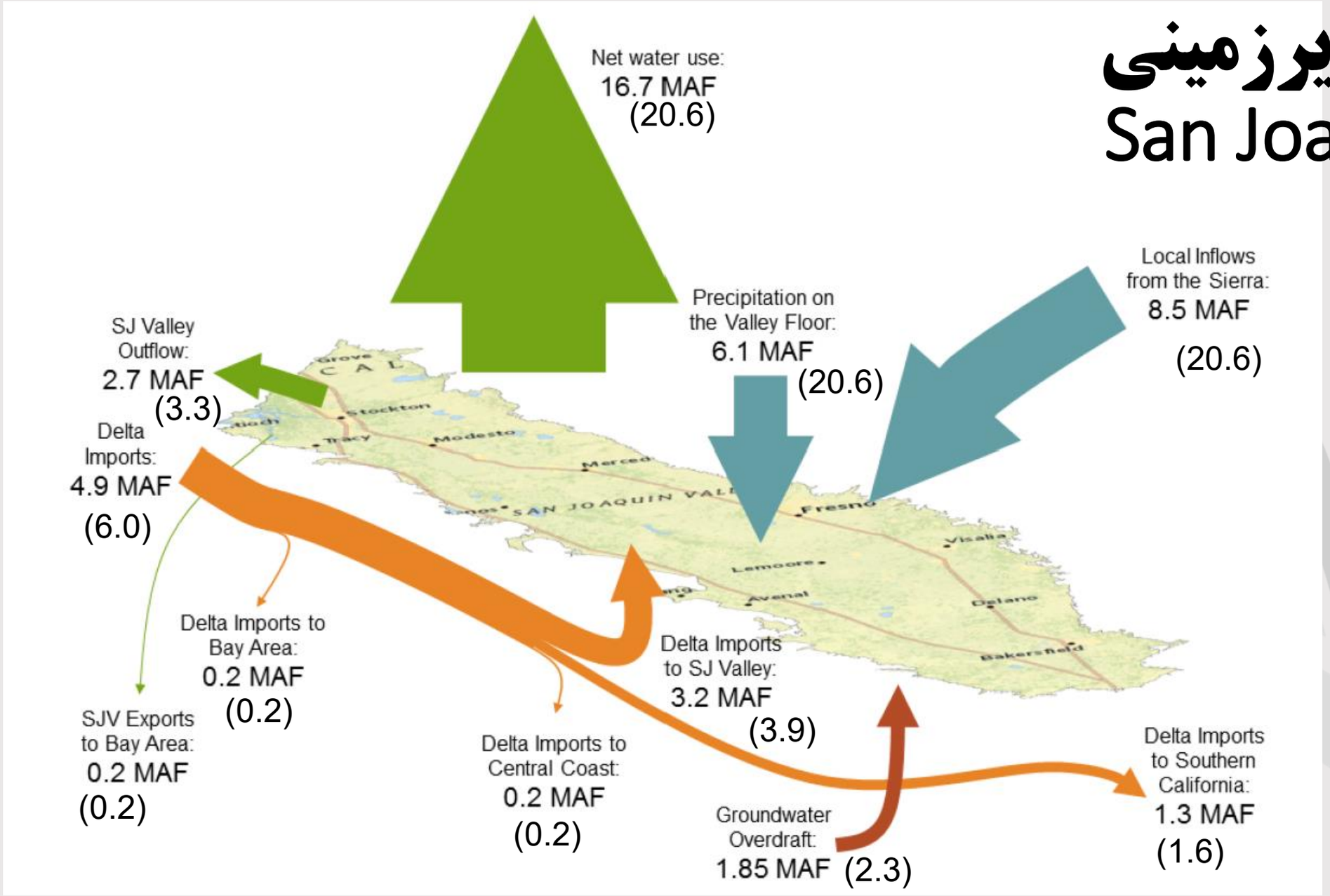
پروژه های مدیریت پایداربرای دشت San Joaquin

- دشت San Joaquin شامل 11 آبخوان بحرانی و GSP 36 است
- اقدامات مدیریتی و پروژه ها برای مدیریت پایدار شامل:
  - ازدیاد عرضه (Supply Expansion)
  - مدیریت تقاضا (Demand Management)

Source: Jexdimirovic, Jelena, Ellen Hanak, and Alvar Escriva-Bou. 2020 *PPIC San Joaquin Valley GSP Supply and Demand Projects.* Public Policy Institute of California (PPIC.ORG)

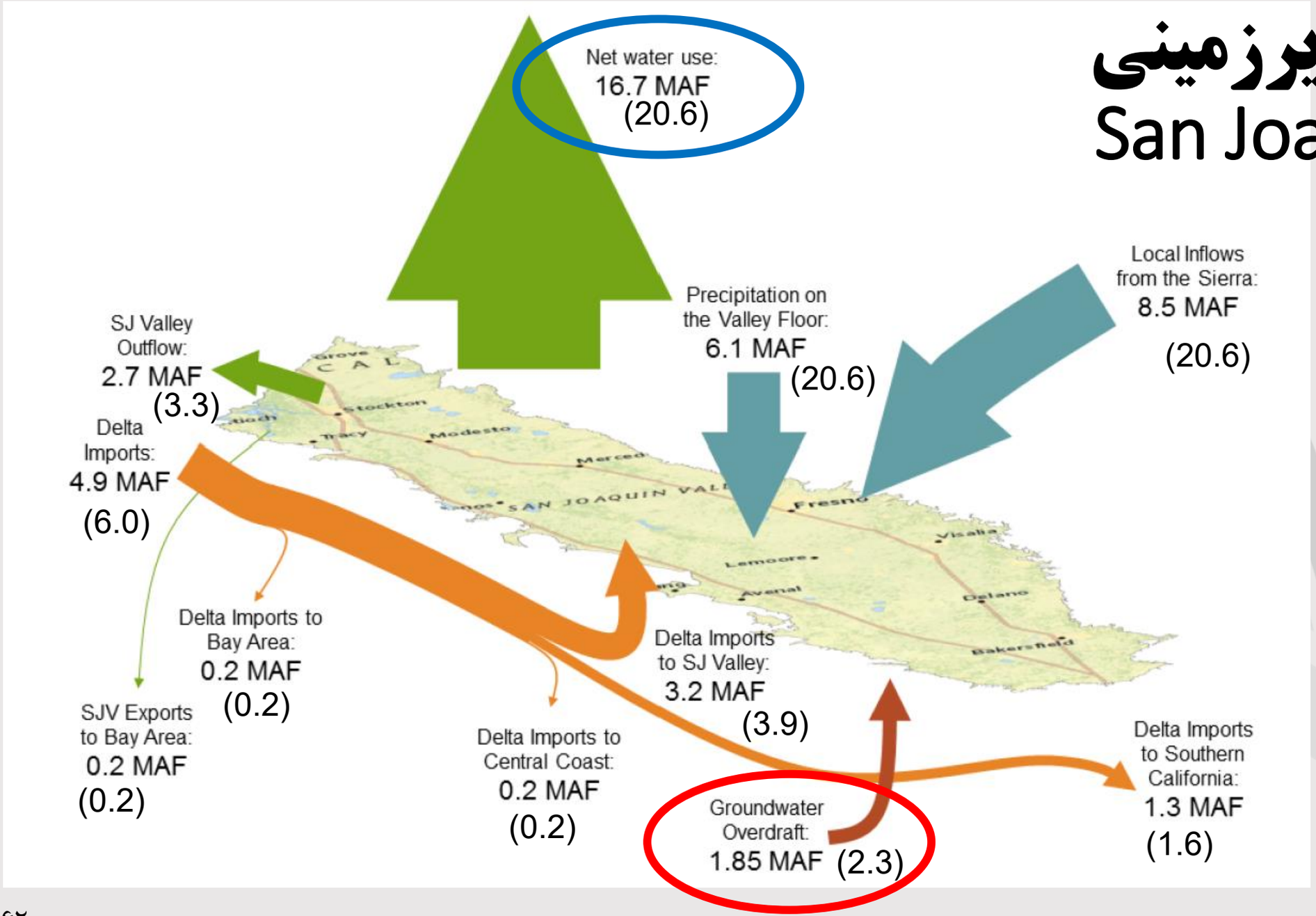
بیلان آب زیرزمینی دشت San Joaquin

(میلیارد متر مکعب)



بیلان آب زیرزمینی دشت San Joaquin

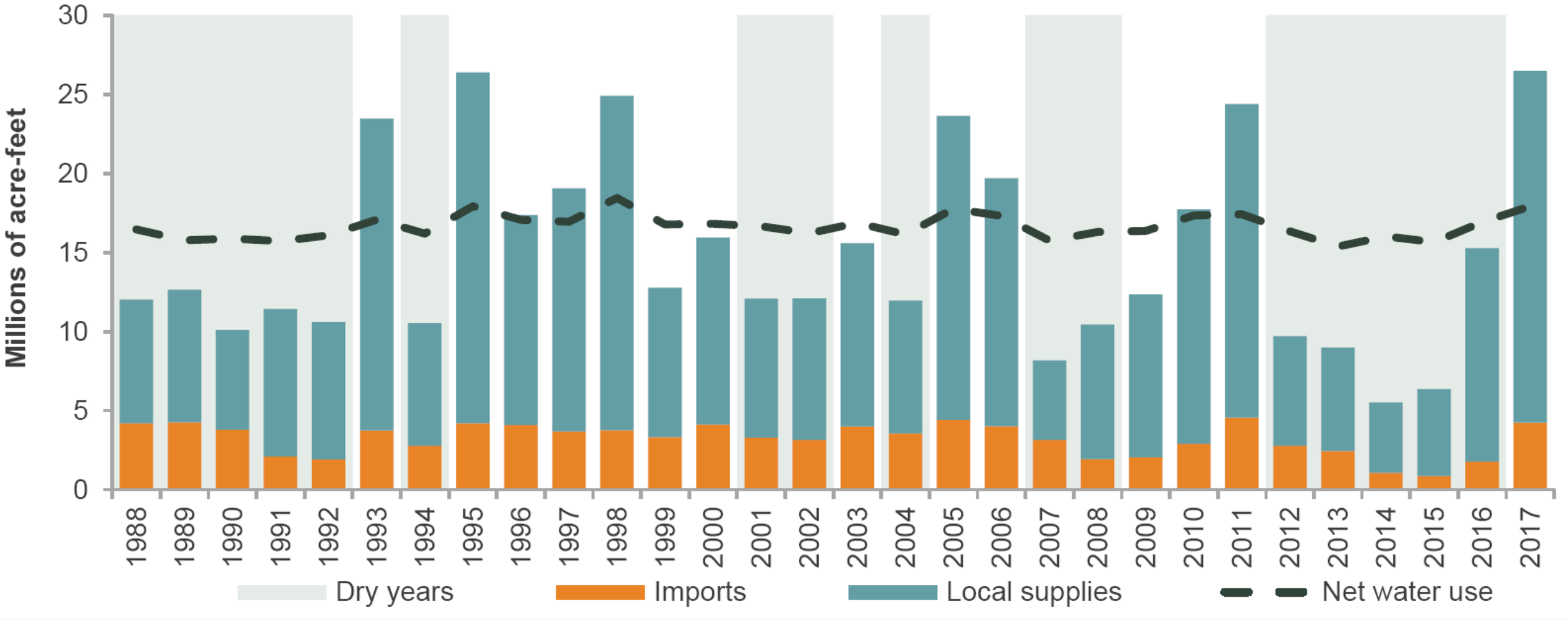
(میلیارد متر مکعب)

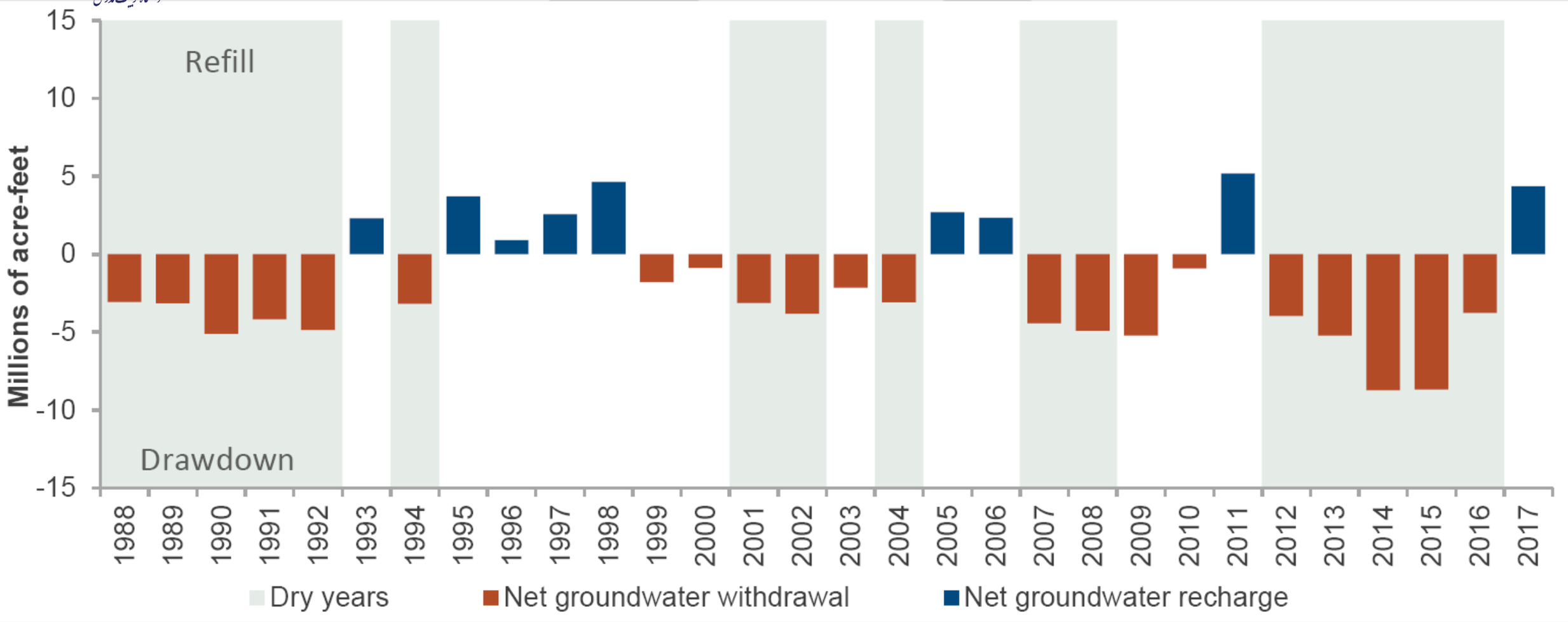


درصد اضافه برداشت نسبت به مصرف آب

2.3/20.6 = 11.1%

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس


Millions of acre-feet
30
25
20
15
10
5
0
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
Dry years
Imports
Local supplies
Net water use


Millions of acre-feet
15
10
5
0
-5
-10
-15
Refill
Drawdown
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
Dry years
Net groundwater withdrawal
Net groundwater recharge

پروژه های ازدیاد عرضه برای دشت San Joaquin

- توسعه انتقال و توزیع آب سطحی (Conceyance & Distribution)
- توسعه روشهای مختلف تغذیه مصنوعی (Recharge)
- استفاده از بازیافت پس آب شهری (Recycled Water)
- استفاده از آب احیا شده (نمک زدایی آبهای شور) (Reclaimed Water)
- ساخت مخازن آبهای سطحی جدید و افزایش ظرفیت مخازن موجود (Surface Storage)
- خرید و تبادل آب سطحی برای مصرف و ذخیره (Surface Water)
- کاهش فروش آب سطحی به بیرون آبخوان برای مصرف محلی (Surface Water)
- ازدیاد ظرفیت تصفیه خانه های آب سطحی برای کاهش مصرف اب زیرزمینی (ُSurface Water Treatment)

پروژه های مدیریت تقاضا برای دشت San Joaquin

- بهبود بازدهی آبیاری (Irrigation Efficiency)
- کاهش سطح زیر کشت (Land Fallowing)
- محدودیت برداشت از آب زیرزمینی (Pumping Restriction)
  - تخصیص آب زیرزمینی (Groundwater Allocation)
  - نصب کنتور (Metering)
  - اخذ هزینه برداشت (Fees for Volume Pumped)
  - ازدیاد قیمت اب زیرزمینی برای تشویق استفاده از اب سطحی (Pricing)
  - تبادل آب زیرزمینی
- کاهش مصرف آب شهری
  - نصب کنتور(Metering)
  - اصلاح شبکه انتقال آب (Leak Reduction)
  - برنامه های مختلف کاهش مصرف آب

مدیریت پایدار پروژه های

- ازدیاد عرضه
- مدیریت تقاضا
- سایر

Project Category	Project Subcategory	Number of Projects	
Supply Expansion	Conveyance & Distribution	57	360
	Recharge	237	
	Reclaimed Water (Brackish Desal)	10	
	Recycled Water	11	
	Surface Storage	23	
	Surface Water Trading	15	
	Surface Water Treatment	7	
Demand Management	Irrigation Efficiency	11	97
	Land Fallowing	24	
	Pumping Restrictions, Allocations, Metering, Pricing Incentives, Groundwater Trading	49	
	Urban Conservation	13	
Other			58
		Total	**515**

پروژه های مدیریت پایدار

- سال شروع پروژه
- تعداد پروژه
- منافع سالیانه در تکمیل پروژه
- سرمایه مورد نیاز

Year of Implementation	Number of Projects	Annual Benefit at Full Implementation (AF/yr)	Annual Benefit at Full Implementation (m^3/yr), million)	Estimated Captial Cost ($,million)
2012	1	43,600	53.8	76.8
2013	1	2,210	2.7	21.8
2014	-	-	-	-
2015	4	6,055	7.5	14.2
2016	5	10,190	12.6	5.3
2017	9	6,670	8.2	16.0
2018	7	37,166	45.8	93.0
2019	13	120,706	148.9	457.0
2020	48	447,841	552.5	458.2
2021	38	150,407	185.5	112.0
2022	16	39,221	48.4	27.0
2023	10	10,479	12.9	26.1
2024	6	7,795	9.6	26.5
2025	44	191,901	236.7	561.2
2026	7	20,237	25.0	10.0
2027	2	5,208	6.4	0.1
2028	3	1,913	2.4	0.9
2029	-	-	-	-
2030	23	46,690	57.6	633.6
2031	2	23,830	29.4	34.5
2032	3	3,713	4.6	7.8
2033	3	4,960	6.1	4.4
2034	2	1,729	2.1	3.0
2035	10	20,350	25.1	73.4
2036	1	93	0.1	0.1
2037	2	157	0.2	0.3
2038	1	278	0.3	0.6
2039	3	15,648	19.3	3.5
2040	6	85,912	106.0	203.6
No Year	245	807,448	996.1	1,046.7
Total	**515**	**2,112,407**	**2,605.9**	**3,917.5**

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

برای دریافت داده‌ها و اطلاعات بیشتر از لینک‌های زیر استفاده کنید

- https://water.ca.gov/Programs/Groundwater-Management/SGMA-Groundwater-Management
- http://groundwater.ucdavis.edu/SGMA/

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب

دانشگاه تربیت مدرس

از توجه شما سپاسگزاریم

دکتر رضا نامور

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

دکتر حامد کتابچی

هیأت علمی گروه مهندسی و مدیریت آب دانشگاه تربیت مدرس

دکتر کتابچی هم اکنون عضو هیأت علمی گروه مهندسی و مدیریت آب دانشگاه تربیت مدرس می‌باشد. وی دارای مدرک دکتری تخصصی مهندسی عمران در گرایش مهندسی آب و محیط‌زیست از دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۹۳ است. وی همچنین کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی آب از همین دانشگاه در سال ۱۳۸۵ دریافت کرد. برنده جایزه دکتر توکلی دانشگاه صنعتی شریف در تلاش برای تعالی تحقیقات در مقطع دکتری در سال ۱۳۹۲، کسب رتبه اول در تمام مقاطع تحصیلی و انتخاب به عنوان داور برتر تعدادی از مجلات تخصصی داخلی و خارجی، از افتخارات کسب شده توسط وی می‌باشد. علایق تحقیقاتی اصلی وی در زمینه جنبه‌های نوین در حل مسائل منابع آب زیرزمینی با تمرکز ویژه بر مباحث بیلان، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی در قالب توسعه مدل‌های تصمیم بوده و هدف اصلی پرداختن به مسائل کاربردی واقعی جهت توسعه راهبردهای پایدار در مدیریت منابع آب زیرزمینی است. دکتر کتابچی دارای بیش از ۴۰ مقاله علمی ـ پژوهشی در مجلات معتبر داخلی و خارجی است و در ترجمه و تألیف دو کتاب تخصصی نیز نقش داشته است. در سابقه حرفه‌ای بیش از ۱۰ سال وی، پروژه‌های داخلی مختلفی از جمله در استان‌های تهران، البرز، گیلان، کرمان، هرمزگان، کرمانشاه، اصفهان، ایلام و در طرح‌های بین‌المللی در کشورهای عراق، قطر، سریلانکا و عمان در زمینه آب‌های زیرزمینی و مباحث محیط‌زیستی منابع آب وجود دارد.

h.ketabchi@modares.ac.ir

به نام خدا

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

مدل‌های تصمیم برای مدیریت بهینه آب‌های زیرزمینی - چالش‌ها و تجربیات

حامد کتابچی

هیأت علمی گروه مهندسی و مدیریت آب دانشگاه تربیت مدرس

وبینار تخصصی بررسی چالش‌ها و راهکارهای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی

www.hketabchi.ir

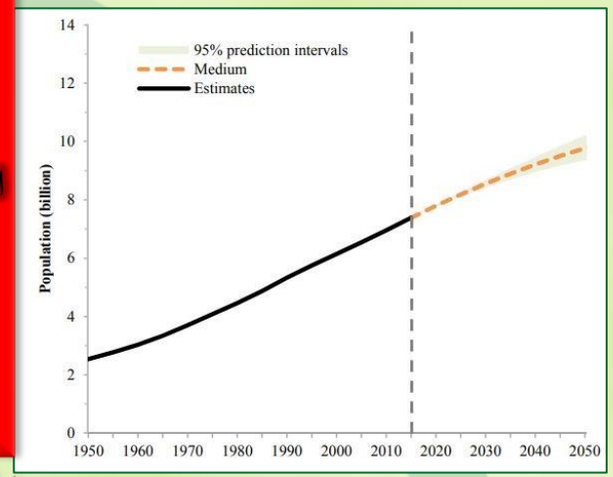
مقدمه

افزایش

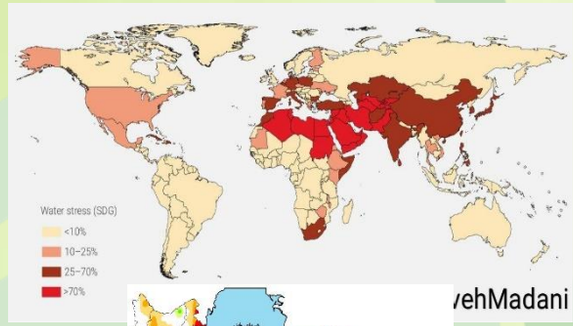
افزایش جمعیت جهان

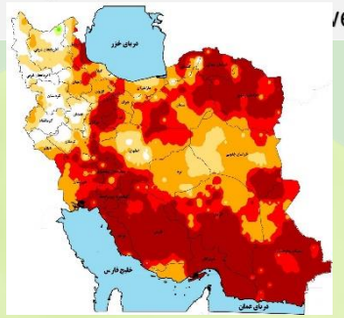
- نیازهای غذایی
- توسعه کشاورزی
- گسترش شهرها
- پیشرفت صنایع

وابستگی بیشتر به منابع آب و خاک



کمبود بارش و جریانات سطحی





کاهش ذخائر

افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

آلودگی

افت تراز

مشترک بودن بین بهره‌برداران متعدد

بروز مسائل جدی بین آنها

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

ذخایر آب زیرزمینی، اصلی‌ترین منبع تامین آب، مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان ازجمله ایران

دغدغه کشورهای خاورمیانه، تامین آب در راستای تداوم توسعه پایدار

عدم وجود برنامه‌های مدیریتی یا سوء مدیریت آبخوان‌ها، نتایج ناگوار

حفاظت آبخوان در برابر بهره‌برداری بیش از حد و حصول اطمینان از قابلیت تجدید، نیاز به ایجاد برنامه‌های تصمیم مدیریتی

برنامه تصمیم مدیریتی و دغدغه عدم رسیدن به اهداف: مدیریت مبتنی بر حصول نتایج و اهداف تعیین شده

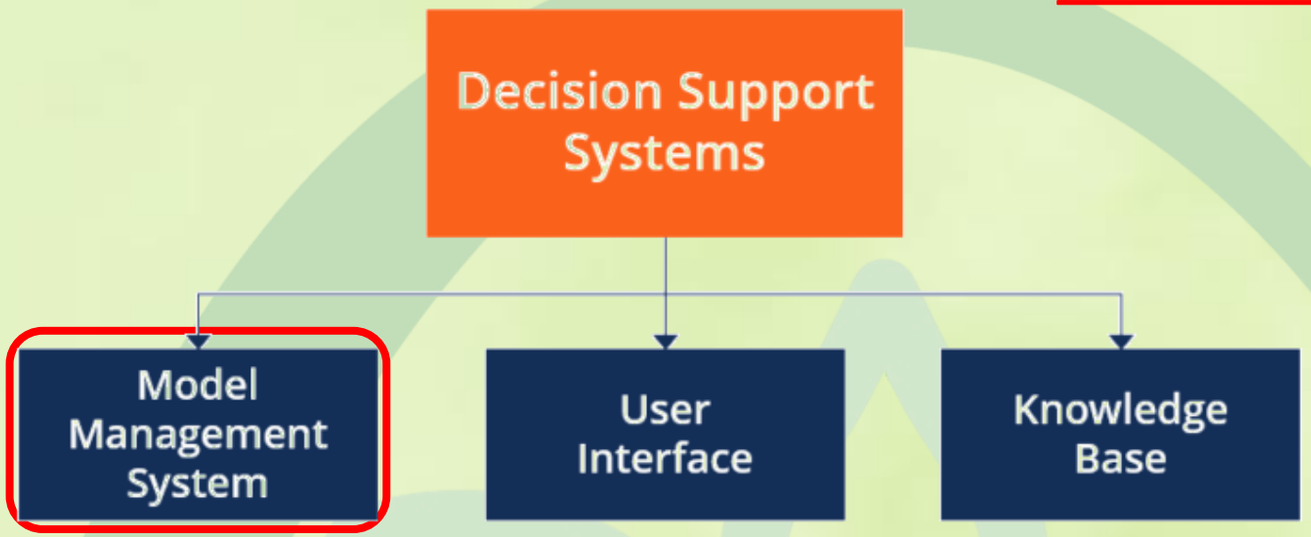
طرح ملی احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور

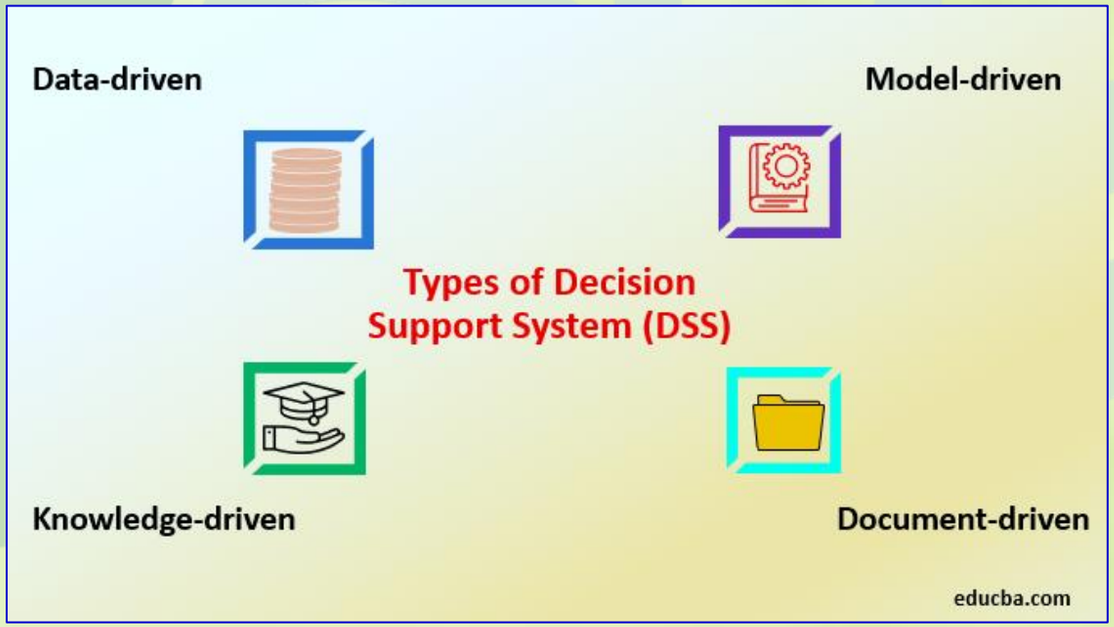
برنامه ششم توسعه

لزوم رجوع به ابزارهای تصمیم‌یار مانند مدل‌های تصمیم

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

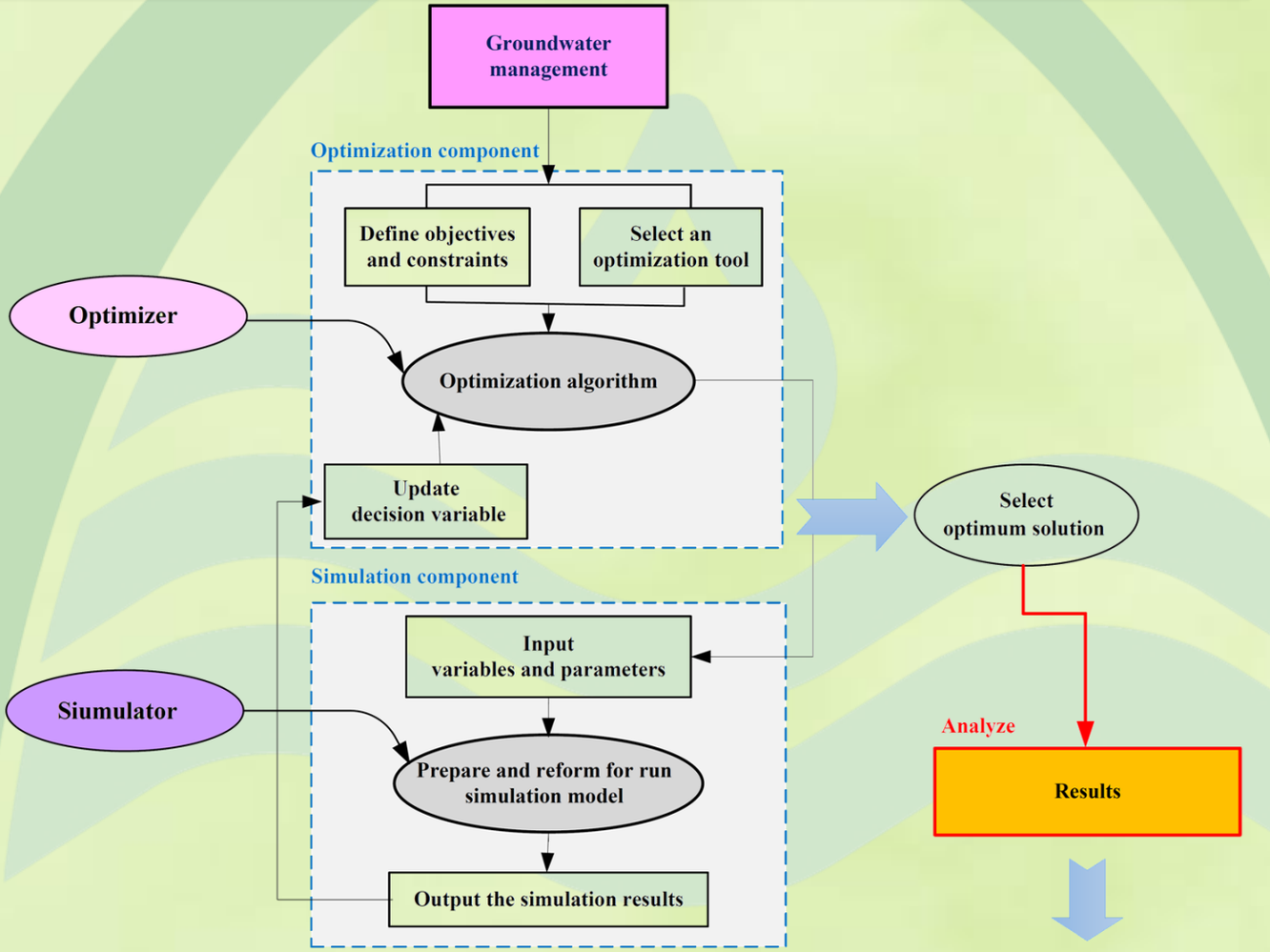
ساختار مدل‌های تصمیم





ساختار مدل‌های تصمیم

یکی از پرکاربردترین و کارآمدترین چارچوب‌ها : مدل تلفیقی شبیه‌سازی – بهینه‌سازی



simulation - optimization model for groundwater management
optimal management of groundwater resources

کاربردها و چالش‌ها

مدیریت بهینه منابع آب زیرزمینی

- پایداری آبخوان
- اهداف محیط‌زیستی، اقتصادی یا اجتماعی
- تأمین آب موردنیاز

چالش‌ها و معضلات موجود

- مسائل واقعی بزرگ‌مقیاس
- مفهوم‌سازی سیستم و مساله
- ابزارهای شبیه‌ساز و بهینه‌ساز توانمند
- زمان محاسباتی معقول
- عدم‌قطعیت‌ها

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

تجربیاتی برای مقابله با چالش‌ها

- مفهوم‌سازی منطبق بر نیاز
- نگاه چندوجهی برای رسیدن هدف
- تدوین رویکرد بهینه رسیدن به هدف
- تحلیل علمی و نظام‌مند داده و اطلاعات
- کاهش زمان لازم محاسبات مدل تصمیم
- افزایش سرعت همگرایی مدل تصمیم
- افزایش کارآیی و بازدهی مدل تصمیم
- کاهش تعداد کل شبیه‌سازی‌های لازم

بهره‌گیری از تجربیات موجود

استفاده سیستماتیک تکنیکها و رویکردهای نوین

روش‌های شبیه‌سازی مناسب و کارآمدتر

روش‌های بهینه‌سازی کارآمدتر

شبه‌مدل‌ها

تکنیک‌های پردازش موازی

بهره‌گیری از الگوهای مدیریت نتیجه‌محور

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

تجربیات موردی بکارگیری مدل‌های تصمیم

جزیره کیش، استان هرمزگان

آبخوان دشت نمدان، حوضه طشک بختگان، استان فارس

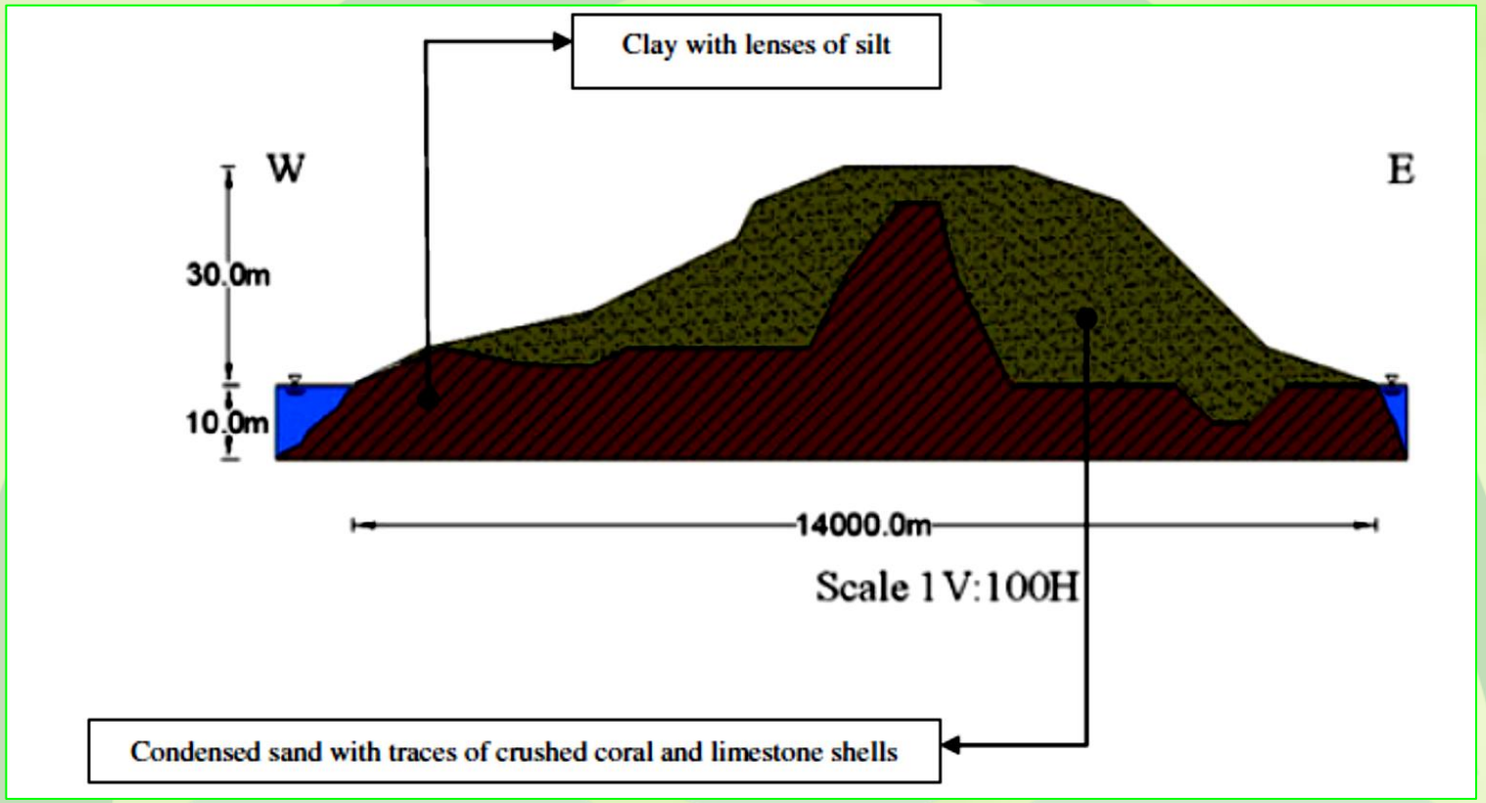
جزیره کیش

نسبتاً مسطح و با ارتفاعی حدود ۳۵ الی ٤٠ متر در مرکز آن

حدود ۹۰/۵ کیلومترمربع

بارندگی حدود ۲۰۰ میلیمتر بر سال (اقلیم خشک)

جزیره کیش



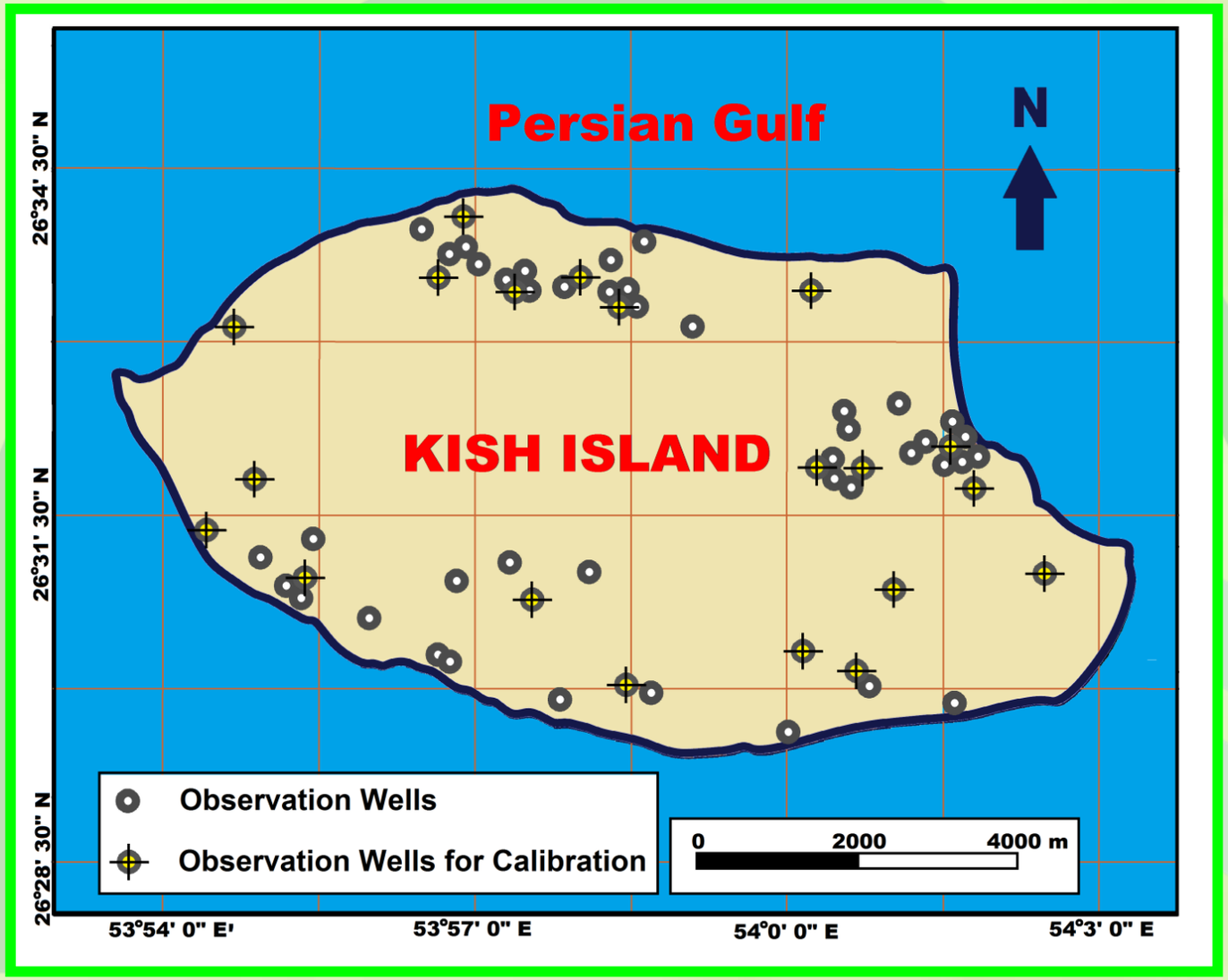
از نظر زمین شناسی: دو لایه با جنس متفاوت

لایهٔ متخلخل و نفوذپذیر در بخش فوقانی

لایهٔ با نفوذپذیری کمتر در بخش تحتانی

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

جزیره کیش



جزیره کیش

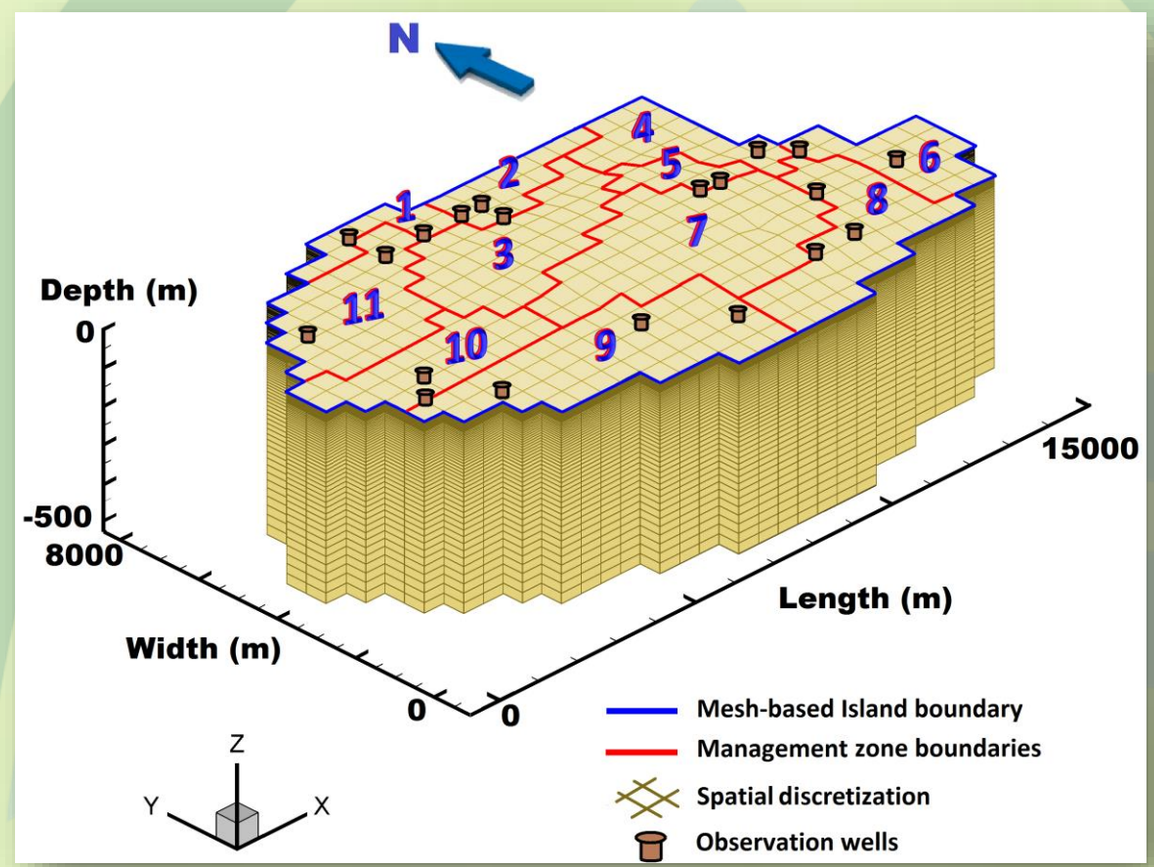
شبیه سازی عددی : USGS SUTRA

مشخصه ورودی مدل	مقدار	واحد
چگالی آب شیرین	۱۰۰۰	kg/m^3
چگالی آب شور	۱۰۲۸	kg/m^3
غلظت آب شور	۰/۰٤	kg/kg
لزجت دینامیکی آب	۰/۰۰۱	kg/m.s
پخش مولکولی	$۱/٤۸\times۱۰^{-۹}$	m^2/s
تراکم پذیری سیال	$٤/٤۷\times۱۰^{-۱۰}$	$(m.s^2)/kg$
تراکم پذیری خاک	$۱۰^{-۸}$	$(m.s^2)/kg$
تخلخل	۰/۲۵	-
نرخ تغذیه خالص	۲۰	mm/year
هدایت هیدرولیکی لایه بالایی	$۲/۰۸\times۱۰^{-٤}$	m/s
هدایت هیدرولیکی لایه پایینی	$۲/۰۸\times۱۰^{-۵}$	m/s
پراکندگی طولی	۱۰۳/۱	m
پراکندگی عرضی	۱۰/۳	m
درجه اشباع ماند	۰/۳	-
مشخصه وان گنوختن	۰/۵	1/m
مشخصه وان گنوختن	۲	-

واسنجی مدل : با استفاده از برنامه PEST (بر اساس مقدار شوری در ۲۰ چاه مشاهده ای)

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

نواحی مدیریتی و چاه‌های مشاهده‌ای



مسائل تصمیم مورد نظر

No.	Planning period (year)	Climate change impacts	Number of decision variables	Objective Function (minimize)	Number of constraints	Constraints
Problem 1	50	No	11	$\sqrt{\sum_{i=1}^{20}\left(c_{i,50}-c_{i,0}\right)^2}$ kg/kg	12	$W_{net}=\sum_{j=1}^{11}(W_j\times A_j)\le 2.18\ Mm^3/year$ $-10\le W_j\le 40\ mm/year:\ j=1,2,\dots,11$
Problem 2	50	No	11	$\left(\sum_{i=1}^{20}c_{i,50}\right)/20$ kg/kg	12	$W_{net}=\sum_{j=1}^{11}(W_j\times A_j)\le 2.18\ Mm^3/year$ $-10\le W_j\le 40\ mm/year:\ j=1,2,\dots,11$
Problem 3	50	No	11	$\left(\sum_{i=6}^{15}c_{i,50}\right)/10$ kg/kg	12	$W_{net}=\sum_{j=1}^{11}(W_j\times A_j)\le 2.18\ Mm^3/year$ $-10\le W_j\le 40\ mm/year:\ j=1,2,\dots,11$
Problem 4	50	No	11	$\sum_{j=1}^{11}(W_j\times A_j)\ Mm^3/year$	31	$0\le c_{i,50}\le c_{i,0}$ kg/kg : i = 1,2, …,20 $-10\le W_j\le 40\ mm/year:\ j=1,2,\dots,11$
Problem 5	50	Yes	11	$\sum_{j=1}^{11}(W_j\times A_j)\ Mm^3/year$	31	$0\le c_{i,50}\le c_{i,0}$ kg/kg : i = 1,2, …,20 $-10\le W_j\le 40\ mm/year:\ j=1,2,\dots,11$

$c_{i,0}$ و $c_{i,50}$ [M_s/M]: به ترتیب غلظت شوری در چاه i در ابتدا و انتهای دوره بهینه سازی ۵۰ ساله

W_{net} [$L^3.T^{-1}$]: تغذیه خالص کل آبخوان به یازده ناحیه مدیریتی

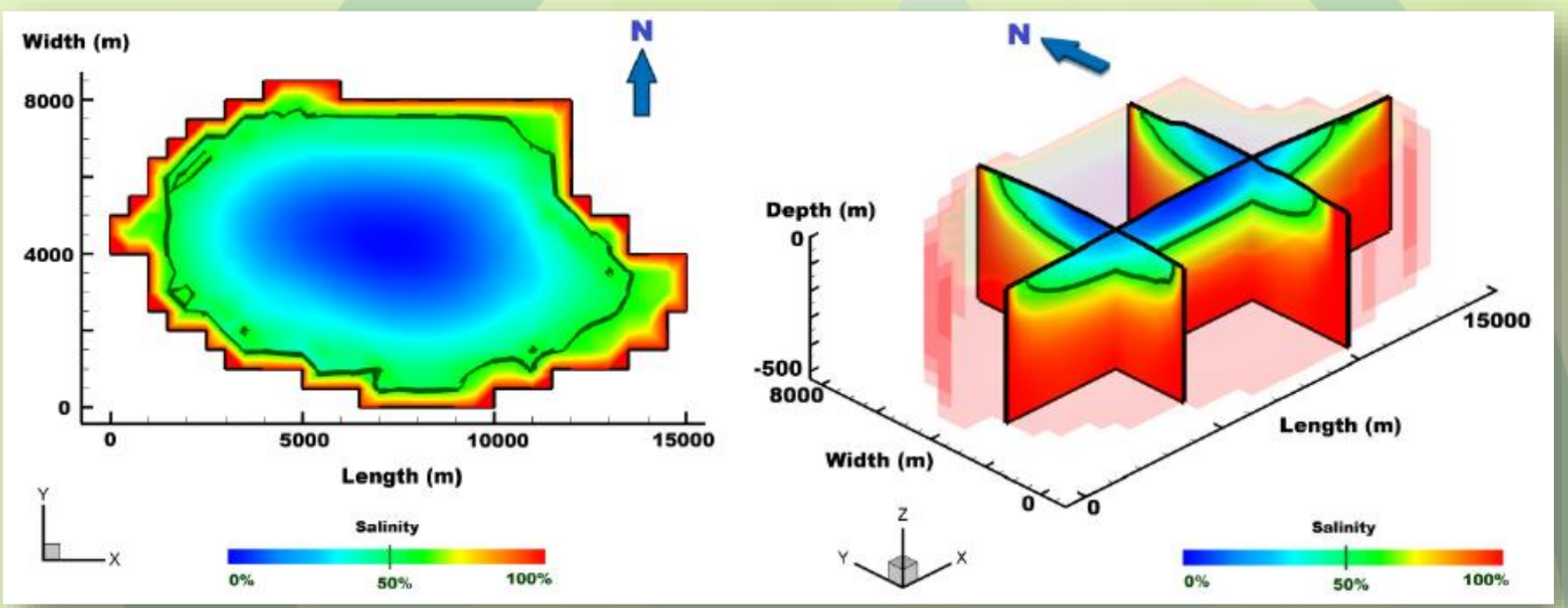
W_j [$L.T^{-1}$]: تغذیه خالص آبخوان در ناحیه مدیریتی j

A_j [L^2]: مساحت ناحیه مدیریتی j

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

جزیره کیش

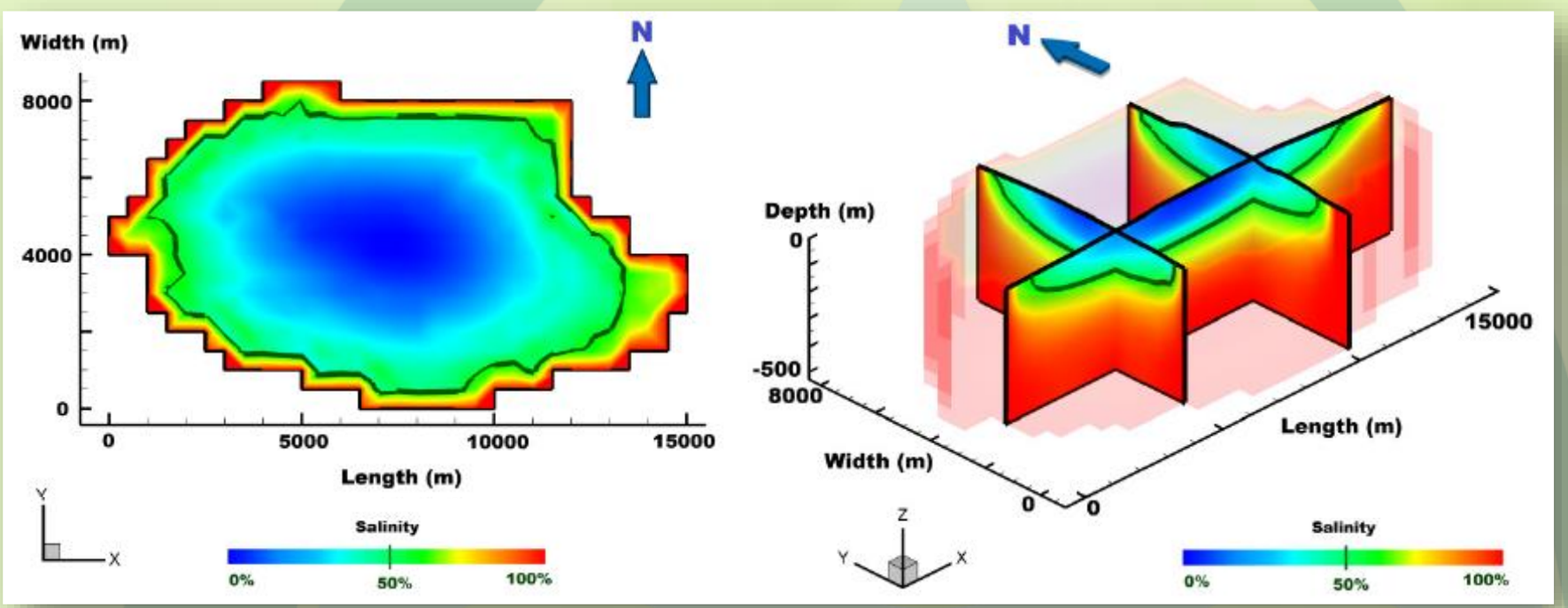
نتایج حل مسائل با مدل تصمیم



وضع شوری در ابتدای دوره ۵۰ ساله بهینه سازی

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

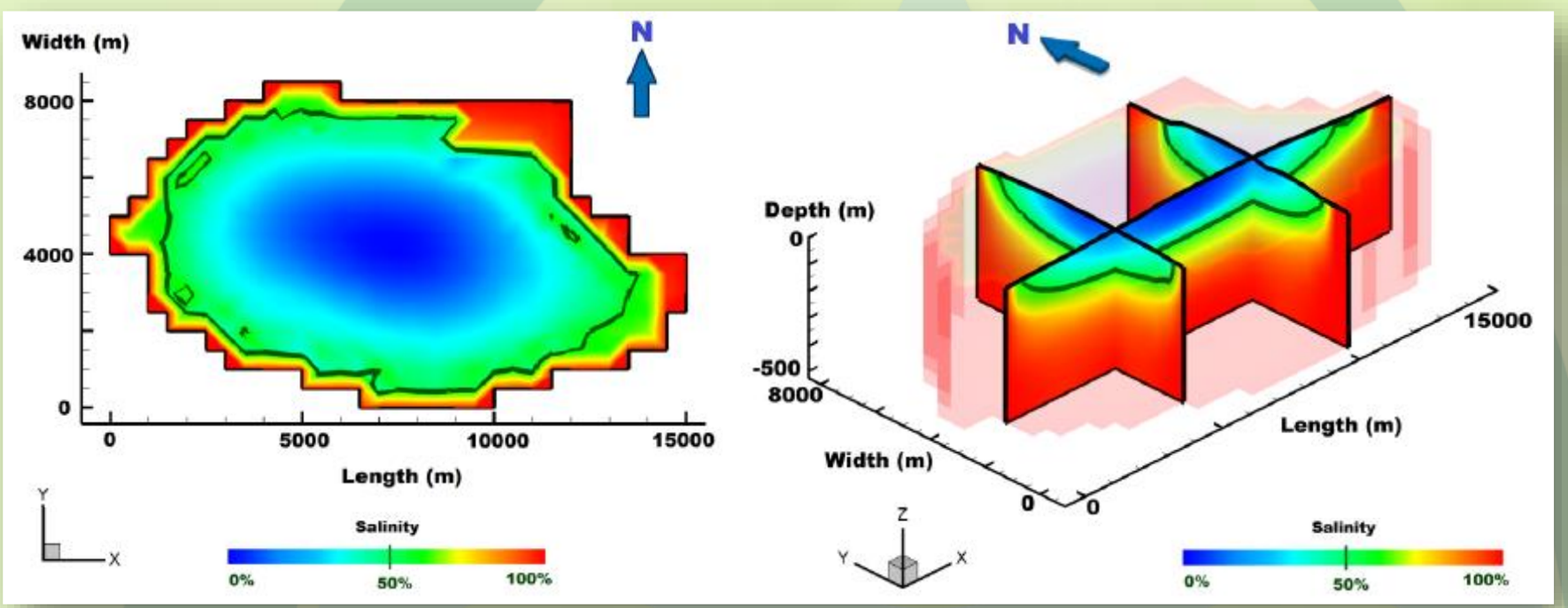
نتایج حل مسائل با مدل تصمیم



وضع شوری در انتهای دوره ۵۰ ساله بهینه سازی (مسأله چهارم)

جزیره کیش

نتایج حل مسائل با مدل تصمیم



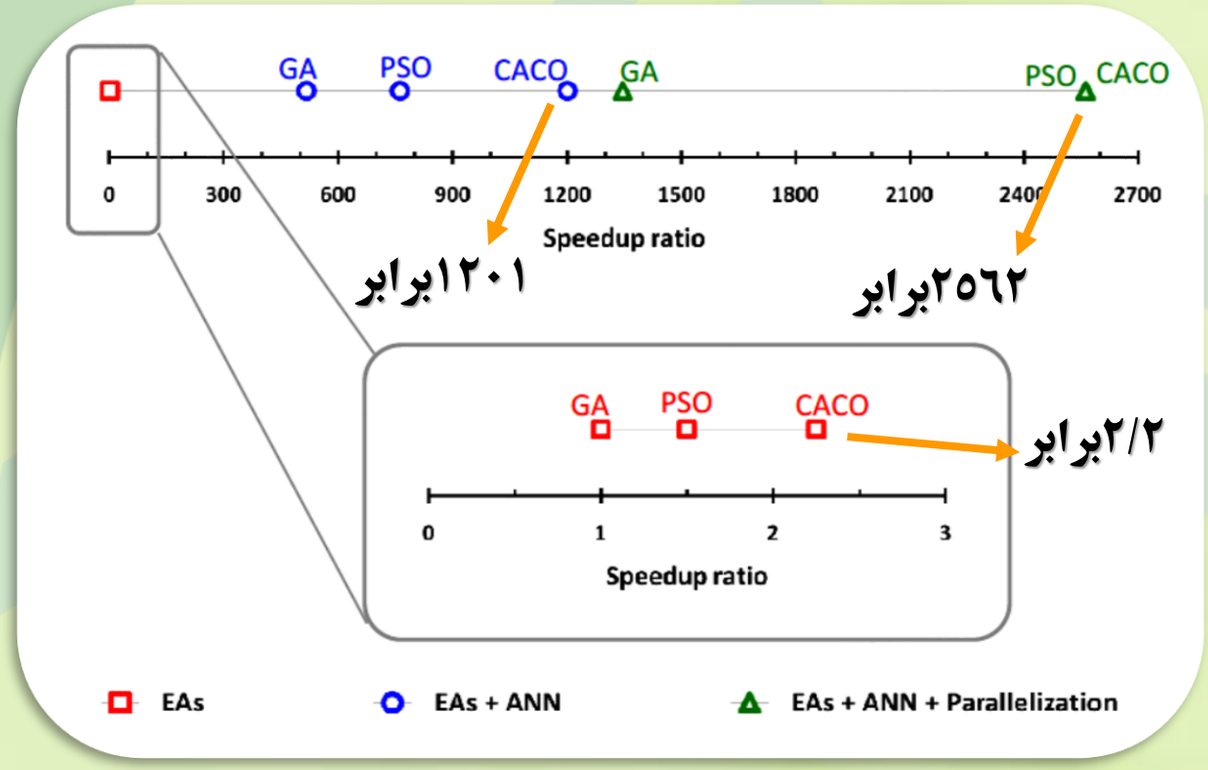
وضع شوری در انتهای دوره ۵۰ ساله (مسأله پنجم)

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

جزیره کیش

ارزیابی مقایسه اثر به کارگیری رویکردهای افزاینده قابلیت مدل تصمیم

ابزار بهینه‌ساز توانمند + شبه مدل + تکنیک پردازش موازی



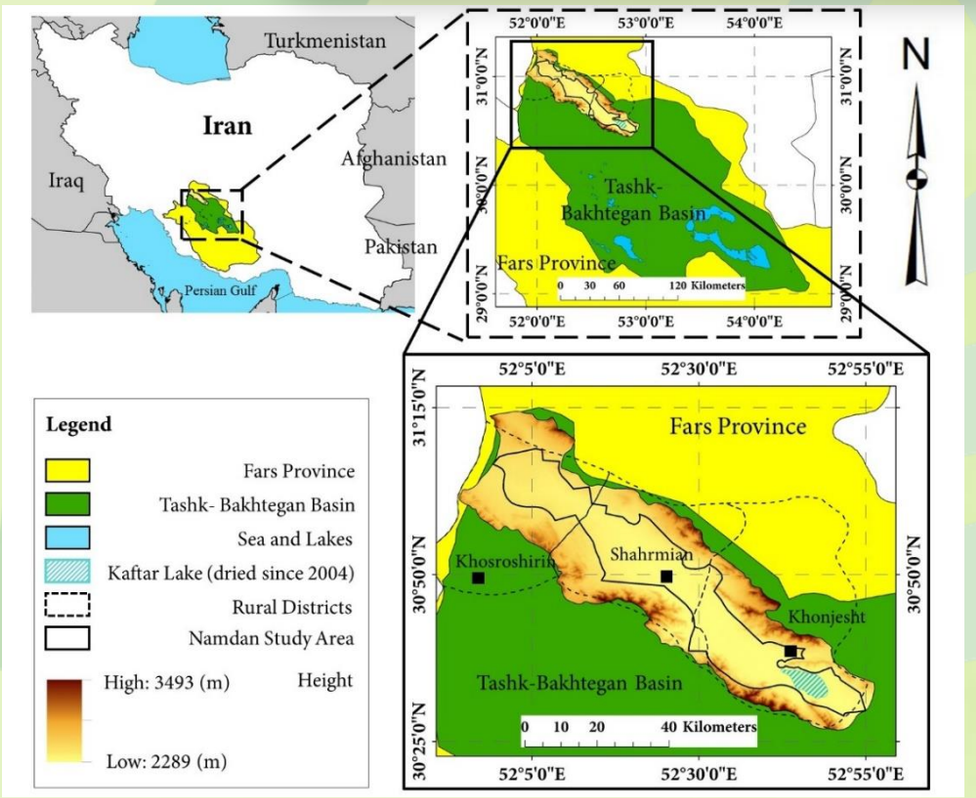
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آبخوان دشت نمدان فارس

محدوده مطالعاتی دشت نمدان با کد ۴۳۱۷ — ۵۳ ° ۵۱ ' تا ۵۶ ' ۵۲ ° طول شرقی
مساحت دشت نمدان ۱۷۹۹/۲ کیلومترمربع — ۲۷ ° ۳۰ تا ' ۱۵ ° ۳۱ عرض شمالی

محدوده مطالعاتی: بخشی از آبخوان نمدان با مساحت ۱۳۲۴ کیلومتر مربع
دهستان‌های خسروشیرین، شهرمیان و خنجشت

ارتفاع بین ۲۲۸۸ تا۳۴۹۳ متر — میانگین ارتفاعی ۲۴۳۱ متر



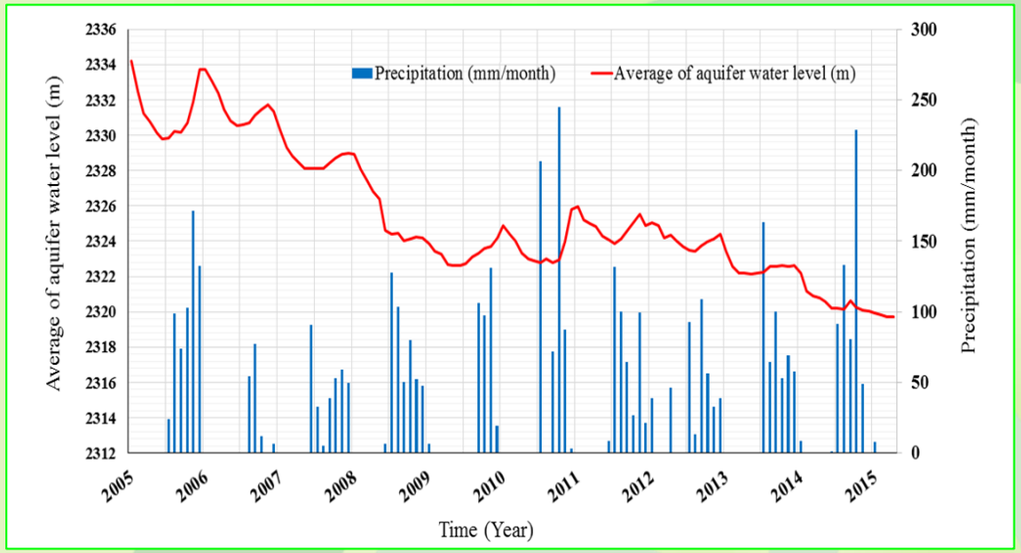
میانگین دما: ۱۰/۶ درجه سانتیگراد
میانگین بارش: ۳۱۹ میلیمتر سالانه
میانگین تبخیر: ۱۵۱۶ میلیمتر سالانه

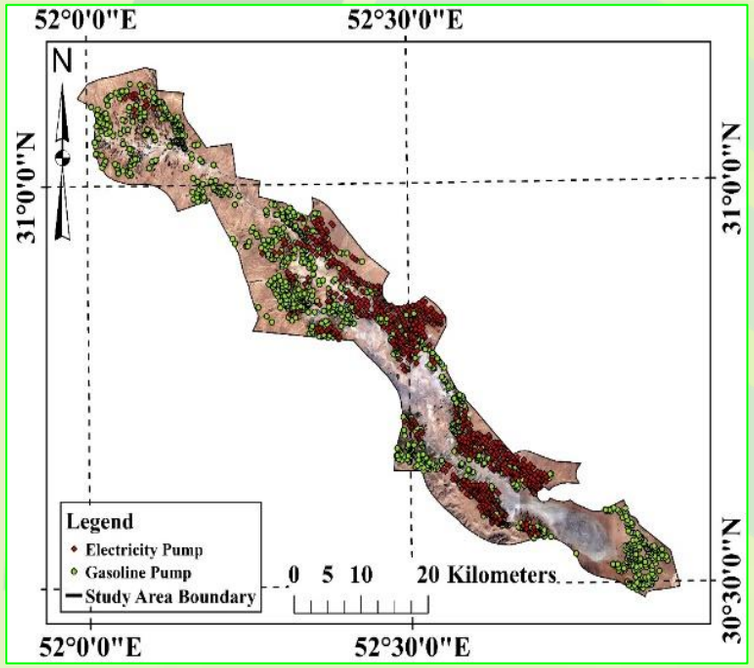
۴۱ درصد از محدوده:
زمین‌های کشاورزی (۵۴۲۸۴ هکتار)

۶۰ درصد از کل زمین‌ها کشاورزی:
تحت کشت آبی با آب زیرزمینی

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آبخوان دشت نمدان فارس





- ضخامت آبخوان بین ۲۵ تا ۱۵۰ متر
- تراز آبخوان بین ۲۲۶۷ تا ۲۴۰۰ متر
- جهت حرکت آب‌های زیرزمینی از شمال غرب به طرف مرکز و شرق دشت
- هدایت هیدرولیکی از ۲ تا ۲۵ متر بر روز
- ۱۲ متر افت در دوره ۱۰ ساله (از سال آبی ۸۶-۱۳۸۵ تا سال آبی ۹۵-۱۳۹۴)، سالانه ۰/۸ متر

- تعداد چاه‌های بهره‌برداری = ۱۶۳۰ حلقه (۹۷۰ حلقه دیزلی و ۶۶۰ حلقه برقی)
- سطح زیر کشت = ۳۲۲۱۵ هکتار (۹۸ درصد غرقابی) (گندم ۶۴٪، هندوانه ۱۲٪، یونجه ۸٪، لوبیا ۷٪، چغندر قند ۵ درصد)
- میانگین برداشت سالانه (۳۲۸/۳ میلیون مترمکعب)
- هزینه پمپاژ سالانه به ازای هر هکتار از زمین‌های کشاورزی، با توجه به سطح کشت هر منطقه: به طور میانگین، مقدار ۱/۵۴ میلیون ریال در هکتار در سال

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

توسعه مدل تصمیم هدف مدیریت نتیجه‌محور

رویکرد مدیریت نتیجه‌محور

- رویکرد مدیریت نتیجه‌محور در دهه ۱۹۵۰ به وسیله Drucker به عنوان مدیریت به وسیله هدف معرفی شد
- آخرین هندبوک سازمان ملل در این زمینه شامل کلیه تغییرات، مربوط به اکتبر سال ۲۰۱۱ می‌باشد

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

توسعه مدل تصمیم هدف مدیریت نتیجه‌محور

چرخه مدیریت نتیجه‌محور (اقتباسی از UNDG, 2011; کتابچی و صاغی‌جدید، ۱۳۹۷)

رویکرد مدیریت نتیجه‌محور

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

توسعه مدل تصمیم هدف مدیریت نتیجه‌محور

رویکرد مدیریت نتیجه‌محور

توضیحات مفاهیم مدیریت نتیجه‌محور (UNDG, 2011 ; کتابچی و صاغی‌جدید، ۱۳۹۷)

مفاهیم RBM	توضیحات
زنجیره نتایج	زنجیره نتایج مجموعه‌ای از نتایج است که بطور منطقی به هم متصل شده‌اند. نتایج هر مرحله جمع می‌شوند تا نتیجه مرحله بالاتر را ایجاد کنند و شامل: – برونداد یا نتایج کوتاه‌مدت که حاصل انجام فعالیت‌ها هستند – پیامد یا نتایج میان‌مدت که حاصل دستیابی به مجموعه‌ای از برونداد‌ها می‌باشد – اثر یا نتایج درازمدت که حاصل دستیابی به مجموعه‌ای از پیامدها است.
مدیریت خطر	مدیریت خطر عبارت از رویکرد نظام‌مند شناسایی خطرها و مقابله با آنها می‌باشد.
سنجش عملکرد	سنجش عملکرد، برنامه‌ریزی منظم با بهره‌گیری از داده‌های مربوط به عملکرد و قضاوت درباره آن است که این قضاوت بر اساس شاخص‌ها انجام می‌گیرد.
چارچوب منطقی	از چارچوب منطقی برای ارایه خلاصه‌ای از برنامه در یک فرمت استاندارد، پایش و مرور برنامه در طی اجرا استفاده می‌شود.

آبخوان دشت نمدان فارس

مدیریت نتیجه‌محور

زنجیره نتایج

شامل: برونداد، پیامد و اثر

ماتریس نتایج

شامل: نتایج، شاخص‌ها، ابزارهای تایید، فرض‌ها و ریسک‌ها ...

سنجش عملکرد

جهت رصد نتایج در رویکرد نتیجه‌محور، از شاخص‌های تعریف شده در جهت اهداف برنامه بهره می‌گیرد. در این راستا، مدل‌های شبیه‌سازی ابزار لازم برای ایجاد شاخص‌های عملکرد هستند.

آبخوان دشت نمدان فارس

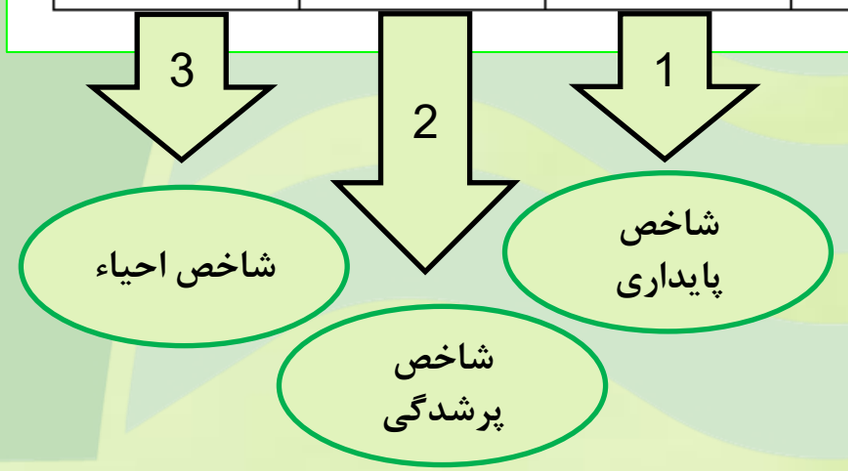
مدیریت نتیجه‌محور

زنجیره نتایج

زنجیره نتایج مدیریت نتیجه‌محور منابع آب زیرزمینی (آبخوان دشت نمدان)

ورودی‌ها	فعالیت‌ها	نتایج		
		برونداد	پیامد	اثر
منابع مالی و انسانی (کارشناسان آب، بهره‌برداران و ...)	خرید چاه‌های کم بازده، شناسایی چاه‌های غیرقانونی، جمع‌آوری پساب، مطالعه طرح‌های آبخیزداری، تغذیه مصنوعی و سیلاب و کاهش برداشت	رسیدن به پایداری آبخوان	ذخیره‌سازی آب در آبخوان	رسیدن به تراز مطلوب و احیاء آبخوان

شاخص‌ها



پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آبخوان دشت نمدان فارس

پایداری

نشانگر پایداری آبخوان با توجه به شرایط هیدرولیکی و ساختاری سفره آب زیرزمینی

$$SI_i=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{RCH_i}{DCH_i}$$

پرشدگی

جهت اعمال تغییرات در سطح آب زیرزمینی برای یک دوره زمانی معین و بیانگر سطح پرشدن است

$$FI_i=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{H_i-H_{min}}{H_{max}-H_{min}}$$

احیاء

نشانگر میزان تغییرات تراز آب زیرزمینی با تراز مطلوب

$$RI_i=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{H_i-H_i^{des}}{H_i^{des}}$$

اعتمادپذیری

به مفهوم توانایی سیستم در برآورد تقاضای هدف در دوره زمانی مشخص (یکسال یا یک ماه)

$$REI=\frac{ns}{n};\ 0<REI<1$$

انعطاف‌پذیری (مطلوبیت)

بیانگر چگونگی بازیابی از یک شکست

(مبنا: برگشت تراز آب تا تراز مطلوب در هر سناریو)

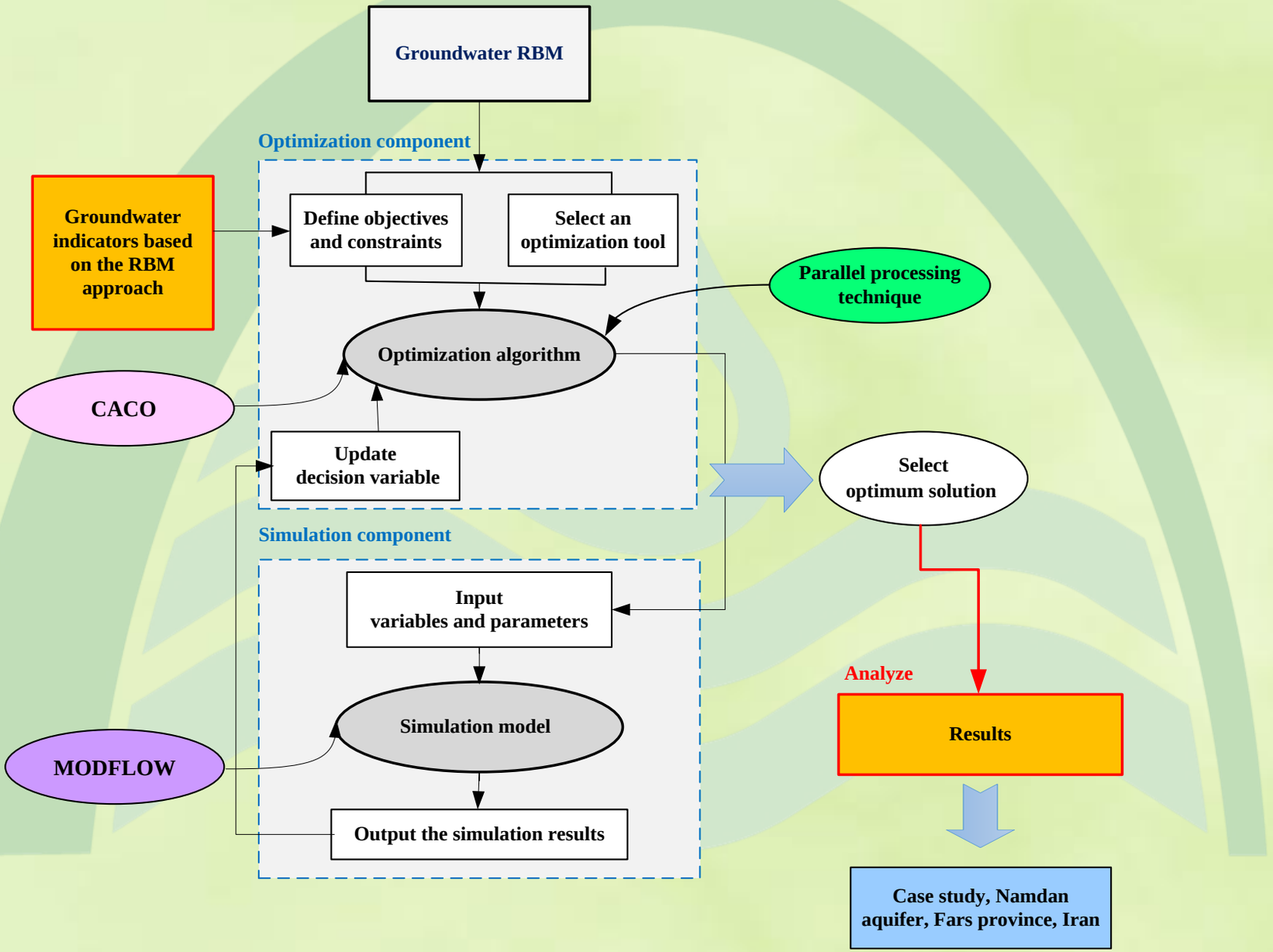
$$UI=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{H_i-H_i^{dp}}{H_i^{des}-H_i^{dp}}\right)$$

آسیب‌پذیری

بیانگر شدت شکست، در سیستم‌های منابع آب منظور شکست، کمبودها است

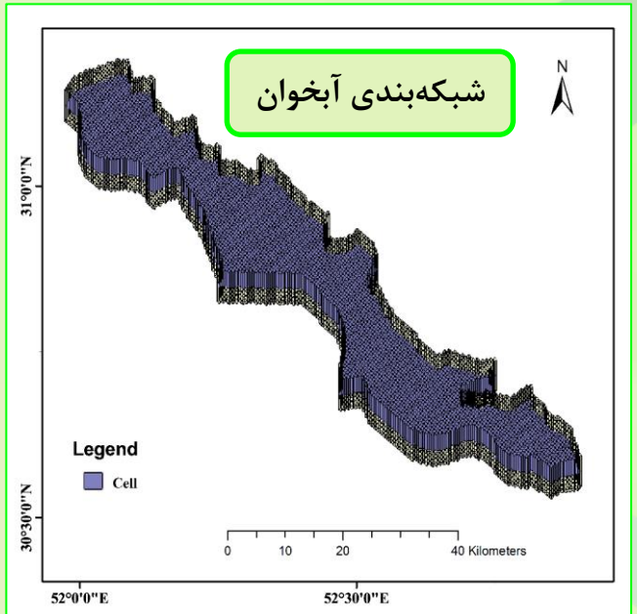
$$VI=\frac{\sum_{i=1}^{T}(H_i^{des}-H_i)}{\sum_{i=1}^{T}(H_i^{des}-H_i^{dp})}$$

آبخوان دشت نمدان فارس

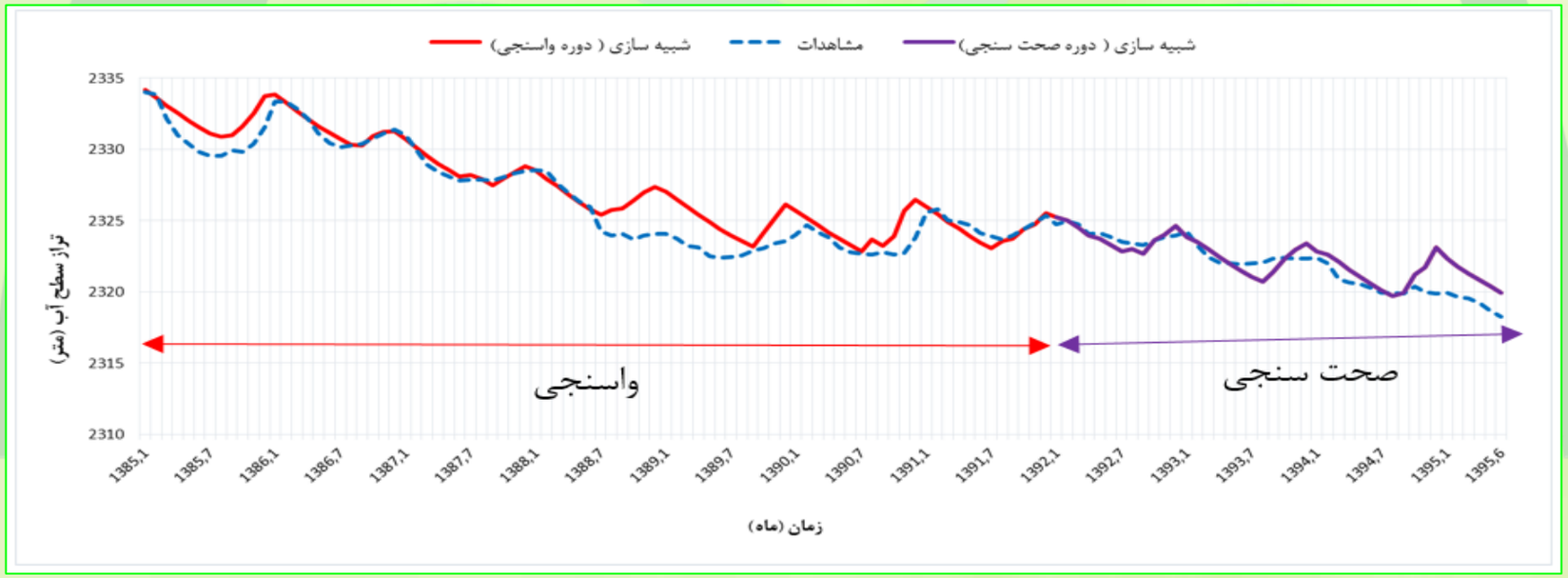


پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آبخوان دشت نمدان فارس



Characteristics	Description
Simulation setup	
Dimension	Two dimensional
Simulation mode	Saturated steady-state and transient flow
Spatial discretization	
Simulation model	MODFLOW (Harbaugh, 2005)
Structure	Finite difference method
Number of elements	5058
Mesh dimension (vertical direction) (m)	15-153 (one layer)
Mesh dimension (horizontal direction) (m)	500×500
Temporal discretization	
Time step for transient simulation (day)	30
Stress period for transient simulation (month)	83
Boundary conditions	
Lateral boundaries	No flow Time-dependent fixed head (2241.2-2339.6 m)
Top surface boundary	Flow boundary (recharge and extraction rates)
Bottom surface boundary	No flow
Calibration	
Auto-calibration code	PEST (Doherty, 2005)
Calibration observation	Water elevation in 48 piezometer wells
Calibration parameters	Hydraulic conductivity Recharge rate Specific yield (only for transient calibration)



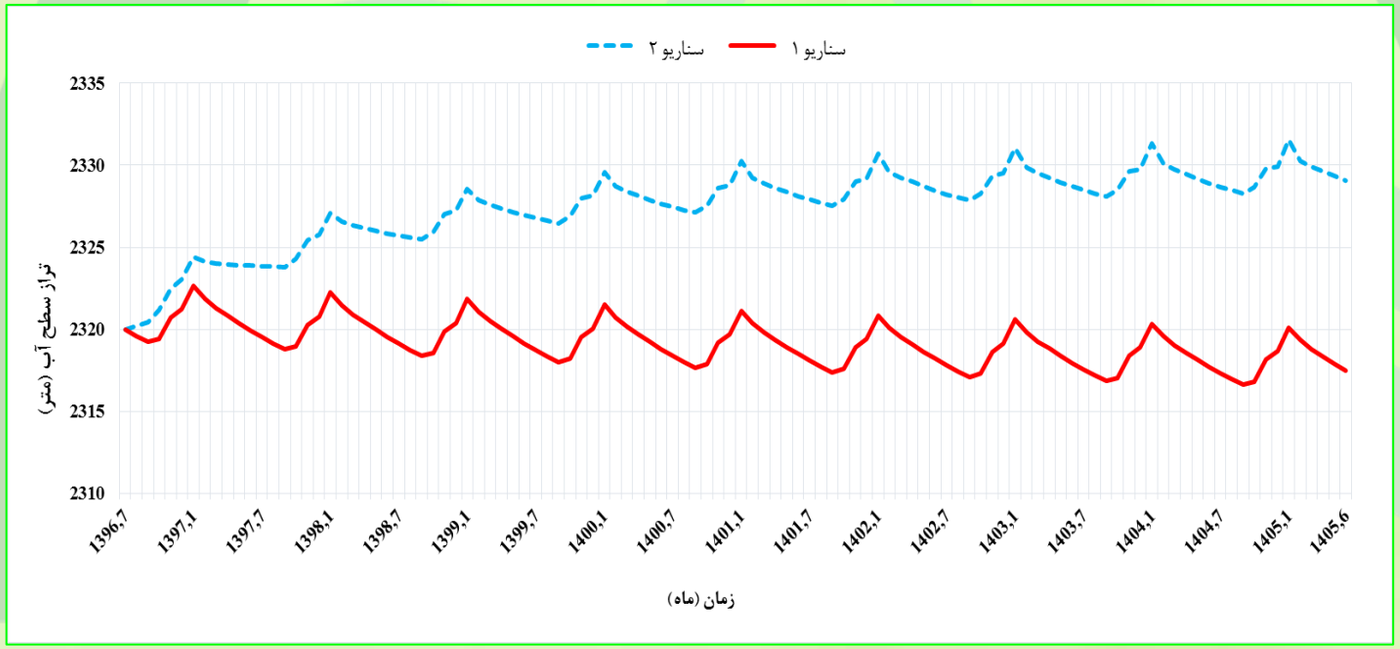
آبخوان دشت نمدان فارس

MODFLOW

مدل پیش‌بینی کمی ۱۰ ساله برای آبخوان دشت نمدان با مبناء قرار دادن اطلاعات سال آبی ۹۵-۱۳۹۴ و با فرض ادامه شرایط حاکم بر آبخوان

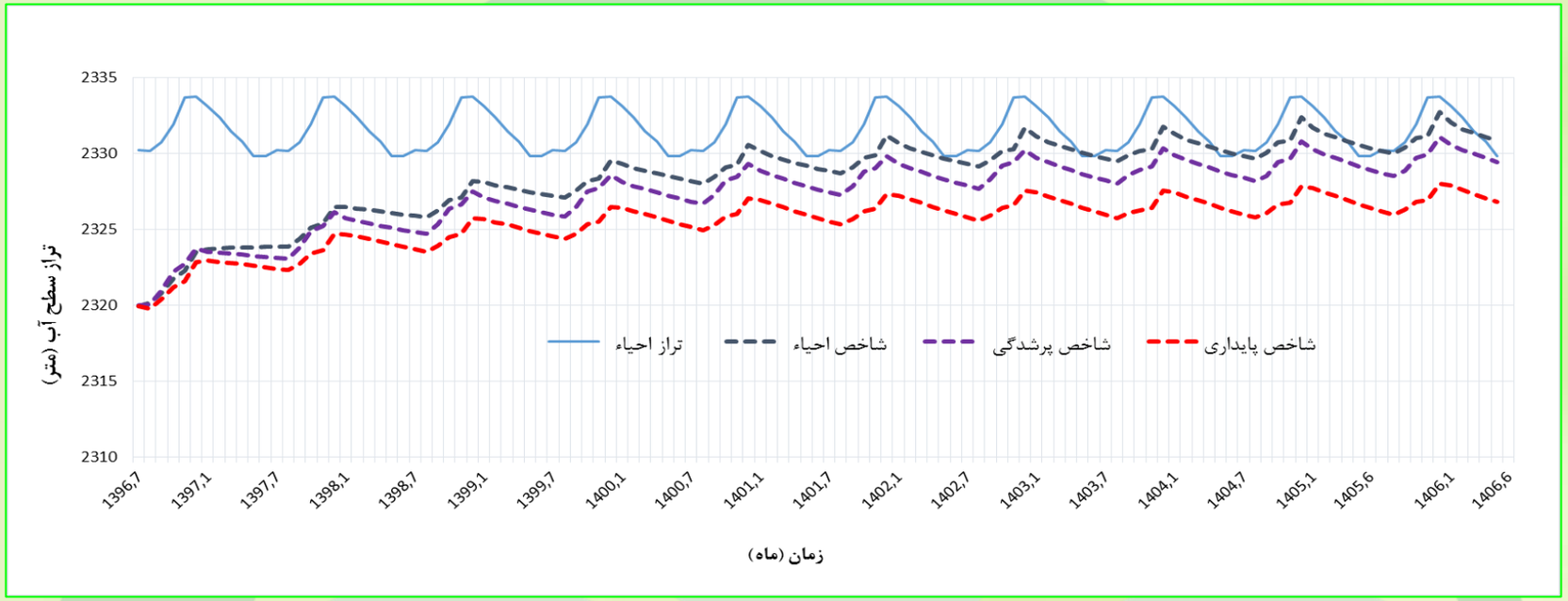
۱- سناریو پایه (ادامه وضع موجود)

۲- سناریوی بستن کامل چاه‌های فاقد مجوز بهره‌برداری موجود در محدوده مطالعاتی



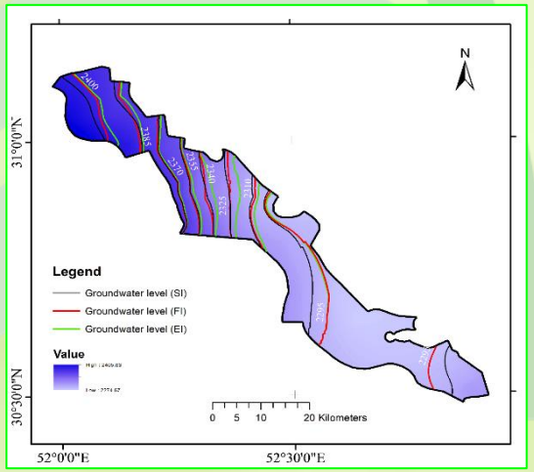
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آبخوان دشت نمدان فارس



بیلان آبخوان دشت نمدان بر اساس شاخص احیاء (ارقام برحسب میلیون مترمکعب)

شاخص‌های مدیریتی	عوامل ورودی (تغذیه)			عوامل خروجی (تخلیه)			تغییرات حجم ذخیره آبخوان
	جریان زیرزمینی ورودی	تغذیه از سطح (بارش و آب برگشتی)	جمع ورودی	جریان زیرزمینی خروجی	تخلیه و برداشت (چاه و قنات، چشمه)	جمع خروجی	
پایداری	۳۲,۹۳	۲۲۱,۴۰	۲۵۴,۳۳	۶۷,۷۵	۲۰۲,۲	۲۶۹,۹۷	-۱۵,۶۴
پرشدگی	۲۴,۸۶	۲۲۱,۳۲	۲۴۶,۱۸	۸۳,۵۲	۱۴۶,۶۶	۲۳۰,۱۸	۱۵,۹
احیاء	۲۰,۸۹	۲۲۱,۲۰	۲۴۲,۰۹	۹۳,۴۲	۱۳۱,۹۲	۲۲۵,۳۴	۱۶,۵۷

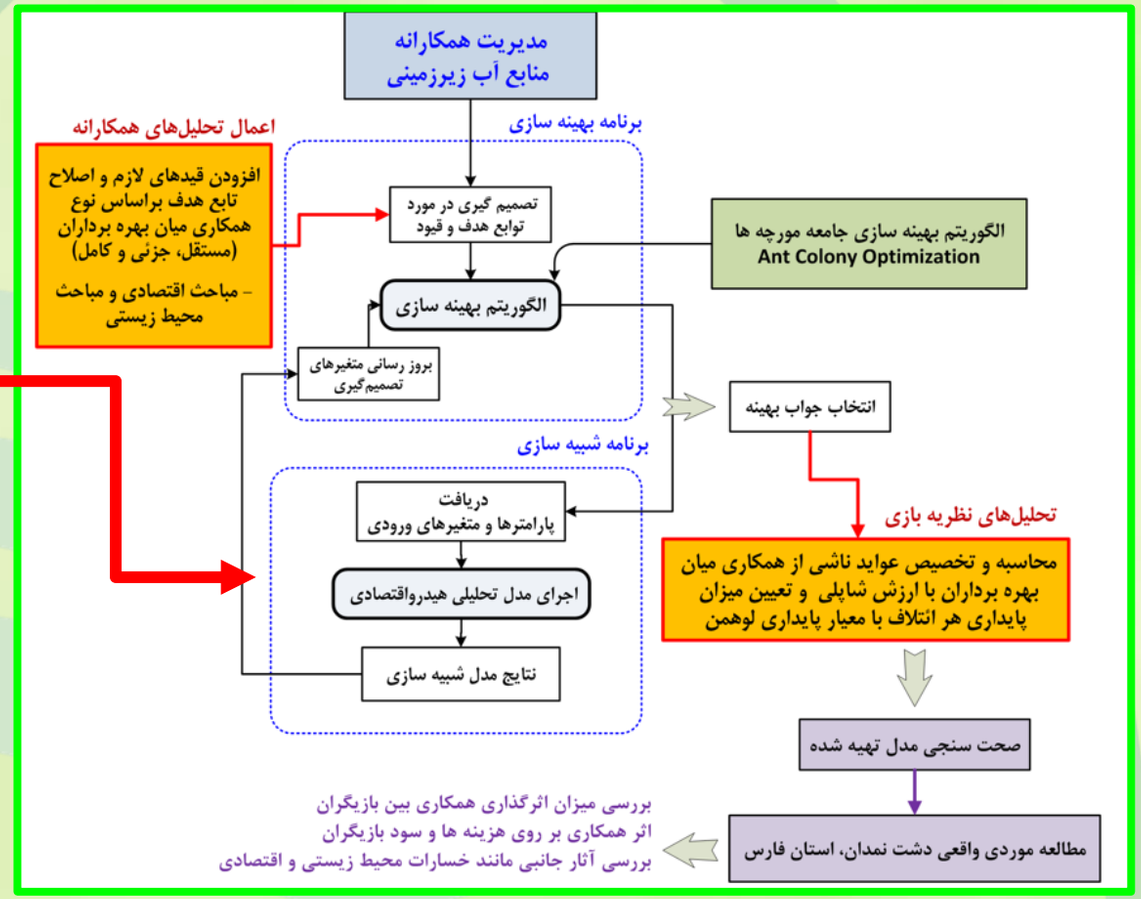


۲۴درصد صرفه جویی زمانی در مدل تصمیم با پردازش موازی (کاهش ۴۷ ساعت به ۳۶ ساعت)

آبخوان دشت نمدان فارس

شبیه‌سازی عددی آب زیرزمینی

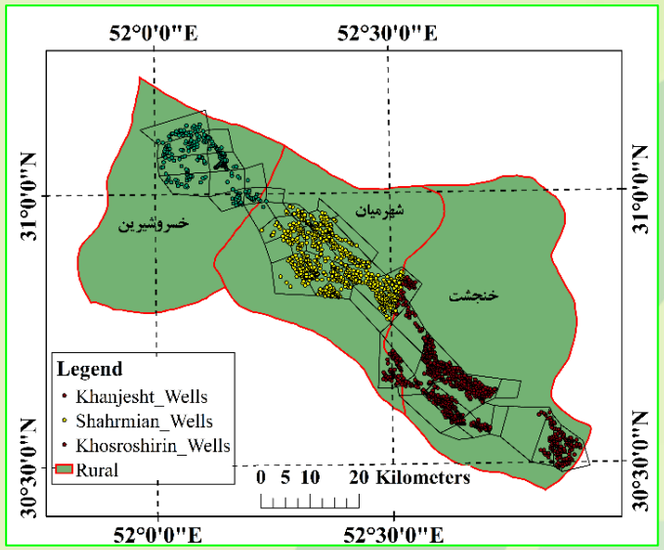
مدل هیدرواقتصادی– بهینه‌سازی

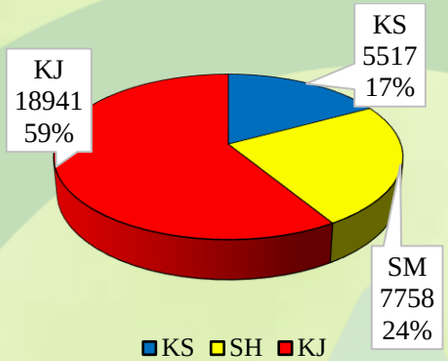


پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آبخوان دشت نمدان فارس

آبخوان دشت نمدان فارس





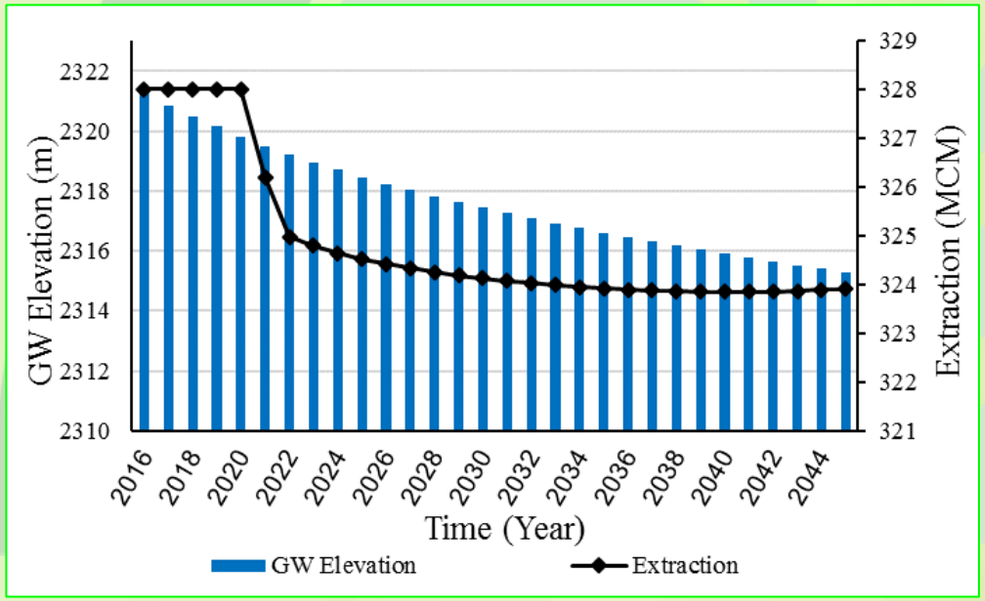
❖ ادامه وضع موجود:

افق برنامه‌ریزی ۳۰ ساله

مجموع سود خالص = ۶۳۹۷ میلیارد ریال

مجموع خسارات محیط‌زیستی= ۱۰۷۸ میلیارد ریال

سطح زیر کشت کل = ۳۲۲۱۵ هکتار



برداشت سالانه در کل محدوده = ۳۲۸/۳ MCM

KS = ۶۱ میلیون مترمکعب

SM = ۷۵ میلیون مترمکعب

KJ = ۱۹۲ میلیون مترمکعب

افت تراز سطح آب نسبت به سال ابتدایی

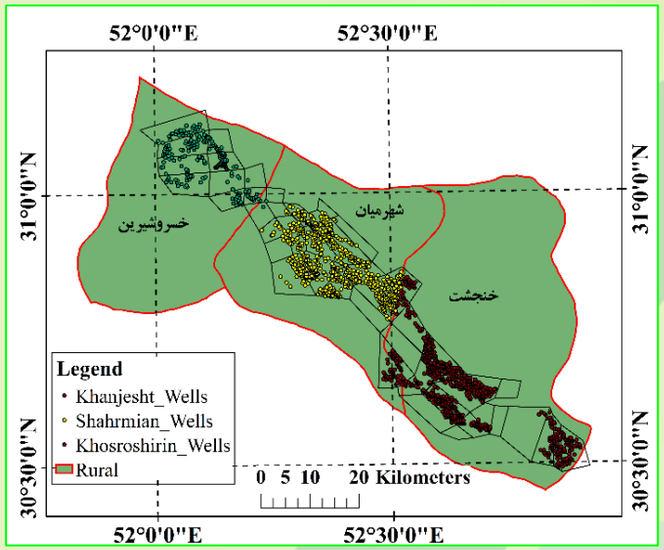
سالانه ۰/۲ متر

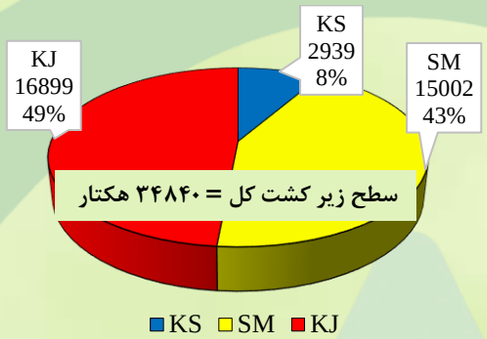
تا پایان دوره شبیه‌سازی ۶ متر

تغییرات ذخیره = ۵۰۵- میلیون مترمکعب

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آبخوان دشت نمدان فارس





KS : ۲۵۷۸ هکتار (۹٪) کاهش
SM : ۷۲۴۴ هکتار (۱۹٪) افزایش
KJ : ۲۰۴۲ هکتار(۱۰٪) کاهش

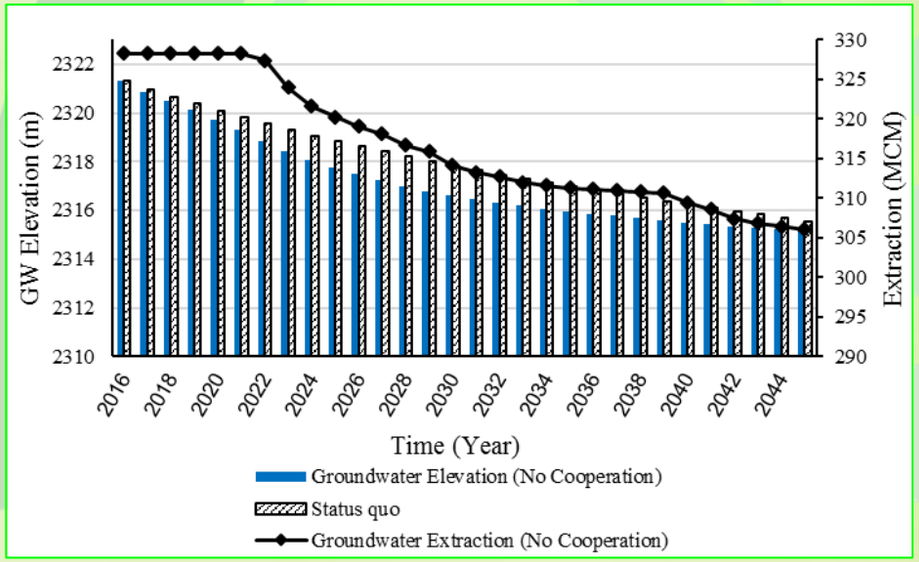
❖ **عدم همکاری (نمونه):**

افق برنامه‌ریزی ۳۰ ساله

مجموع سود خالص = ۹۹۳۲ میلیارد ریال

مجموع خسارات محیطزیستی= ۱۷۳۳ میلیارد ریال

مجموع اثرات جانبی برداشت = ۱۶۸۵۹ میلیارد ریال



برداشت سالانه در کل محدوده = ۳۲۸/۳ MCM

نسبت به وضع موجود

KS = ۲۹ میلیون مترمکعب (۵۲٪ کاهش)

SM = ۱۲۲ میلیون مترمکعب (۶۳٪ افزایش)

KJ = ۱۷۷ میلیون مترمکعب (۷٪ کاهش)

افت تراز سطح آب نسبت به سال ابتدایی

سالانه ۰/۲ متر

تا پایان دوره شبیه‌سازی ۶/۲ متر

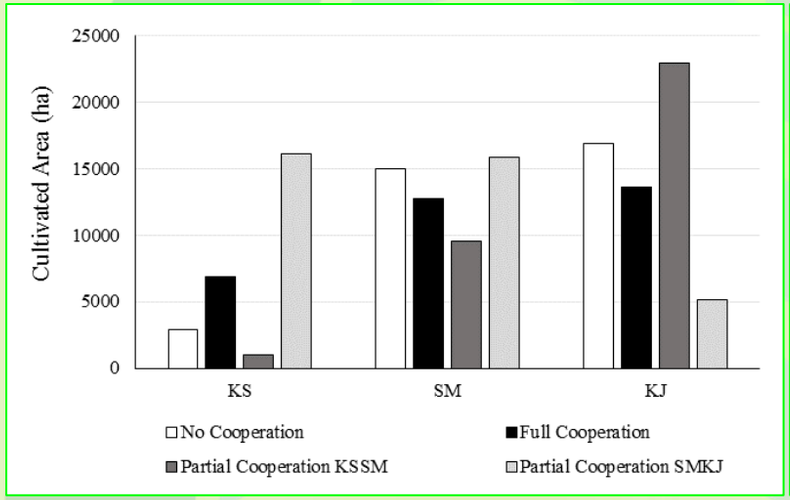
تغییرات ذخیره = ۵۱۸- میلیون مترمکعب

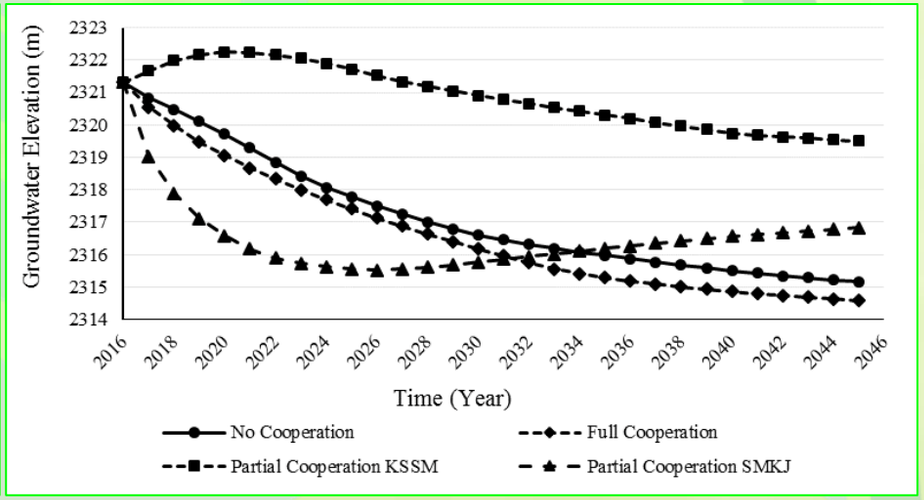
پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

آبخوان دشت نمدان فارس

❖ تحلیل اثر همکاری:

Cooperation Policy	Benefit	Environmental damage	Extraction Externality	Net Benefit
Non Cooperation	28524	1733	16859	9932
Partial Cooperation KS+SM	27468	1728	17781	7959
Partial Cooperation SM+KJ	24710	1716	13884	9109
Full Cooperation	26915	887	14062	11967





چالش‌های پیش‌رو

چالش‌های مربوط به شبیه‌سازی

- ✓ فراهم آوری دانش بیشتر در مورد مدلسازی صحیح و مؤثر با بهره گیری از مفهوم‌سازی عمیق و دقیق (نه لزوماً پیچیده)
- ✓ بررسی آثار برخی عوامل حائز اهمیت (مانند انتقال آلاینده های متشکل از چند ماده محلول در محیط متخلخل خاک و جریان‌های چندفازه)
- ✓ ترکیب مدل‌های شبیه‌سازی آب زیرزمینی با مدل‌های دیگر مانند مدل‌های اقتصادی یا اجتماعی
- ✓ عدم‌قطعیت‌ها

چالش‌های پیش‌رو

چالش‌های مربوط به بهینه‌سازی

- ✓ ارزیابی گسترده‌تر و جامع‌تر بر روی توانمندی رویکردها و روش‌های مختلف بهینه‌سازی و ویرایش‌های آنها در مطالعات آب‌های زیرزمینی
- ✓ تسریع نرخ همگرایی روش‌های بهینه‌سازی با تکنیک هایی مانند تکنیک جستجوی موضعی یا تلفیق روش‌های بهینه سازی برای بهره‌گیری از نقطه قوت هر الگوریتم همراه با رجوع به رویکردهای مناسب آنها
- ✓ ارزیابی جامع مسائل بهینه‌سازی چندهدفی، خیلی‌هدفی، متمرکز و ... در حوزه مدیریت آبخوان‌ها بخصوص در نمونه‌های بزرگ‌مقیاس واقعی

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

چالش‌های پیش‌رو

چالش‌های به دلیل اعمال رویکردهای بِروز و توانمند افزاینده قابلیت مدل

- ✓ **استفاده مؤثر از تکنیک‌های تقریب‌زنی مانند شبه‌مدل‌ها**

  مشکلات استفاده از شبه‌مدل‌ها:

  افزایش ریسک بروز خطا در روند بهینه سازی

  چالش فراهم آوردن داده کافی برای آموزش

  توانایی محدود در برونیابی
- ✓ **تکنیک‌های پردازش موازی**
- ✓ **مفهوم‌سازی‌های چندوجهی**

چالش‌های پیش‌رو

چالش‌های به دلیل اضافه نمودن پیچیدگی‌های بیشتر

- ✓ ملحوظ نمودن عدم قطعیت موجود در بسیاری از مشخصه‌ها و فرآیندهای حاکم در نمونه‌های واقعی
- ✓ تعمیم مطالعات به نمونه‌های مختلف واقعی بزرگ مقیاس و بررسی آموزه‌های حاصل از آنها
- ✓ بکارگیری دیسیپلین‌های دیگر و اهداف چندوجهی در فرایند تصمیم
- ✓ رسیدن به ادبیات مشترک دیسیپلین‌های مختلف
- ✓ داده‌ها و اطلاعات نیازمند یکسان‌سازی
- ✓ شاخص‌ها و نشانگرهای قابل برآورد برای پرهیز از اعمال سلیقه و زبان مشترک در فرِاند تصمیم

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

تشکر از دانشجویان محترم و همکاران بزرگوار

- Ghadimi, S., Ketabchi, H., Possibility of cooperative management in groundwater resources using an evolutionary hydro-economic simulation-optimization model, Journal of Hydrology, 578, 124094, 1-18, 2019
- Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., Assessment of a parallel evolutionary optimization approach for efficient management of coastal aquifers, Environmental Modelling & Software, 74, 21-38, 2015
- Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., Review: Coastal groundwater optimization - advances, challenges, and practical solutions, Hydrogeology Journal, 23, 1129-1154, 2015
- Mahmoodzadeh, D., Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., Simmons, C.T., Conceptualization of a fresh groundwater lens influenced by climate change: A modeling study of an arid-region island in the Persian Gulf, Iran, Journal of Hydrology, 519, 399-413, 2014
- Ataie-Ashtiani, B., Ketabchi, H., Rajabi. M.M., Optimal management of freshwater lens in a small island using surrogate models and evolutionary algorithms, Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, 19, 2, 339-354, 2014
- مهدی صاغی‌جدید و حامد کتابچی؛ مدیریت احیاء منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل تلفیقی شبیه‌سازی عددی - بهینه‌سازی فراکاوشی جامعه مورچه‌ها؛ تحقیقات منابع آب ایران؛ ۱۵، ۲؛ صفحه ۱۱۹ تا ۱۳۳؛ ۱۳۹۸
- حامد کتابچی و مهدی صاغی‌جدید، مدیریت نتیجه‌محور (با رویکرد مدیریت منابع آب و محیط زیست)، انتشارات تالاب، بهار ۱۳۹۷، ۱۳۰صفحه، شابک: ۹-۵۴-۷۰۷۸-۶۰۰-۹۷۸

با تشکر از شما

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب

دانشگاه تربیت مدرس

www.hketabchi.ir

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

دکتر داود محمودزاده

پژوهشگر دانشگاه تهران و دانشگاه اوترخت هلند

دکتر محمودزاده یکی از پژوهشگران پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب دانشگاه تربیت مدرس از سال ۱۳۹۳ می‌باشد. وی مدرک دکتری تخصصی مهندسی عمران در گرایش مهندسی محیط‌زیست خود را از دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۸ اخذ نمود. وی همچنین از دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۹۲، کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی محیط‌زیست اخذ نموده است. وی برنده جایزه‌های متعددی از جمله حمایت مالی دوره فرصت مطالعاتی در سال ۱۳۹۷، جایزه احمدی روشن و جوایز تحصیلی دو سال متوالی از سوی بنیاد ملی نخبگان بوده است. دکتر محمودزاده دوره فرصت مطالعاتی خود را در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در دانشکده Geosciences دانشگاه اوترخت هلند و مؤسسه Deltares با انجام تحقیقاتی برتر در زمینه مدلسازی محیط ناهمگن منابع آب زیرزمینی ساحلی و توسعه مدل IMOD در محیط Python گذراندند. مطالعات محیط‌زیستی طرح‌های منابع آب، پایش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی و مطالعات منابع آب زیرزمینی ساحلی (مدلسازی کمّی و کیفی) با تأکید بر مسائل ریسک و آثار تغییرات اقلیم در زمره علایق تحقیقاتی اصلی وی است. دکتر محمودزاده ۱۶ مقاله علمی ـ پژوهشی در مجلات معتبر داخلی و خارجی دارد. وی سابقه حرفه‌ای بیش از ۶ سال داشته و در پروژه‌های داخلی زیادی از جمله در استان‌های البرز، کرمان، مازندران، هرمزگان، تهران و اصفهان و در طرحی خارجی در کشور عراق در تخصص خود، فعالیت نموده است.

d.mahmoodzadeh@ut.ac.ir

فرآیند مفهوم‌سازی در مدیریت منابع آب زیرزمینی
از ایده تا پیاده‌سازی

Conceptualization procedure in groundwater resource management – Idea to implementation

Davood Mahmoodzadeh

Ph.D., School of Civil Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
Researcher, Department of Physical Geography, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands
Researcher, Research institute of Water engineering and management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

The Earth's Finite Water Supply

Salt Water **97.5%**

Fresh Water **2.5%**

- 97.5% of the water on Earth's surface is saltwater.
- That leaves only 2.5% that is freshwater.
- of that, about 30% is groundwater.

"The Blue Marble" – Compilation Satellite Imagery Courtesy NASA Goddard Space Flight Center

Photo Credit: Adam Nieman / Science Photo Library

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

Introduction

Seawater intrusion

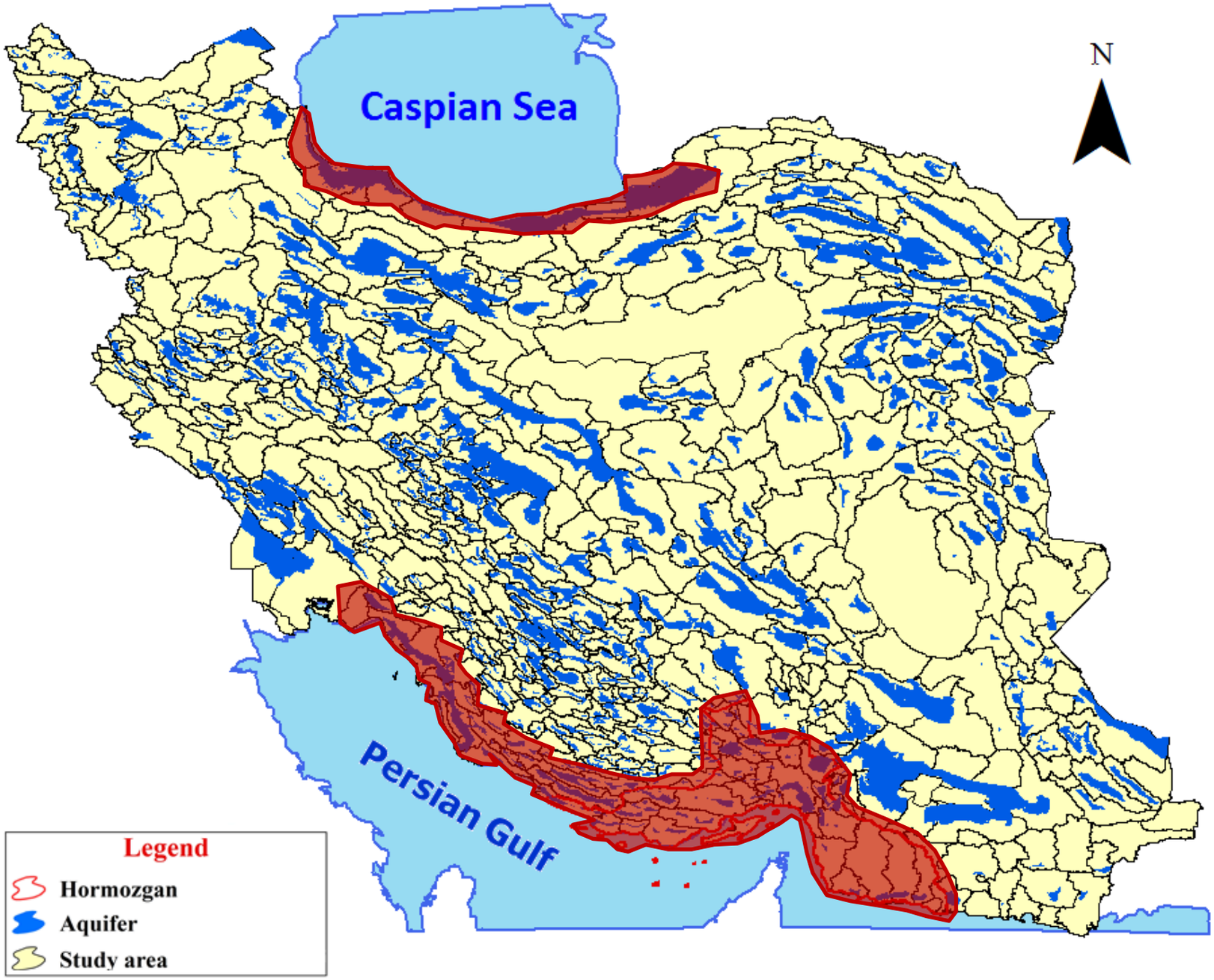
Objective

Benchmark problem

Real case study

Conclusion

References



پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

Introduction

Seawater intrusion

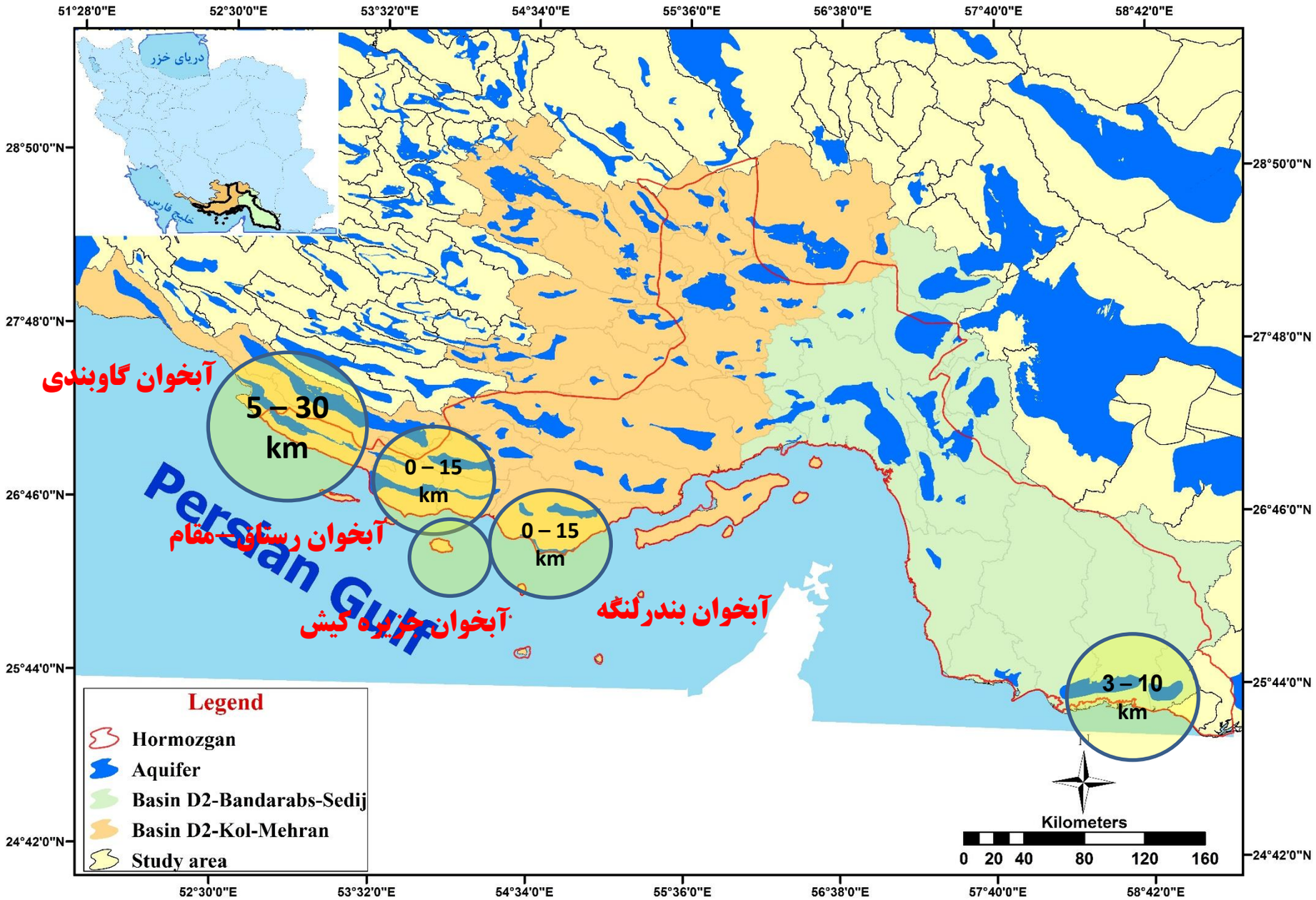
Objective

Benchmark problem

Real case study

Conclusion

References



پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

Introduction

Seawater intrusion

Objective

Benchmark problem

Real case study

Conclusion

References

Coastal aquifers

- **Groundwater** in the coastal aquifers is the most important freshwater resource in many coastal regions.

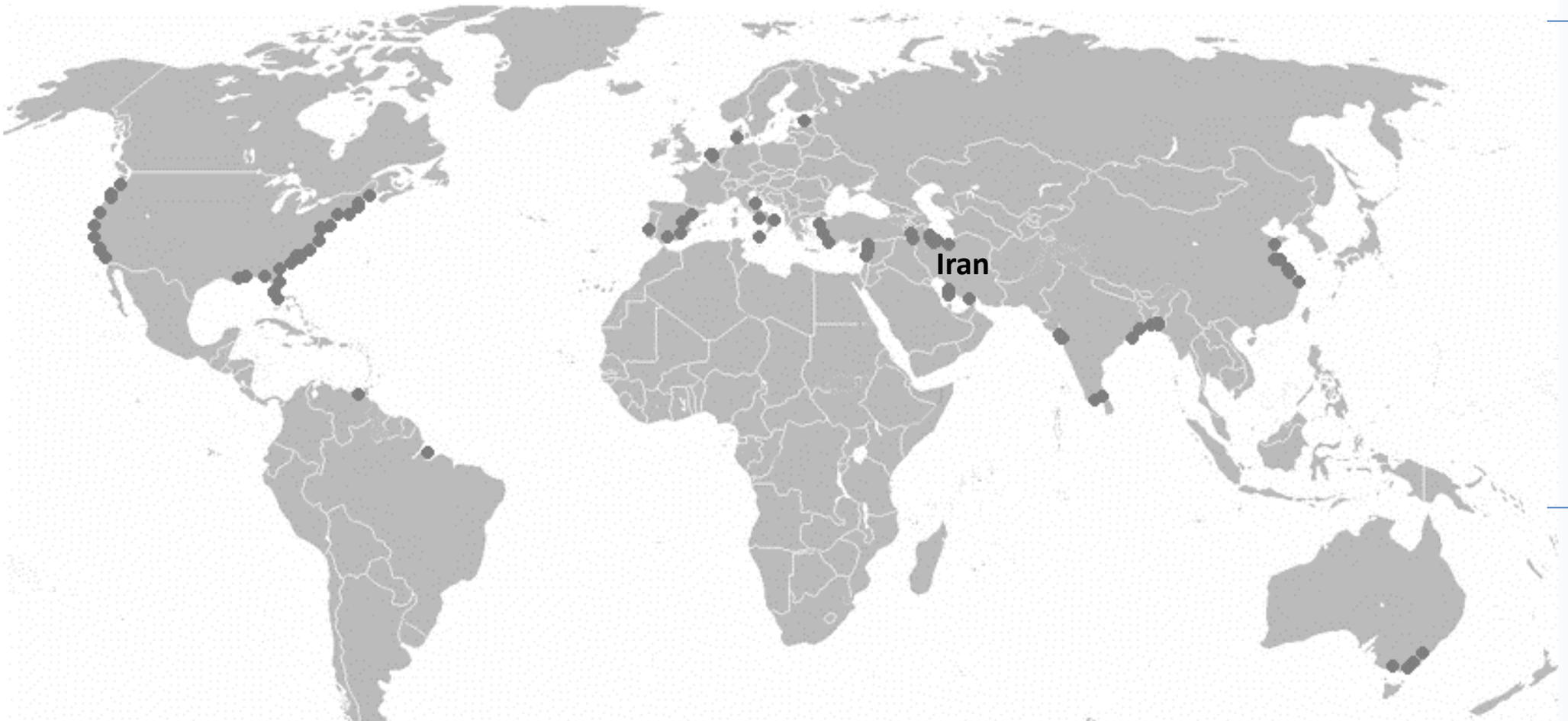
- Approximately 80% of the world's population lives along the coast and **they used coastal aquifers** for agricultural, domestic and industrial purposes.

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Coastal aquifers

❑ **In coastal regions**, coastal aquifers are affected by **seawater intrusion** (SWI) from both subsurface and land-surface into aquifers



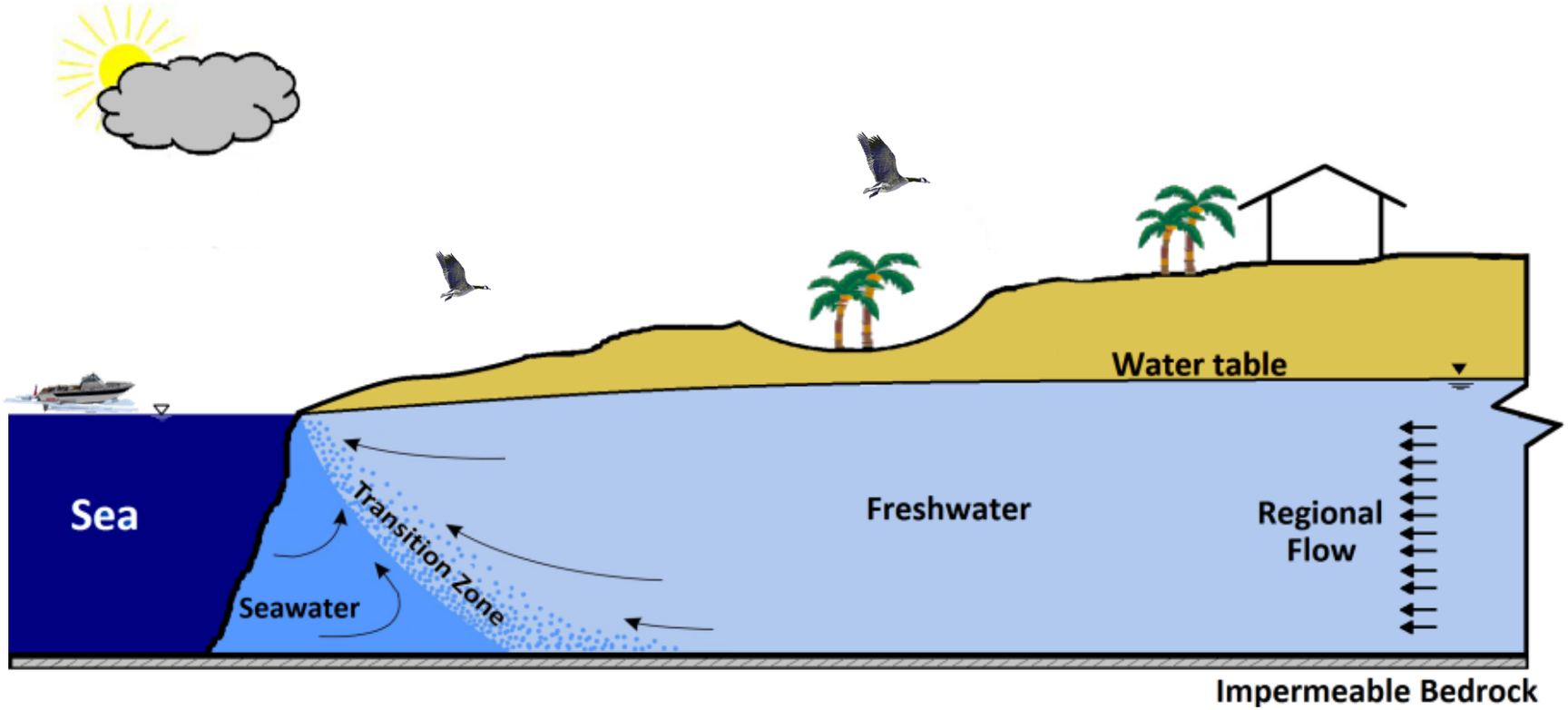
● ***Coastal aquifers are affected by SWI***

Chang et al. (2011); Yang et al. (2015).

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Seawater intrusion

- Movement of seawater into freshwater aquifers due to natural processes or human activities.
- Intrusion affects the quality of water and the health of groundwater dependent ecosystems.



Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Mahmoodzadeh, D., & Karamouz, M. (2017). Influence of coastal flooding on seawater intrusion in coastal aquifers. In *World Environmental and Water Resources Congress 2017* (pp. 66-79).

Factors that affect the seawater intrusion

1. Pumping/extraction
2. Tidal fluctuation
3. Sea level rise, Storm surge
4. Change in precipitation
5. Aquifer heterogeneity, bed slope, land-surface slope, and landward boundary conditions

Human activities

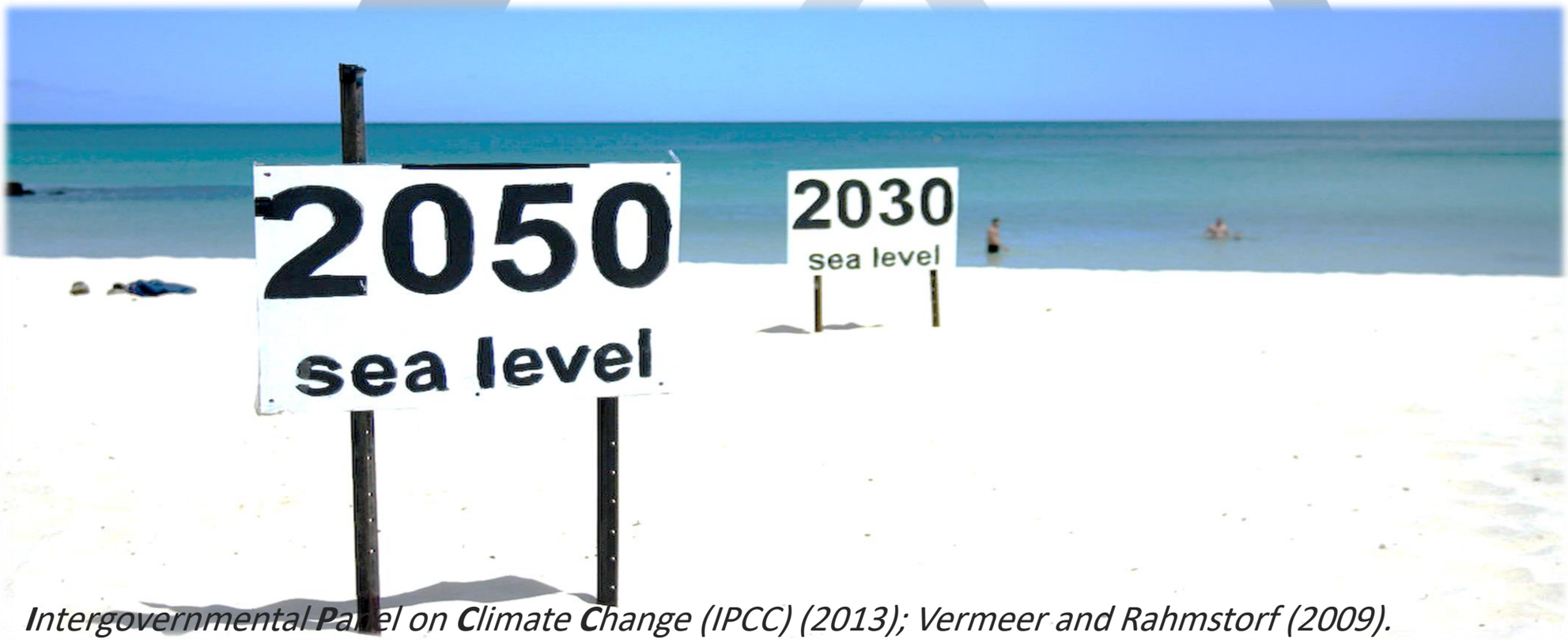
Natural processes
such as climate change

Aquifer characteristics

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Sea-level rise (SLR)

- SLR of between **0.26 and 1.8 m** can be expected by 2100
- This SLR may lead to significant land-surface inundation (LSI) issues in coming decades, specially in low-topography coastal regions



Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013); Vermeer and Rahmstorf (2009).

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Change in annual mean precipitation → Change in aquifer recharge rate

- Annual mean precipitation **can vary up to ±50%** in the world.
- The high latitudes and the equatorial Pacific Ocean are likely to experience an increase in annual mean precipitation by the end of this century.
- In many mid-latitude and subtropical arid regions, mean precipitation will likely decrease.
- while in many mid-latitude wet regions, mean precipitation will likely increase by 2100.

Introduction

Seawater intrusion

Objective

Benchmark problem

Real case study

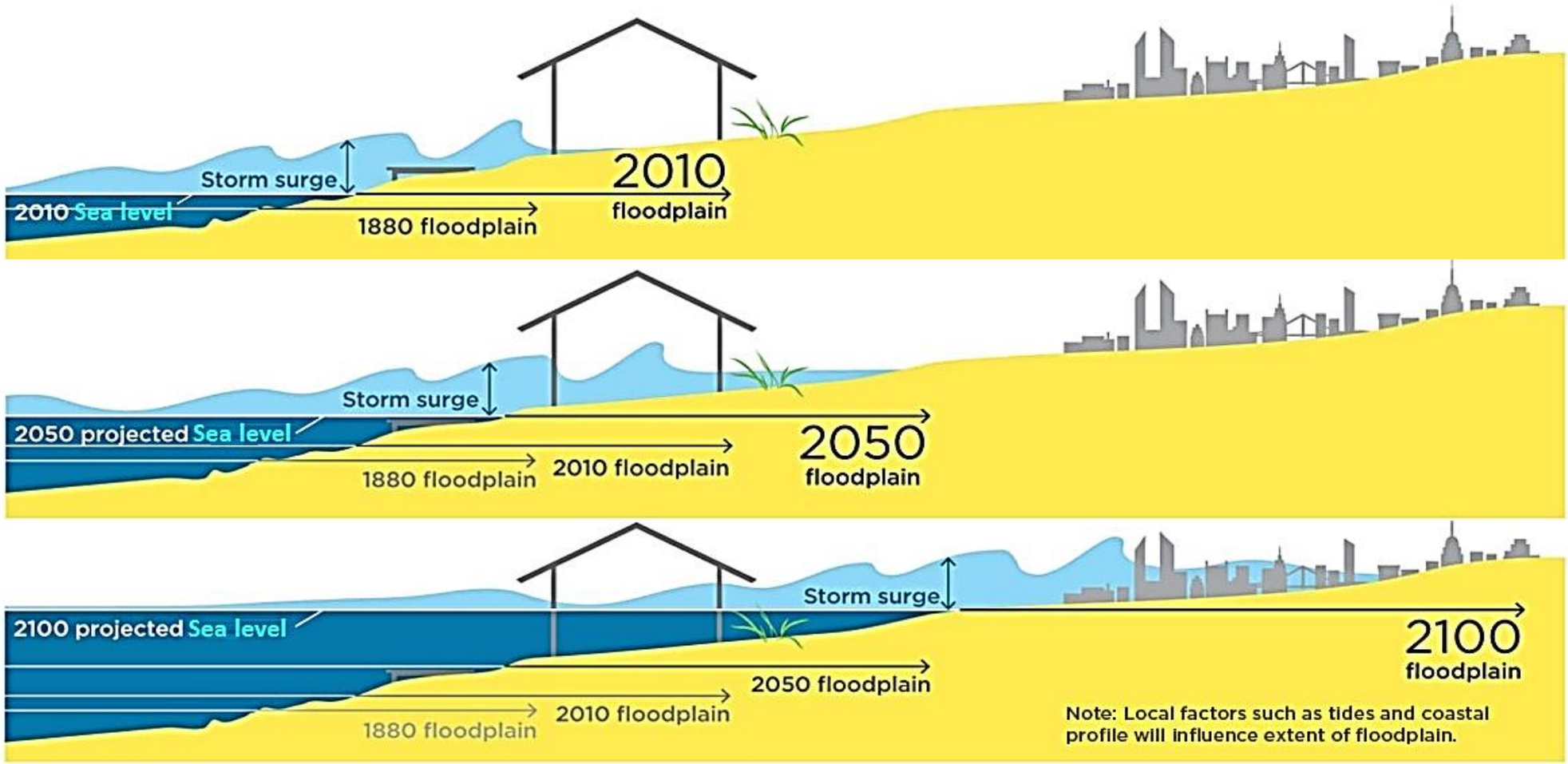
Conclusion

References

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013)

Storm surge

- Storm surges can also influence the fresh groundwater resources in coastal regions because of inundating the extensive areas of near sea lands.
- Rising in sea level can be increased in the frequency and intensity of storm surges.



Introduction

Seawater intrusion

Objective

Benchmark problem

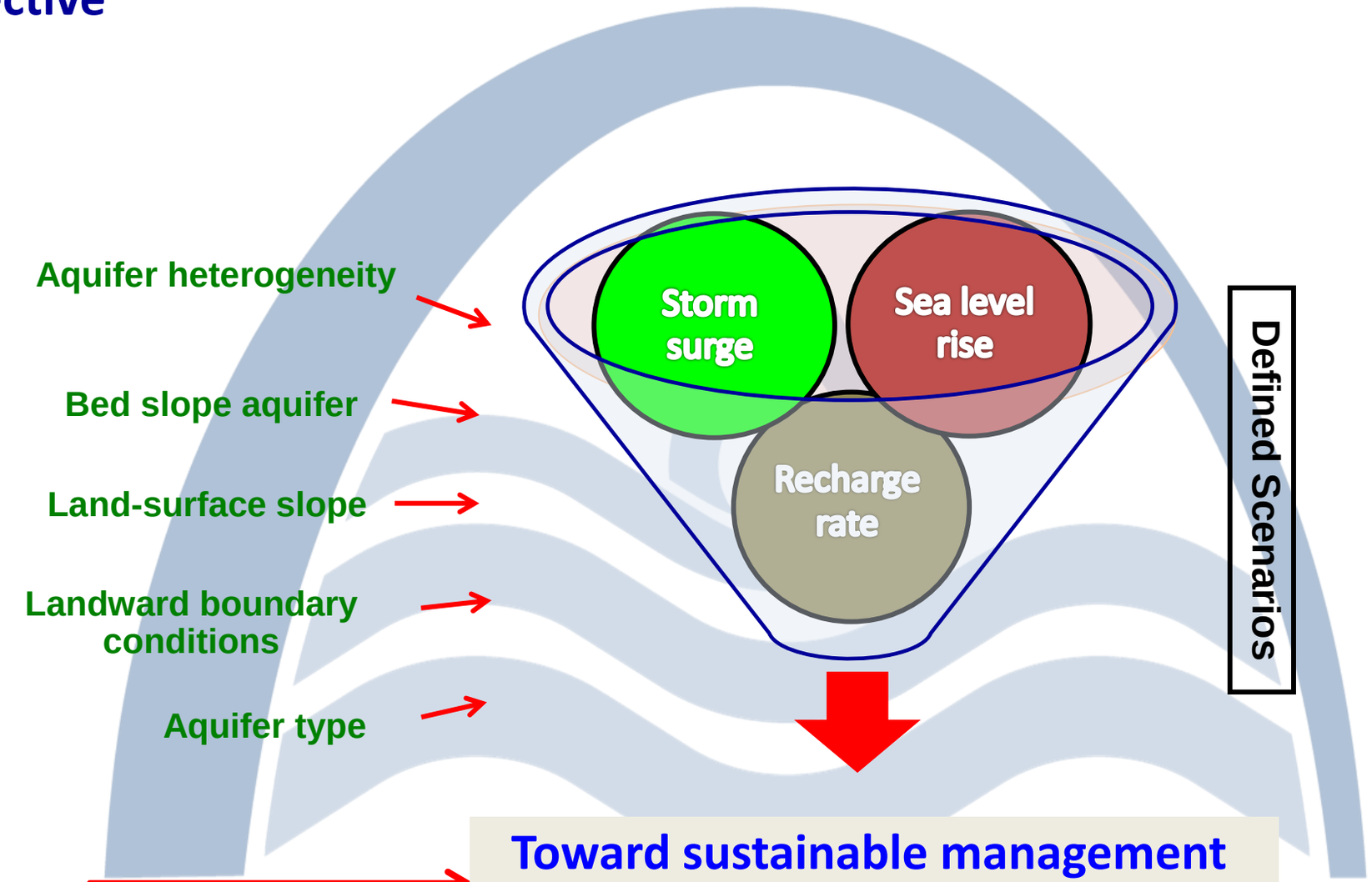
Real case study

Conclusion

References

Taylor et al. (2013);
Yu et al. (2016);

Objective



Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Numerical model

- **The fluid mass balance equation** representing the single-phase flow in saturated porous media
- **The solute mass balance equation** characterizing the solute transport including advection and dispersion mechanisms
- **These equations are solved simultaneously** to characterize density-dependent flow associated with SWI

SUTRA (Version.2.2)
Voss and Provost (2010)

SEAWAT (Version.4)
Langevin et al. (2008)

IMOD

iMOD-SEAWAT

iMOD-Python

Deltares

USGS science for a changing world

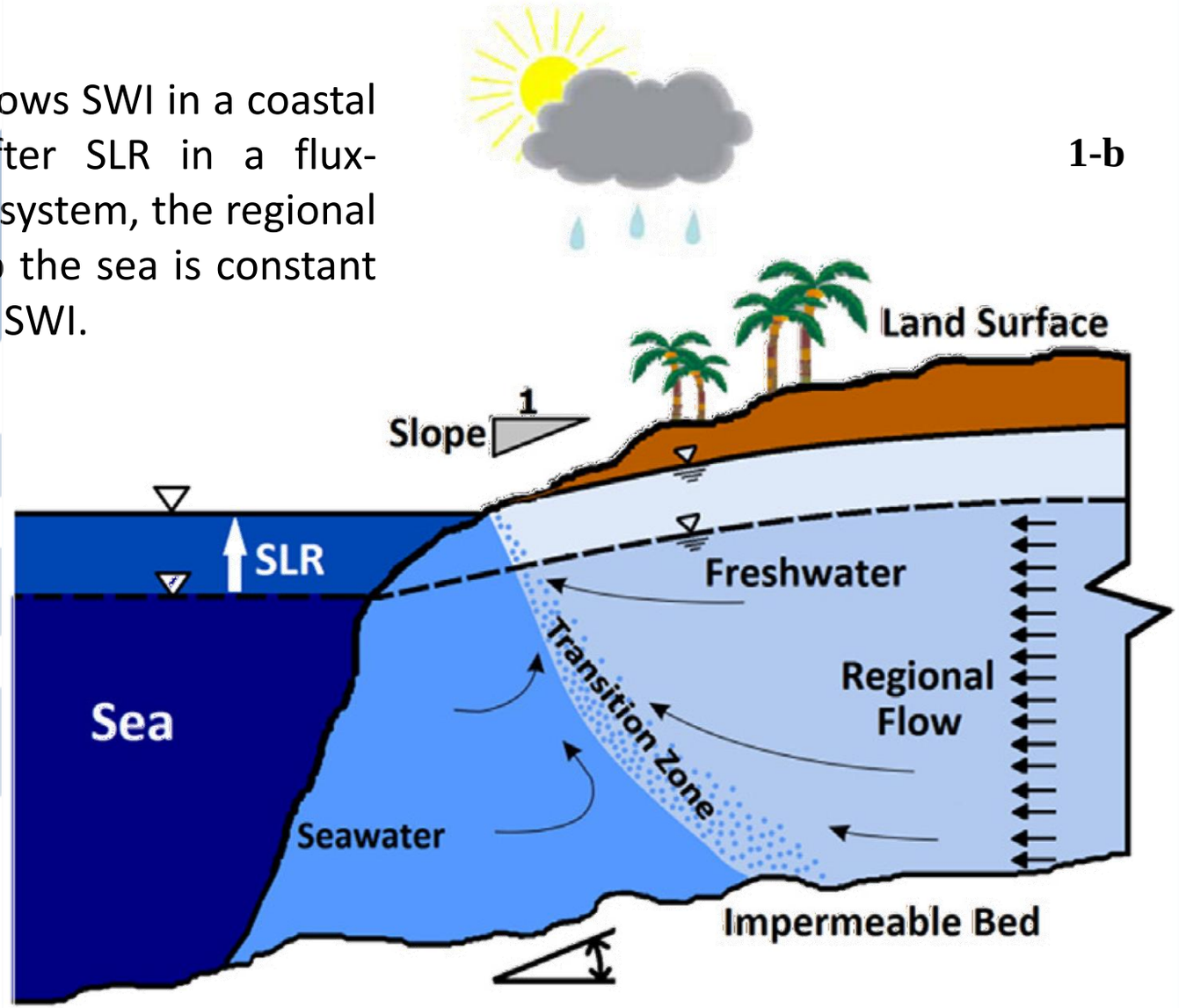
Aquaveo Development Partners:
US Army Corps of Engineers® Engineer Research and Development Center
esri Partner Network
U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Conceptual Model (1)

- This conceptual model shows SWI in a coastal aquifer prior to and after SLR in a flux-controlled system. In this system, the regional groundwater discharge to the sea is constant and controls the status of SWI.

1-b



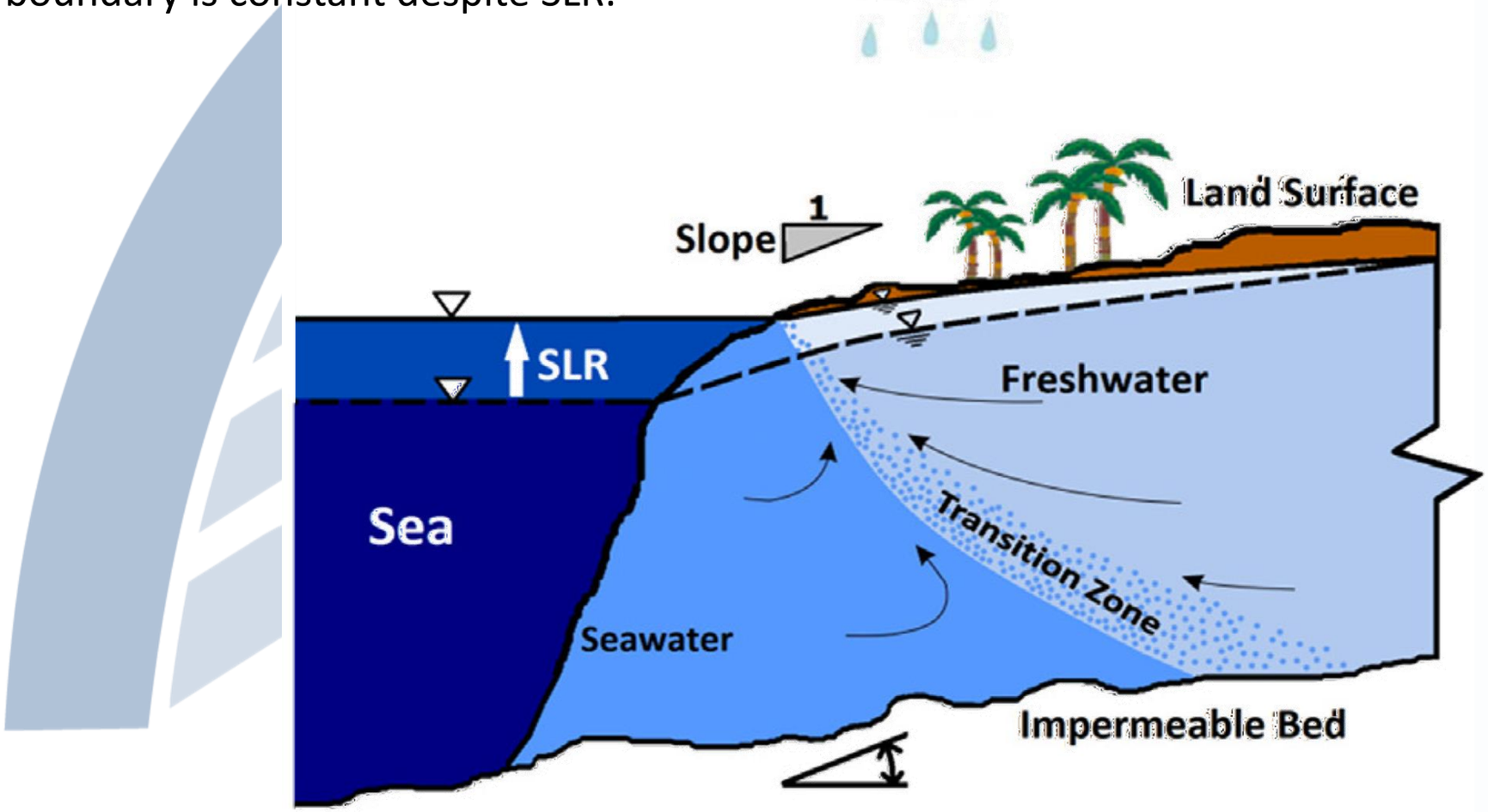
Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Ketabchi, H., Mahmoodzadeh, D., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2016). Sea-level rise impacts on seawater intrusion in coastal aquifers: Review and integration. *Journal of Hydrology*, *535*, 235-255.

Conceptual Model (2)

- In this system, the water table position at the landward boundary is constant despite SLR.

2-b

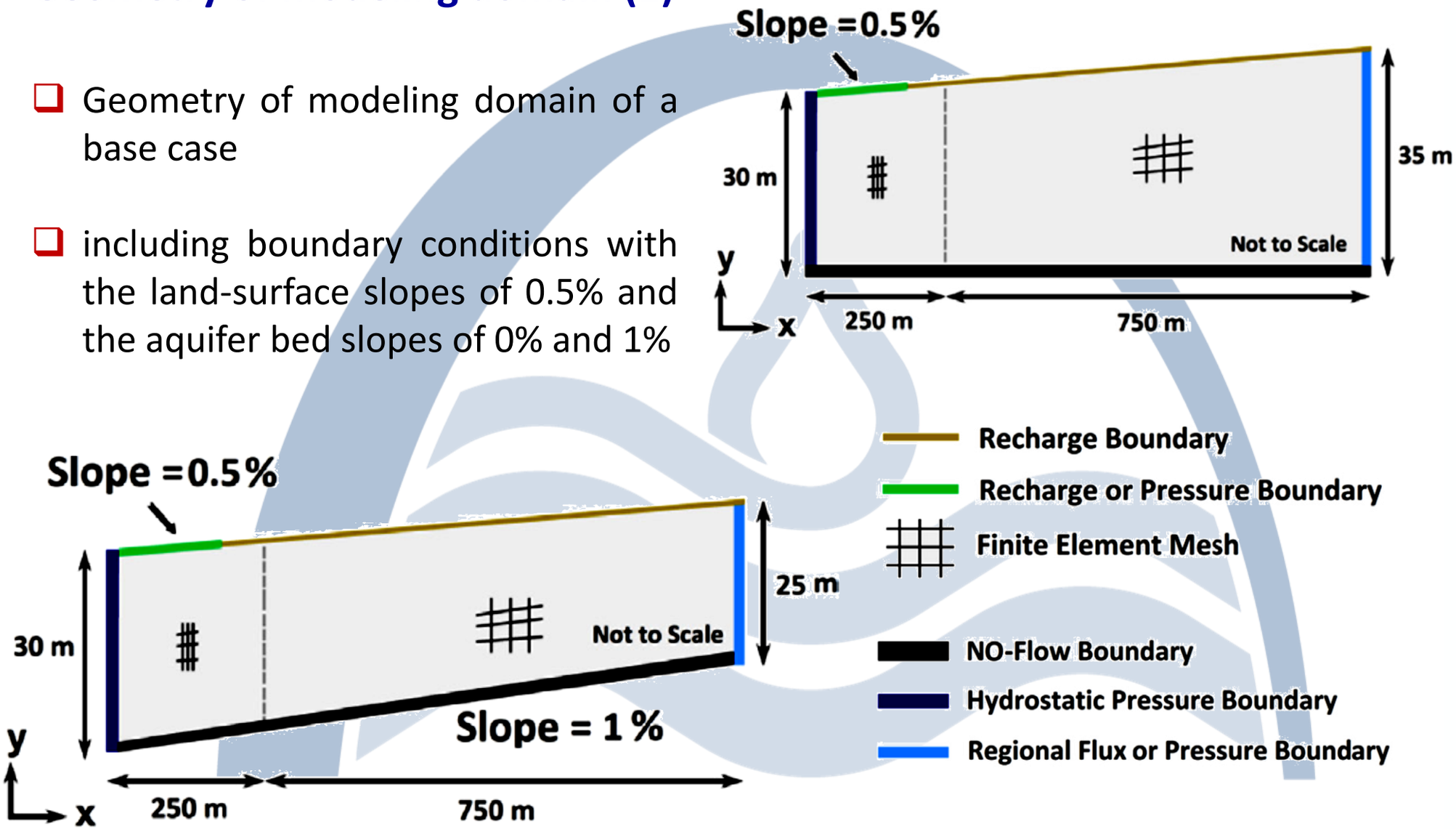


Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Ketabchi, H., Mahmoodzadeh, D., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2016). Sea-level rise impacts on seawater intrusion in coastal aquifers: Review and integration. *Journal of Hydrology*, *535*, 235-255.

Geometry of modeling domain (1)

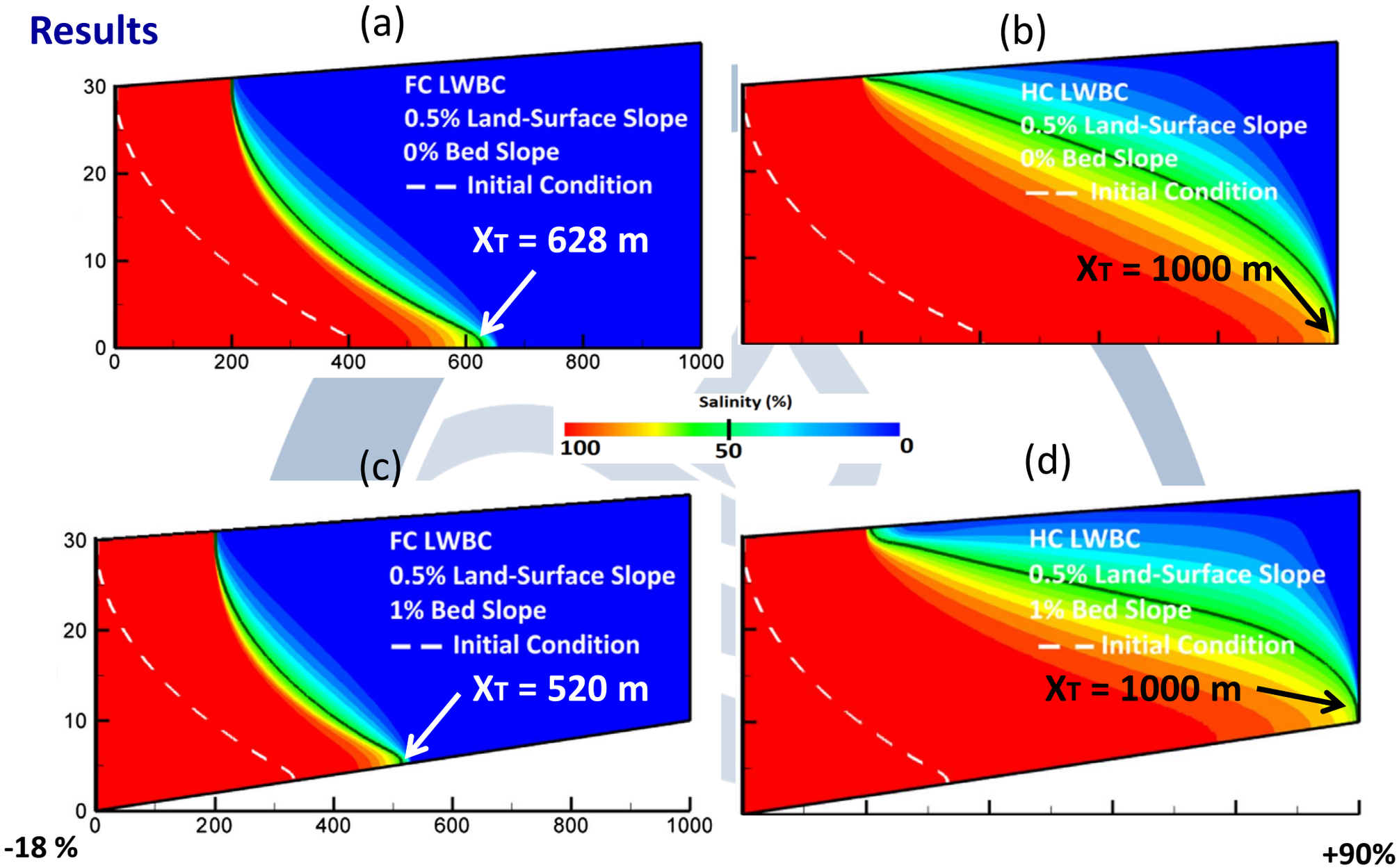
- Geometry of modeling domain of a base case
- including boundary conditions with the land-surface slopes of 0.5% and the aquifer bed slopes of 0% and 1%



Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Ketabchi, H., Mahmoodzadeh, D., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2016). Sea-level rise impacts on seawater intrusion in coastal aquifers: Review and integration. *Journal of Hydrology*, *535*, 235-255.

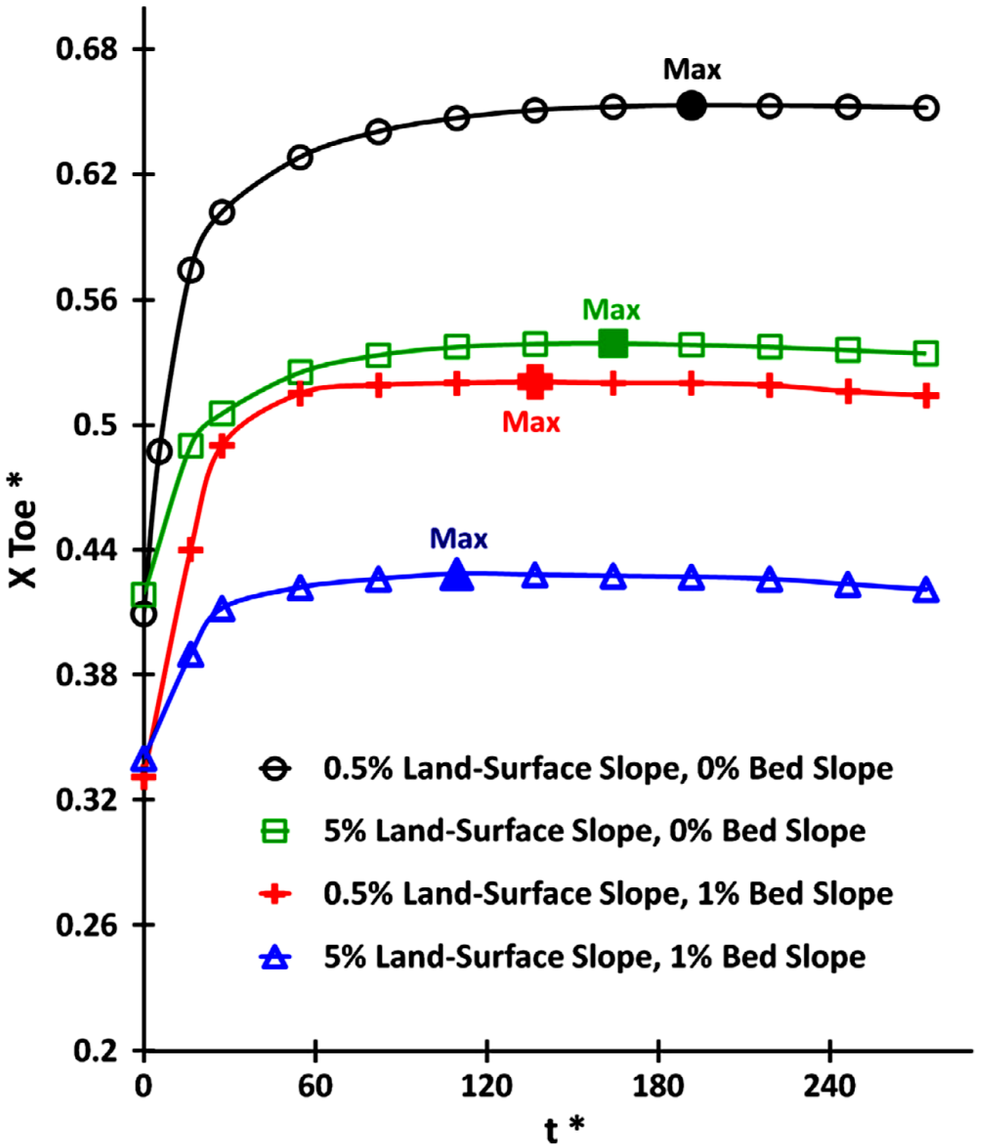
Results



Ketabchi, H., Mahmoodzadeh, D., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2016). Sea-level rise impacts on seawater intrusion in coastal aquifers: Review and integration. *Journal of Hydrology*, *535*, 235-255.

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Results

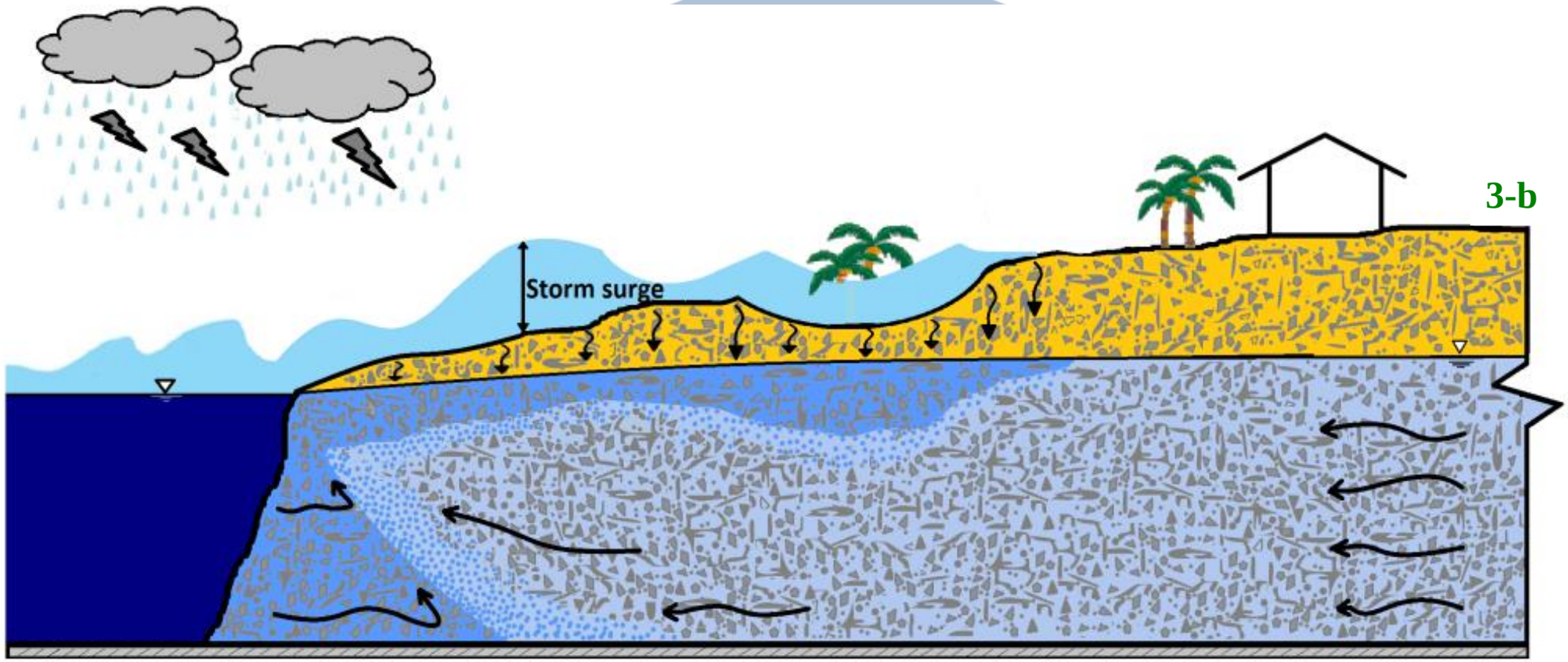


- This figure shows the transient seawater toe location and overshoot mechanism behavior associated with a SLR of 1 m for all FC cases.
- For the higher land-surface and the aquifer bed slopes, the total time required to reach a maximum seawater toe location is small.
- Overshoot means that seawater which intrudes into a coastal aquifer due to SLR would initially overshoot the steady-state position but then naturally be driven back to a seaward resting position.

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Ketabchi, H., Mahmoodzadeh, D., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2016). Sea-level rise impacts on seawater intrusion in coastal aquifers: Review and integration. *Journal of Hydrology*, *535*, 235-255.

Conceptual Model (3)

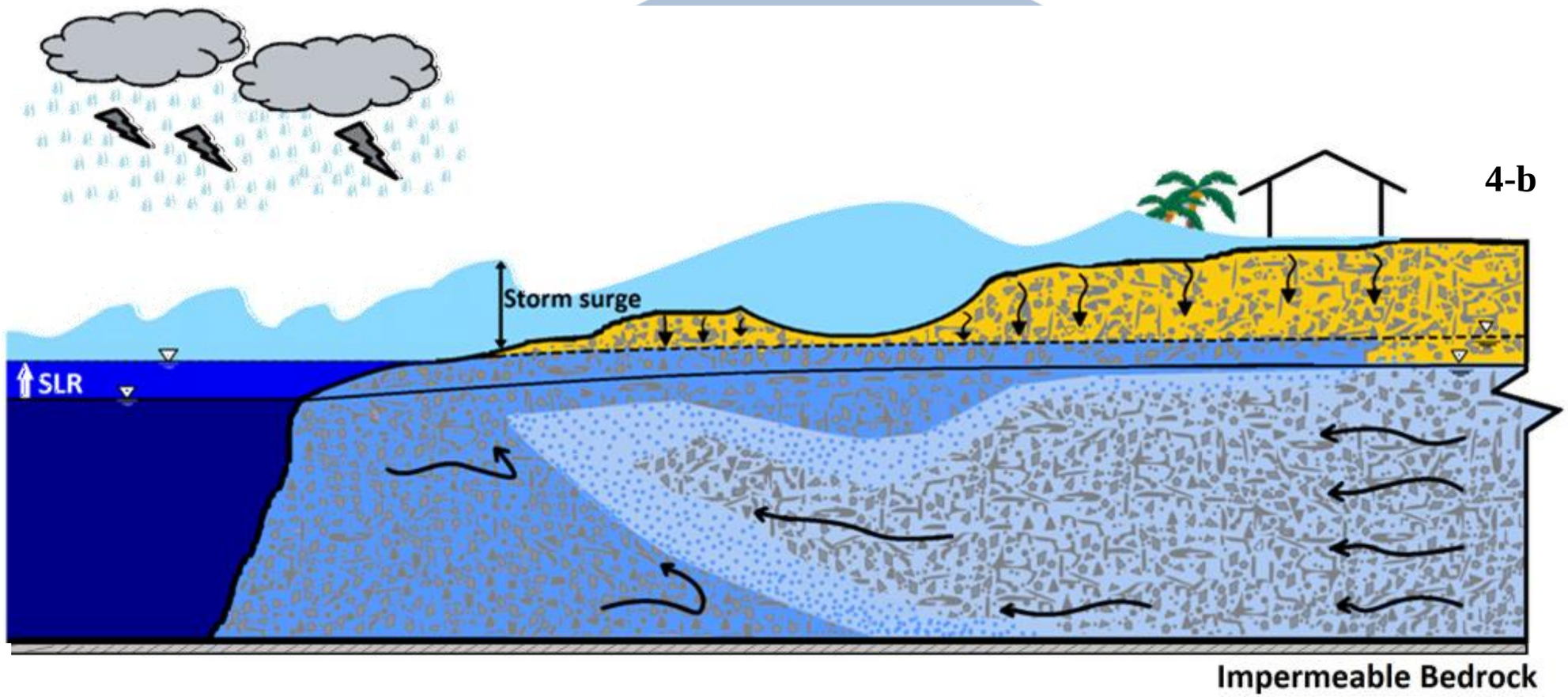


- SWI into coastal aquifer occurs caused by storm surge due to ocean surges inundation. 3-a) Homogeneous aquifer 3-b) Heterogeneous aquifer

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Mahmoodzadeh, D., & Karamouz, M. (2019). Seawater intrusion in heterogeneous coastal aquifers under flooding events. *Journal of Hydrology*, *568*, 1118-1130.

Conceptual Model (4)



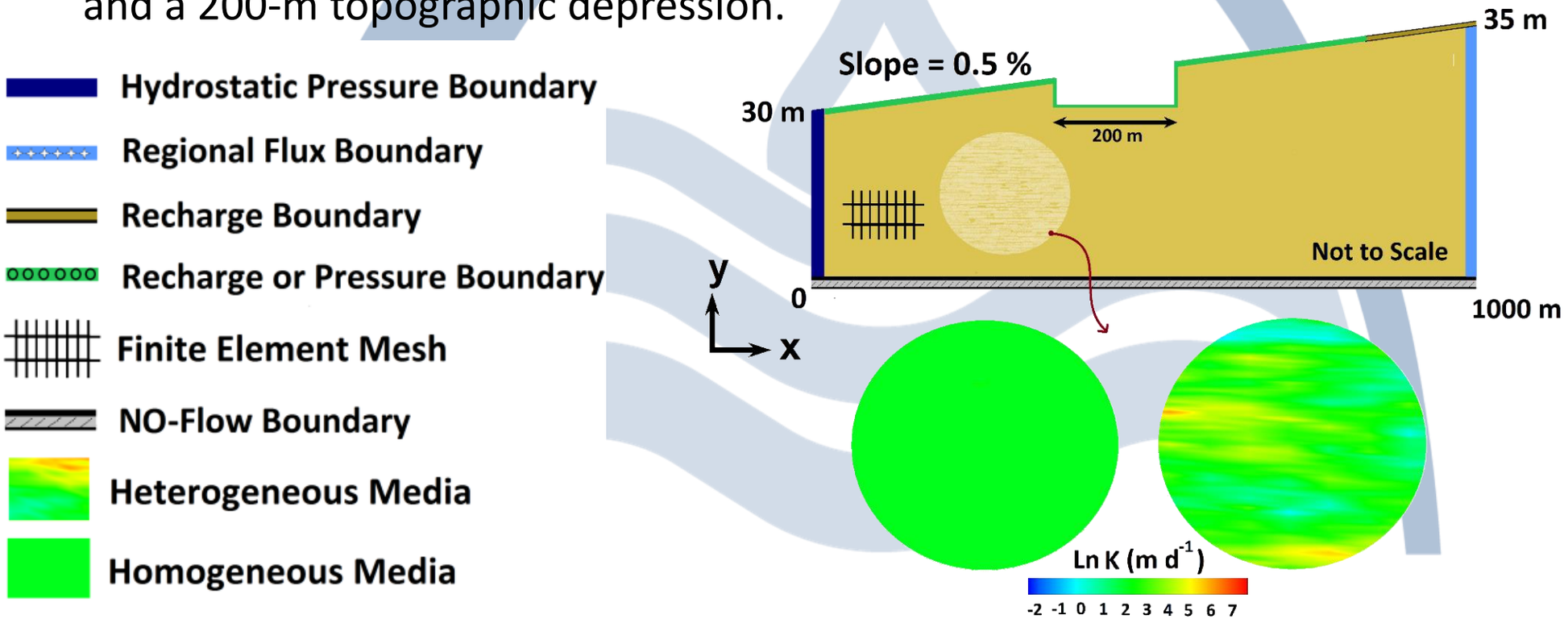
- SWI into coastal aquifer occurs caused by both SLR and storm surge.
  4-a) Homogeneous aquifer 4-b) Heterogeneous aquifer

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Mahmoodzadeh, D., & Karamouz, M. (2019). Seawater intrusion in heterogeneous coastal aquifers under flooding events. *Journal of Hydrology*, *568*, 1118-1130.

Geometry of modeling domain (2)

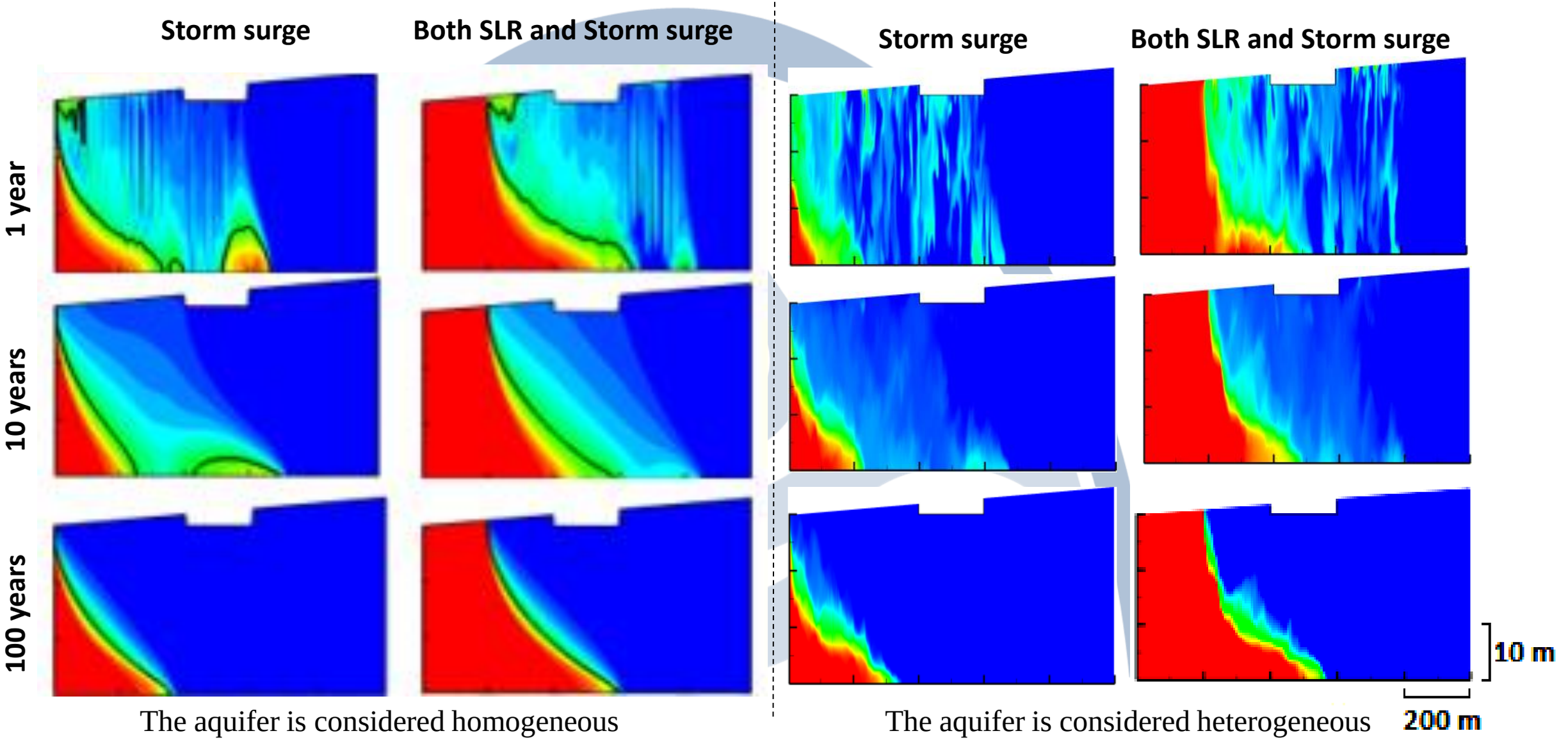
- The 2D unconfined aquifer domain that used for the modeling purposes of this study and the assigned boundary conditions is shown in following figure.
- Problem domain including boundary conditions with the land-surface slope and a 200-m topographic depression.



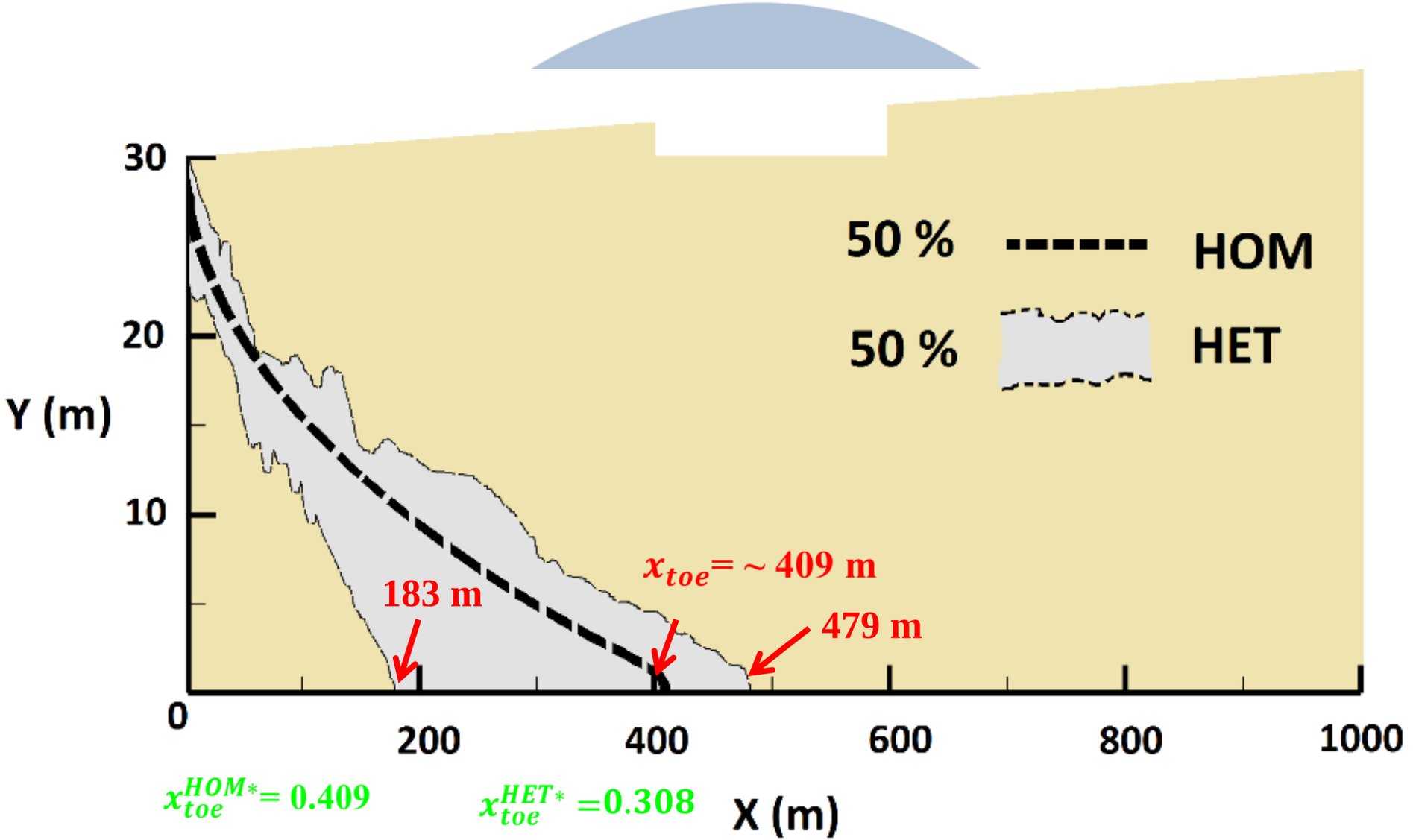
Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Mahmoodzadeh, D., & Karamouz, M. (2019). Seawater intrusion in heterogeneous coastal aquifers under flooding events. *Journal of Hydrology*, *568*, 1118-1130.

Results


Storm surge
Both SLR and Storm surge
Storm surge
Both SLR and Storm surge
1 year
10 years
100 years
10 m
200 m
The aquifer is considered homogeneous
The aquifer is considered heterogeneous

Results



Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

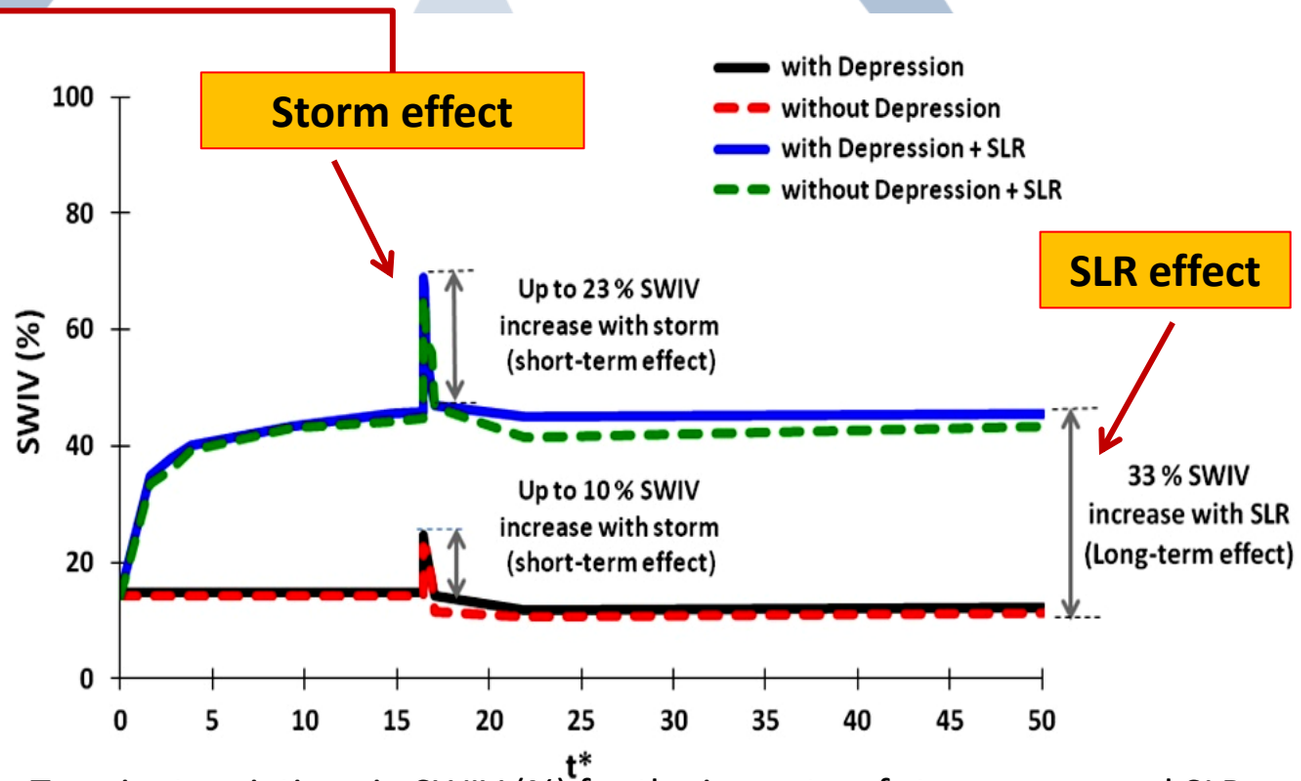
Mahmoodzadeh, D., & Karamouz, M. (2019). Seawater intrusion in heterogeneous coastal aquifers under flooding events. *Journal of Hydrology*, *568*, 1118-1130.

Results

- Figure shows the transient variations in SWIV caused by storm surge and SLR
- The salinity distributions of SWIV show that the impacts of storm surge event on aquifer can be detected up to about 1 year after storm surge.

SWIV (%) is t* between 16.42 and 16.52 (i.e. 30.0 years to 30.1 years) to reach the maximum values

Dimensionless time ($t^* = \frac{tKB}{\varepsilon L^2}$) *where t [T] is time, K [L/T] is the hydraulic conductivity, B [L] average aquifer thickness, ε[–] is the effective porosity and L [L] is aquifer length.*

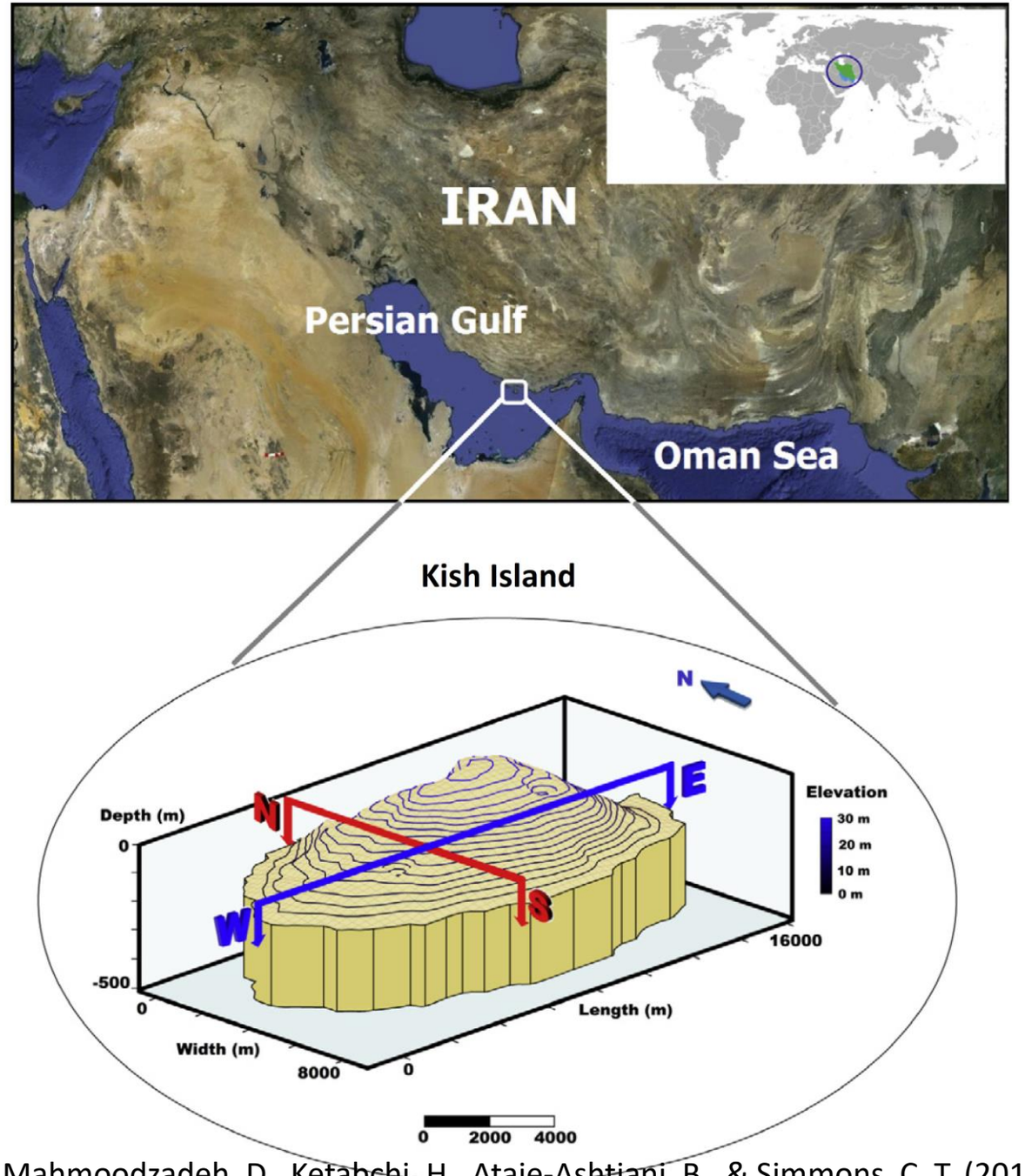


Transient variations in SWIV (%) for the impacts of storm surge and SLR

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Mahmoodzadeh, D., & Karamouz, M. (2017). Influence of coastal flooding on seawater intrusion in coastal aquifers. In *World Environmental and Water Resources Congress 2017* (pp. 66-79).

Kish Island, Persian Gulf, Iran



Introduction

Seawater intrusion

Objective

Benchmark problem

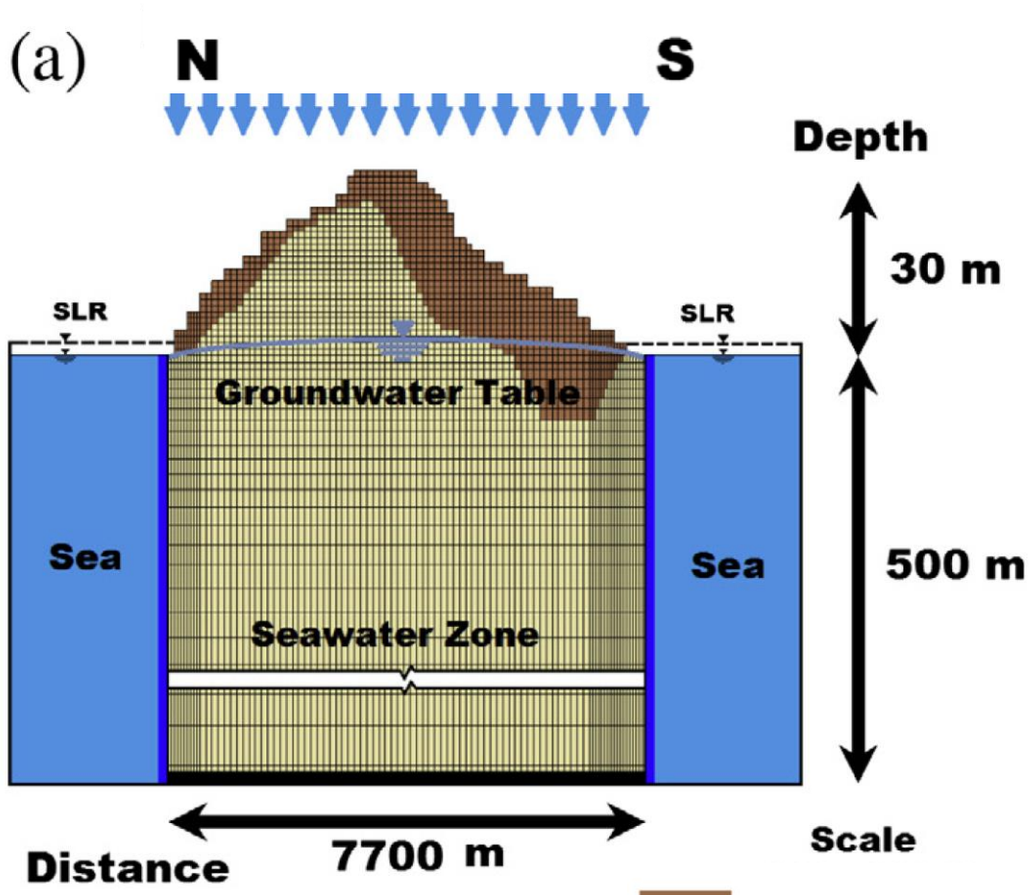
Real case study

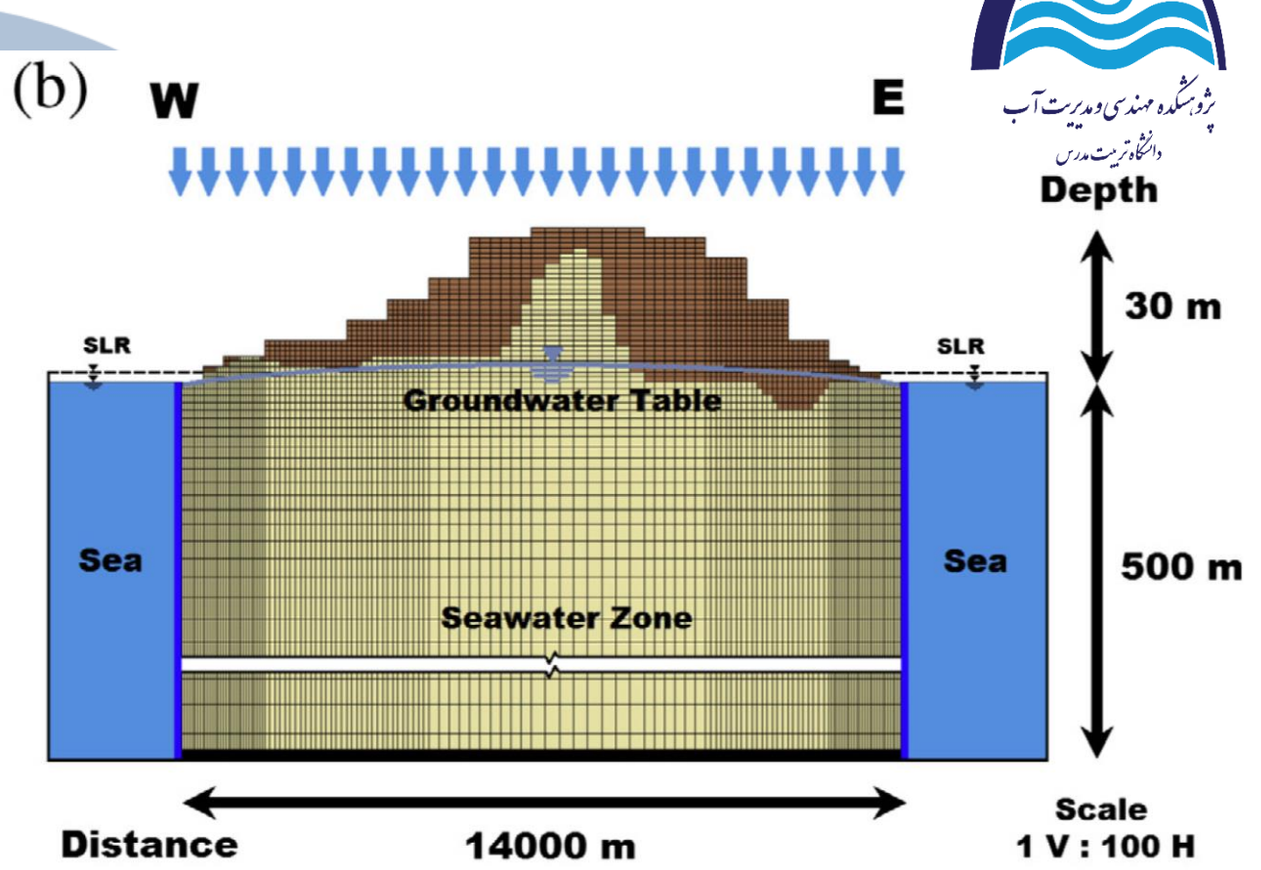
Conclusion

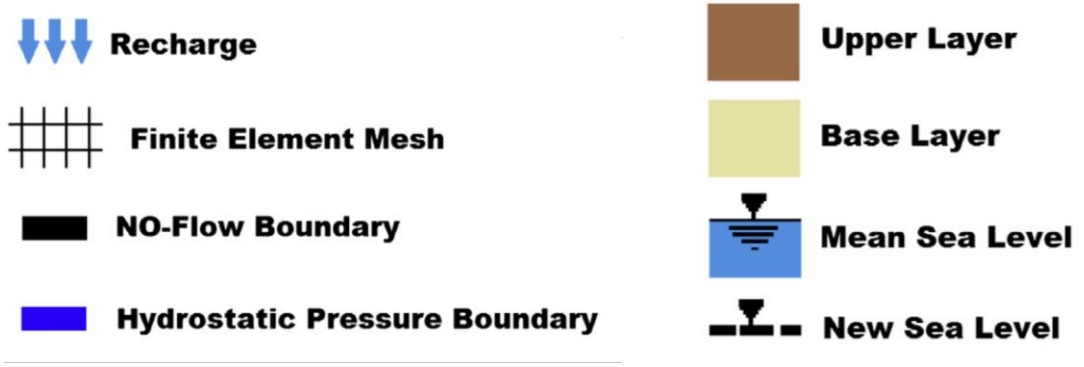
References

Mahmoodzadeh, D., Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2014). Conceptualization of a fresh groundwater lens influenced by climate change: A modeling study of an arid-region island in the Persian Gulf, Iran. *Journal of Hydrology*, *519*, 399-413.

Geometry of modeling domain (3)

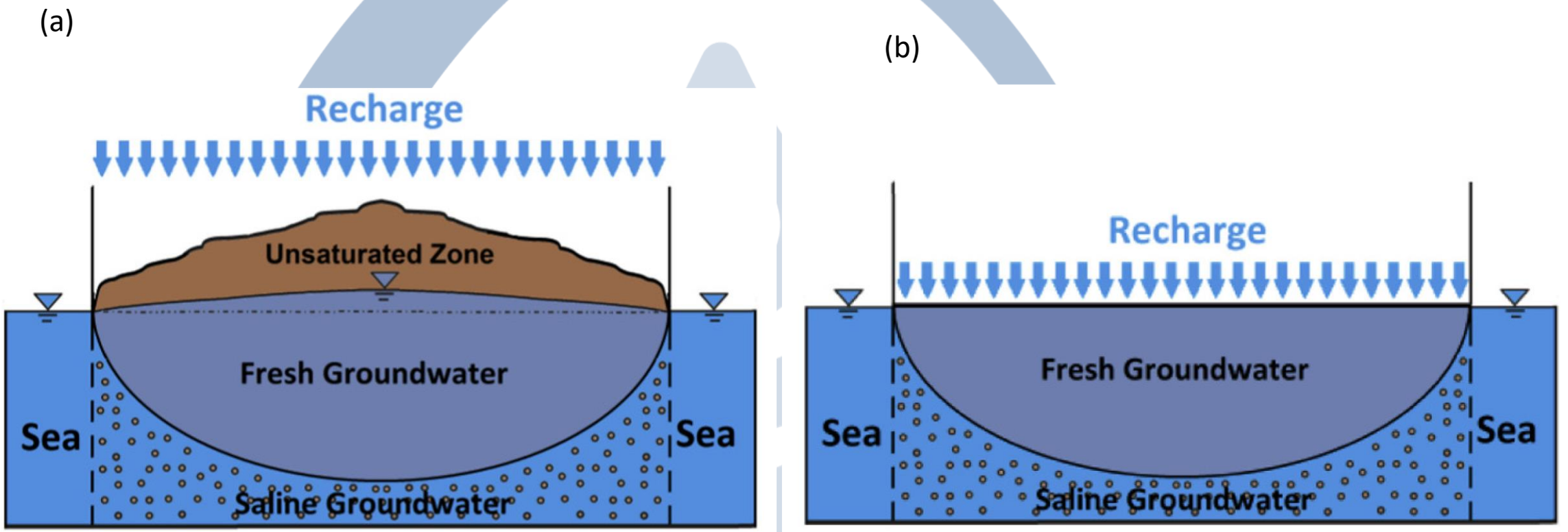






Mahmoodzadeh, D., Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2014). Conceptualization of a fresh groundwater lens influenced by climate change: A modeling study of an arid-region island in the Persian Gulf, Iran. *Journal of Hydrology*, *519*, 399-413.

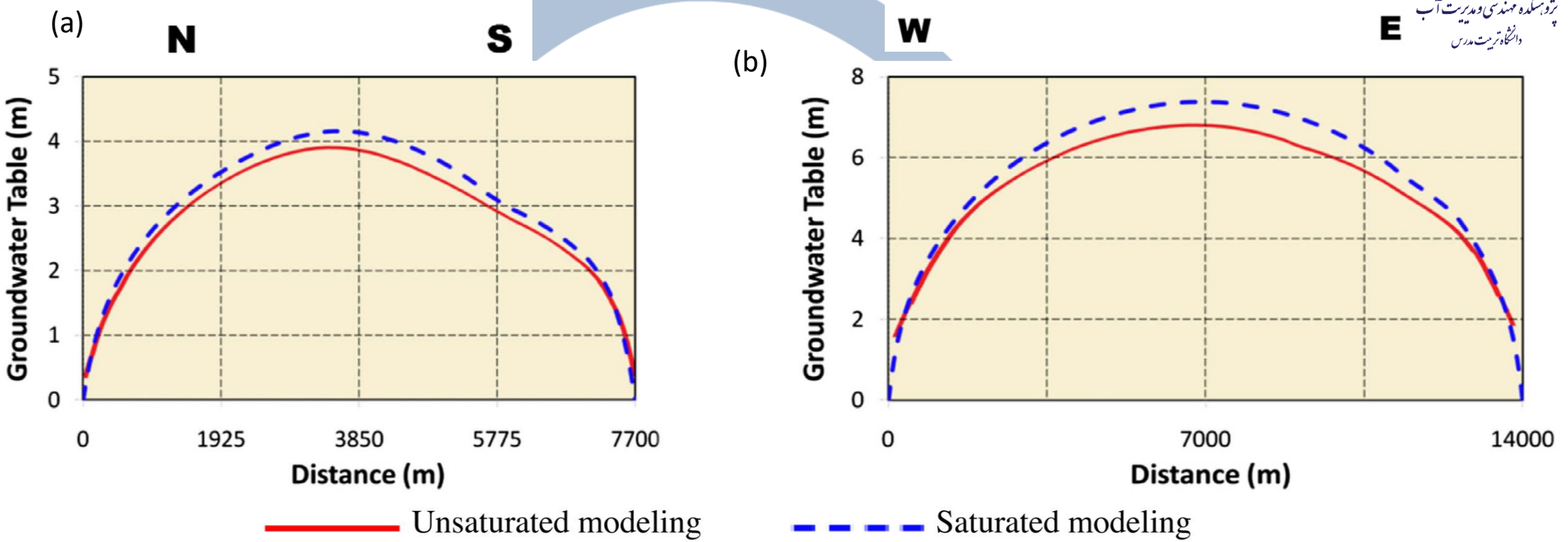
Geometry of modeling domain (3)



Conceptual model of the FGL system in (a) unsaturated groundwater flow modeling (b) saturated groundwater flow modeling

Mahmoodzadeh, D., Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2014). Conceptualization of a fresh groundwater lens influenced by climate change: A modeling study of an arid-region island in the Persian Gulf, Iran. *Journal of Hydrology*, *519*, 399-413.

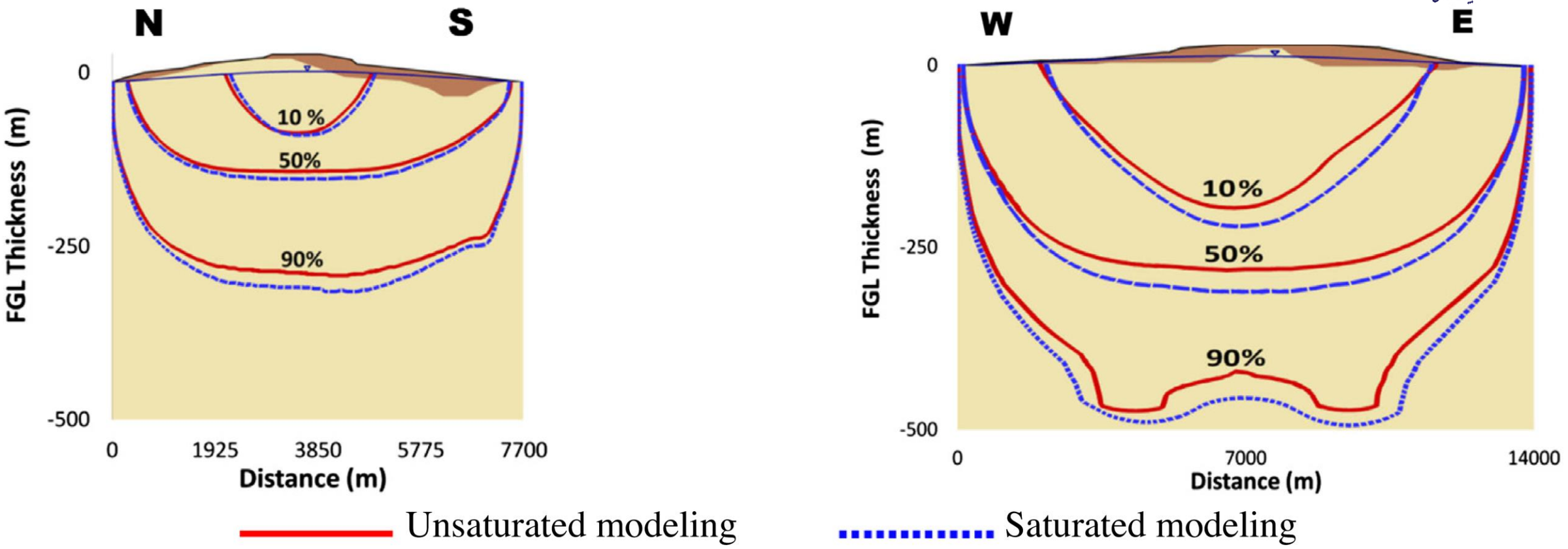
Results



Water table in unsaturated and saturated groundwater flow modeling in (a) two-layer aquifer system for the N–S cross-section, (b) two-layer aquifer system for the W–E cross-section.

Mahmoodzadeh, D., Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2014). Conceptualization of a fresh groundwater lens influenced by climate change: A modeling study of an arid-region island in the Persian Gulf, Iran. *Journal of Hydrology*, *519*, 399-413.

Results



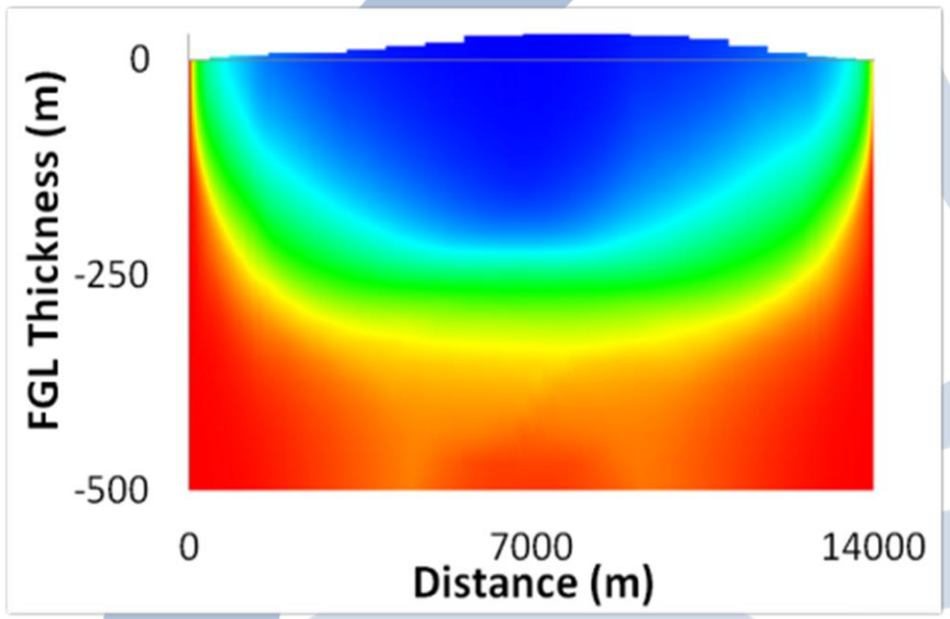
The salinity profiles, (a) unsaturated and (b) saturated groundwater flow modeling in two-layer system, for the N–S and W–E cross-sections.

Results

First scenario: Average recharge rate with No-LSI consideration for SLR.

ANLS

E-W



NO-SLR

SLR = 1 m

SLR = 4 m

Average recharge = 20 (mm/year)

Scenario	Thickness (m)	Deference (%)
ANLS0	282	-
ANLS1	277	-1.7
ANLS4	267.3	-5.2

LSI: land-surface inundation

Introduction

Seawater intrusion

Objective

Benchmark problem

Real case study

Conclusion

References

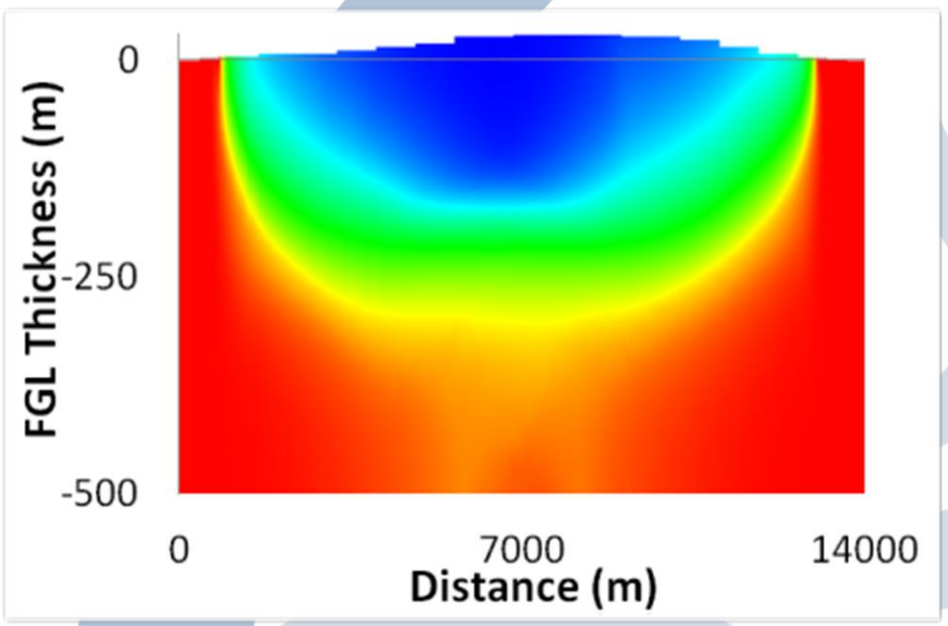
Mahmoodzadeh, D., Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2014). Conceptualization of a fresh groundwater lens influenced by climate change: A modeling study of an arid-region island in the Persian Gulf, Iran. *Journal of Hydrology*, *519*, 399-413.

Results

Second scenario: Average recharge rate with LSI consideration for SLR.

ALS

E-W



NO-SLR

SLR = 1 m

SLR = 4 m

Average recharge = 20 (mm/year)

Scenario	Thickness (m)	Deference (%)
ALS0	282	-
ALS1	256	-9.2
ALS4	214.7	-23.8

Introduction

Seawater intrusion

Objective

Benchmark problem

Real case study

Conclusion

References

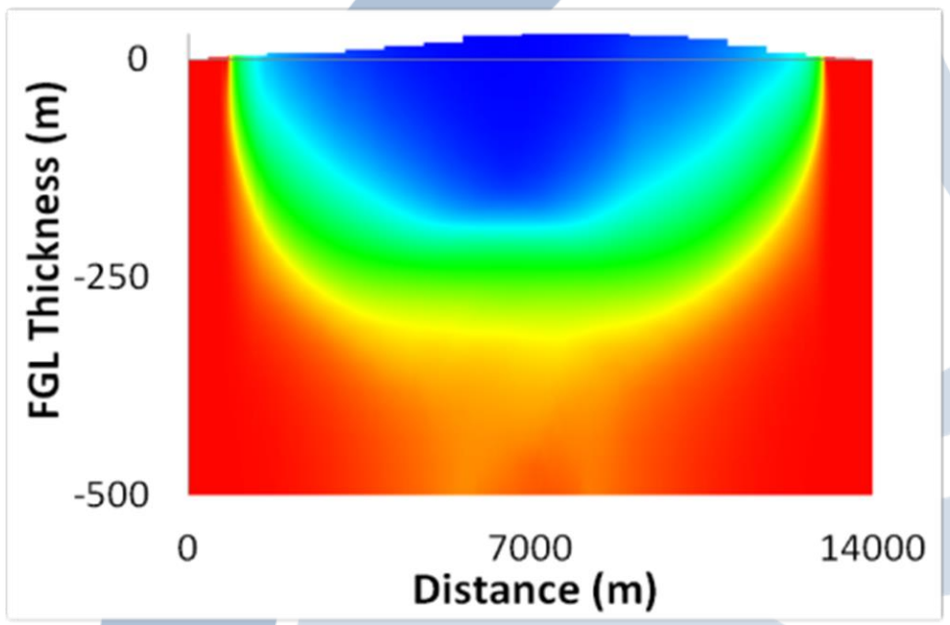
Mahmoodzadeh, D., Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2014). Conceptualization of a fresh groundwater lens influenced by climate change: A modeling study of an arid-region island in the Persian Gulf, Iran. *Journal of Hydrology*, *519*, 399-413.

Results

Third scenario: Wet recharge rate with LSI consideration for SLR.

WLS

E-W



NO-SLR

SLR = 1 m

SLR = 4 m

Wet recharge = +20%
Average recharge

Scenario	Thickness (m)	Deference (%)
WLS0	309.8	+9.9
WLS1	281	-0.3
WLS4	237.1	-15.9

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

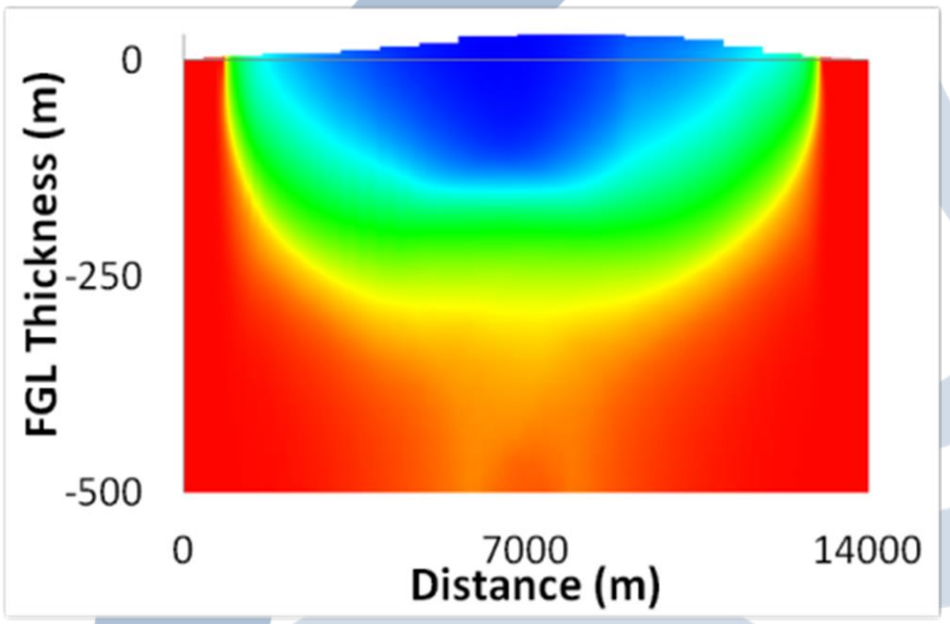
Mahmoodzadeh, D., Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2014). Conceptualization of a fresh groundwater lens influenced by climate change: A modeling study of an arid-region island in the Persian Gulf, Iran. *Journal of Hydrology*, *519*, 399-413.

Results

Forth scenario: Dry recharge rate with LSI consideration for SLR.

DLS

E-W



NO-SLR

SLR = 1 m

SLR = 4 m

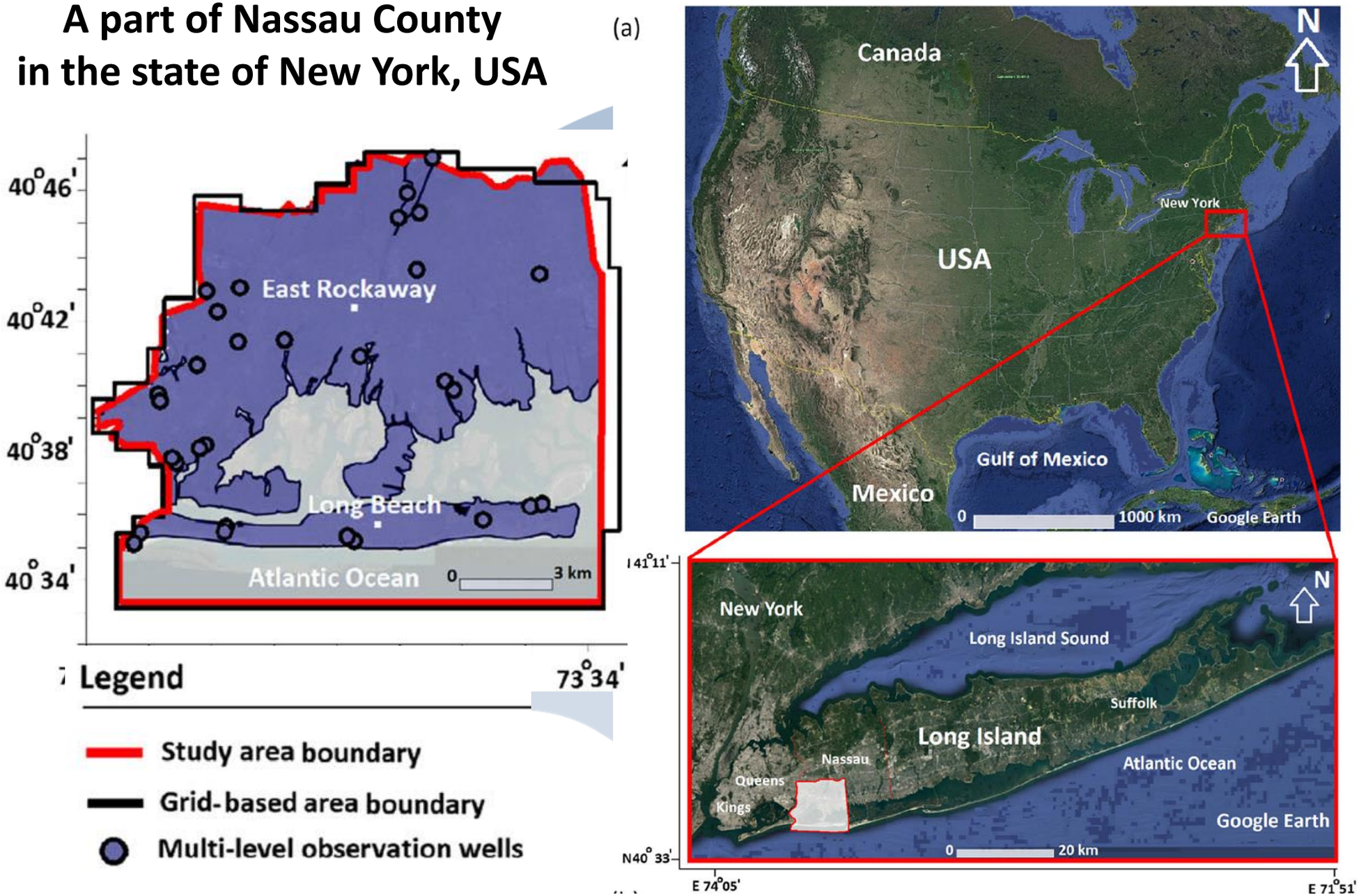
Dry recharge = -15%
Average recharge

Scenario	Thickness (m)	Deference (%)
DLS0	259.9	-7.8
DLS1	263.2	-16.2
DLS4	196.3	-30.4

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

Mahmoodzadeh, D., Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., & Simmons, C. T. (2014). Conceptualization of a fresh groundwater lens influenced by climate change: A modeling study of an arid-region island in the Persian Gulf, Iran. *Journal of Hydrology*, *519*, 399-413.

A part of Nassau County in the state of New York, USA



Introduction

Seawater intrusion

Objective

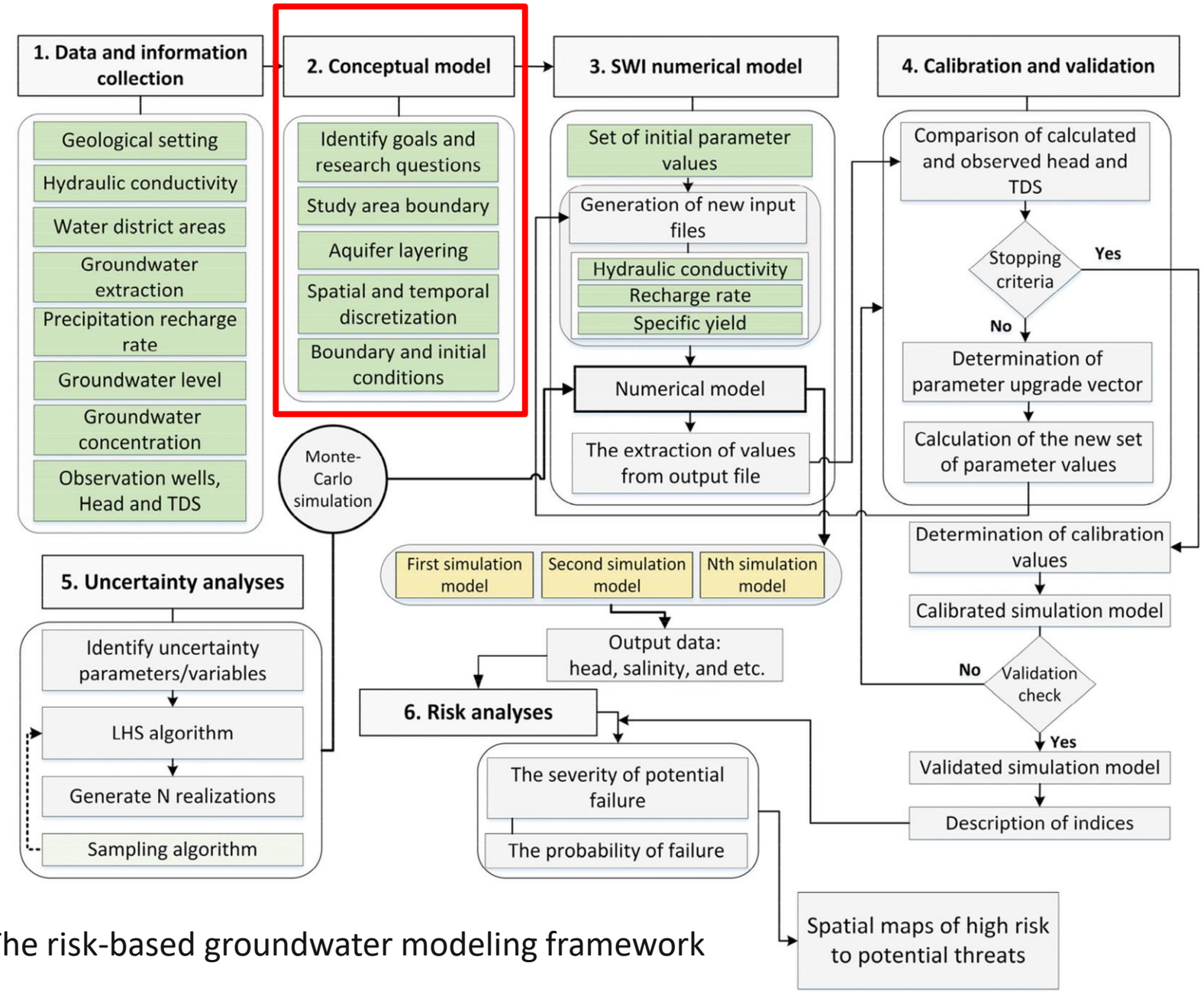
Benchmark problem

Real case study

Conclusion

References

Karamouz, M, Mahmoodzadeh, D and Oude Essink, GHP (2020). "A risk-based groundwater modeling framework in coastal aquifers: a case study on Long Island, New York, USA." *Hydrogeology Journal* : 1-23.



The risk-based groundwater modeling framework

Introduction

Seawater intrusion

Objective

Benchmark problem

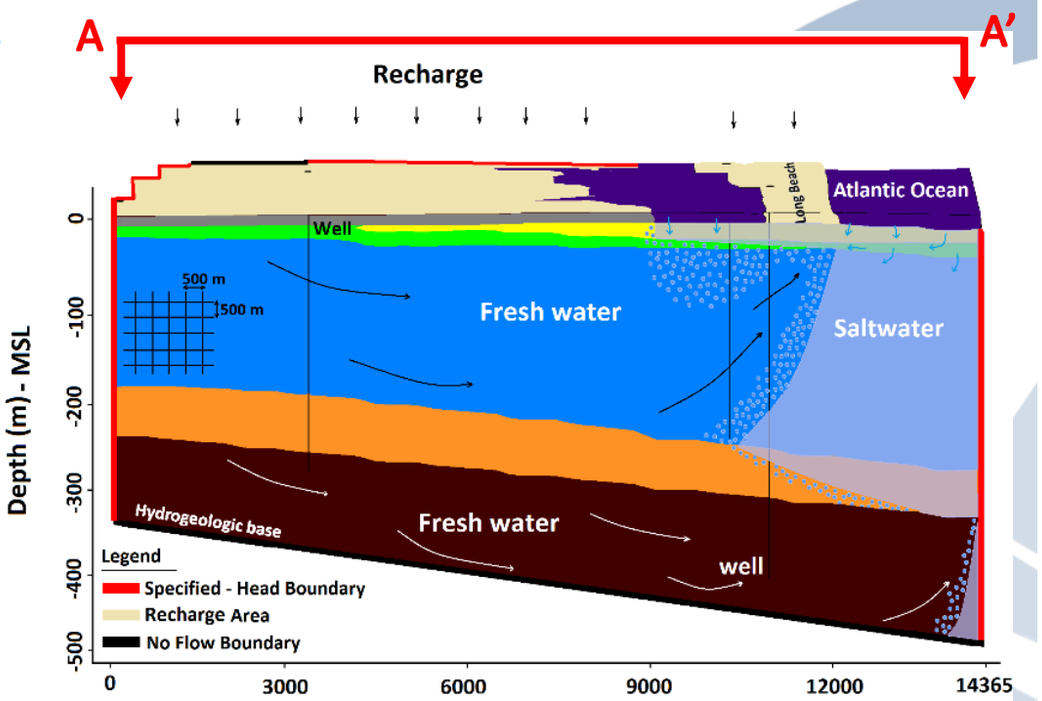
Real case study

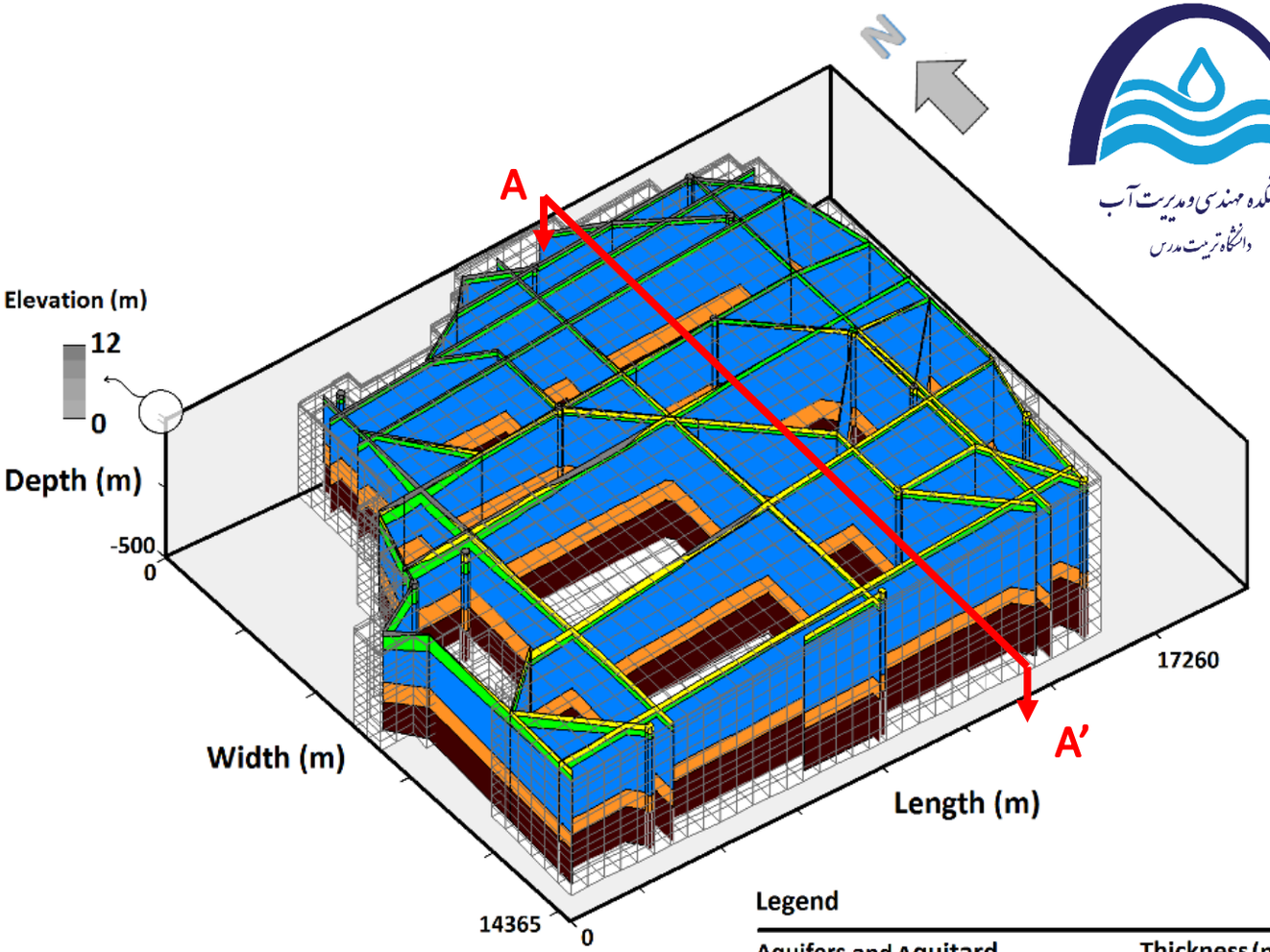
Conclusion

References

Karamouz, M, Mahmoodzadeh, D and Oude Essink, GHP (2020). "A risk-based groundwater modeling framework in coastal aquifers: a case study on Long Island, New York, USA." *Hydrogeology Journal*: 1-23.

Geometry of modeling domain (4)





Legend

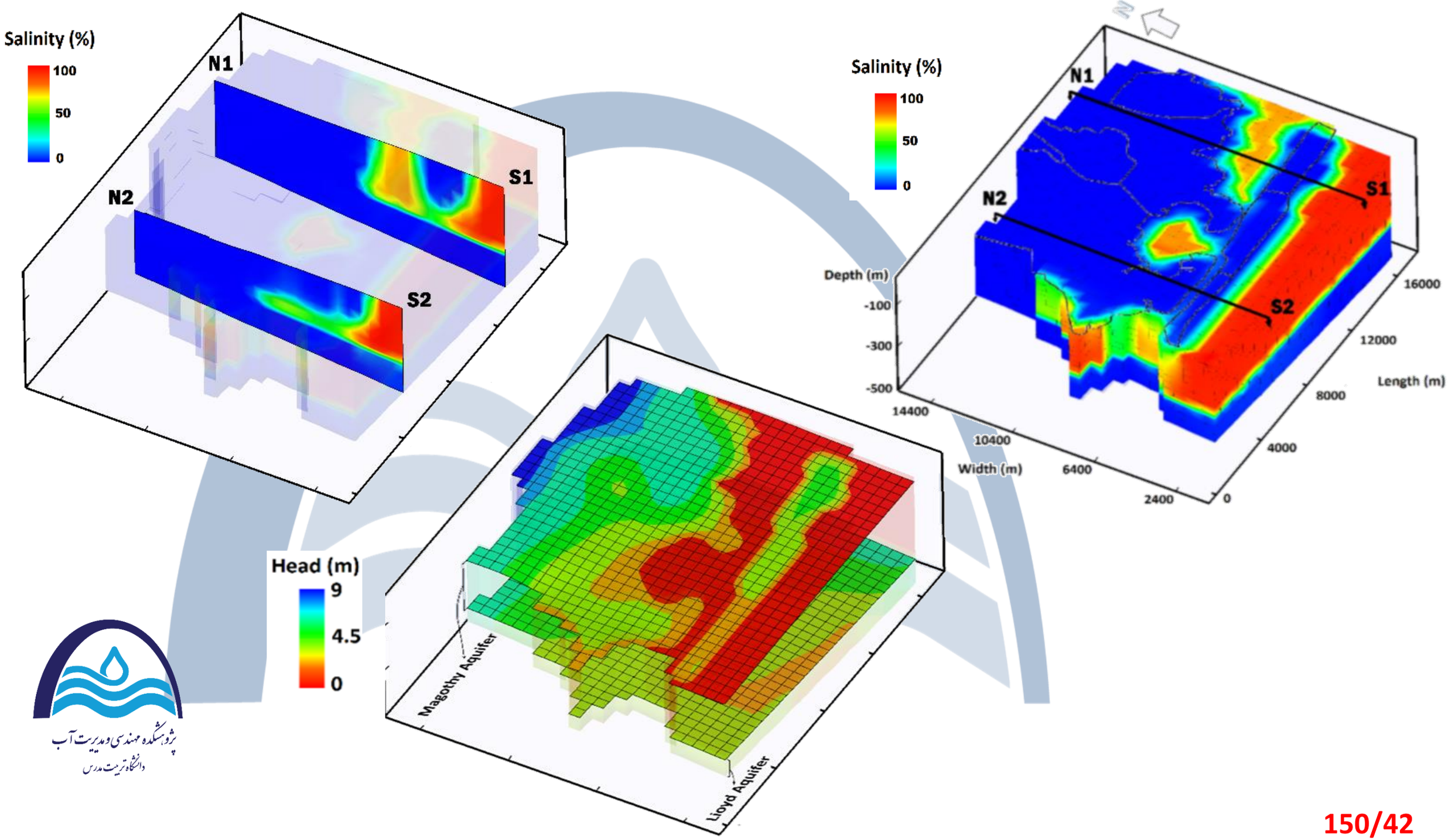
Aquifers and Aquitard	K_H (md^{-1})[a]	K_V (md^{-1})[a]	S_y(-)[b]
Upper glacial aquifer	6 to 114	0.03 to 6	0.25 to 0.3
Jameco aquifer	48 to 90	0.52	-
Gardiners aquitard	0.3	0.0003 to 0.003	-
Magothy aquifer	7.5 to 69	0.06 to 0.45	0.15
Raritan aquitard	0.09	0.0003 to 0.003	-
Lloyd aquifer	7.5 to 24	0.105	-

[a] Gulotta (1998); Buxton and Smolensky (1999)
[b] Buxton and Smolensky (1999)

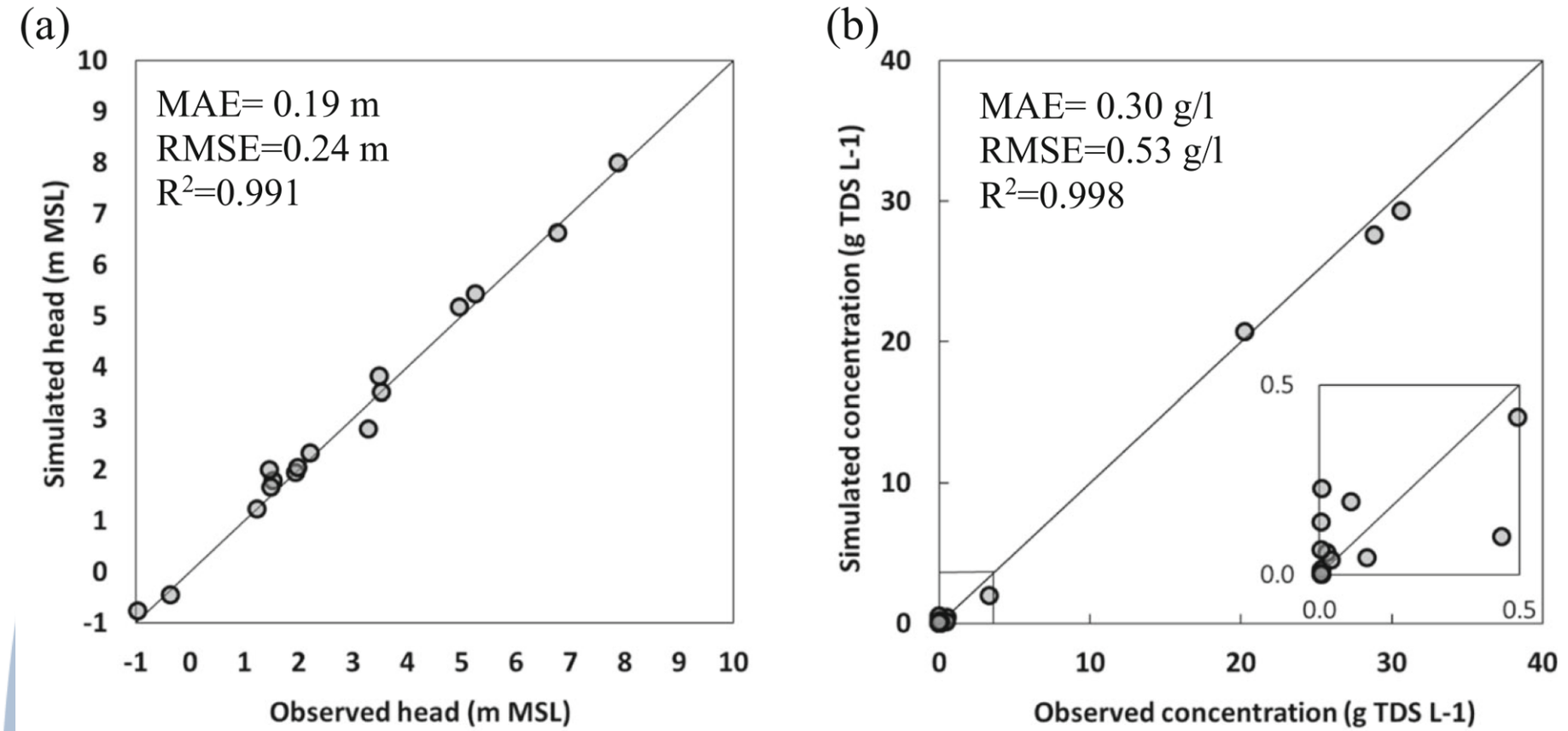
Legend

Aquifers and Aquitard	Thickness (m)
Upper glacial aquifer	13.33 - 26.87
Jameco aquifer	0 - 34.74
Gardiners aquitard	0 - 60.97
Magothy aquifer	8.21 - 307.01
Raritan aquitard	139.60 - 358.51
Lloyd aquifer	203.98 - 514.25

Karamouz, M, Mahmoodzadeh, D and Oude Essink, GHP (2020). "A risk-based groundwater modeling framework in coastal aquifers: a case study on Long Island, New York, USA." *Hydrogeology Journal*: 1-23.



پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس



Comparison of observed and simulated data for the steady state models of a head and b concentration of total dissolved solids (TDS)

Conclusion

- Results show that for the scenarios in which the impact of LSI is neglected, minor changes in the FGL position are observed. Consequently, LSI has a significant impact on the FGL of Kish Island, especially in low topography sections.

- Quantitative indices are used to assess the state of groundwater resources considering different threats.
- (1) The depletion of groundwater level
- (2) salinity concentration of the groundwater system
- (3) volume of SWI

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

References

Mahmoodzadeh, D., Karamouz, M. (2017). Influence of Coastal Flooding on Seawater Intrusion in Coastal Aquifers. In World Environmental and Water Resources Congress 2017 (pp. 66-79).

Ketabchi, H., **Mahmoodzadeh**, D., Ataie-Ashtiani, B., Simmons, C.T., (2016) Sea-level rise impacts on seawater intrusion in coastal aquifers: Review and integration, Journal of Hydrology, 535, 235-255,

Ketabchi, H., **Mahmoodzadeh**, D., Ataie-Ashtiani, B., (2016) Groundwater travel time computation for two-layer islands, Hydrogeology Journal, 24, 4, 1045-1055,

Ketabchi, H., **Mahmoodzadeh**, D., Ataie-Ashtiani, B., Werner, A.D., Simmons, C.T., (2014) Sea-level rise impact on fresh groundwater lens in two-layer small islands, Hydrological Processes, 28, 5938-5953,

Mahmoodzadeh, D., Ketabchi, H., Ataie-Ashtiani, B., Simmons, C.T., (2014) Conceptualization of a fresh groundwater lens influenced by climate change: A modeling study of an arid-region island in the Persian Gulf, Iran, Journal of Hydrology, 519, 399-413, 2014

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

References

International Panel on Climate Change (IPCC), (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group 1 Contribution to the Fifth Assessment Report of the International Panel on Climate Change. Cambridge, New York.

Giambastiani, B., Colombani, N., Greggio, N., Antonellini, M., Mastrocicco, M. (2017). Coastal aquifer response to extreme storm events in Emilia-Romagna, Italy. Hydrol Process. 31(8), 1613-1621.

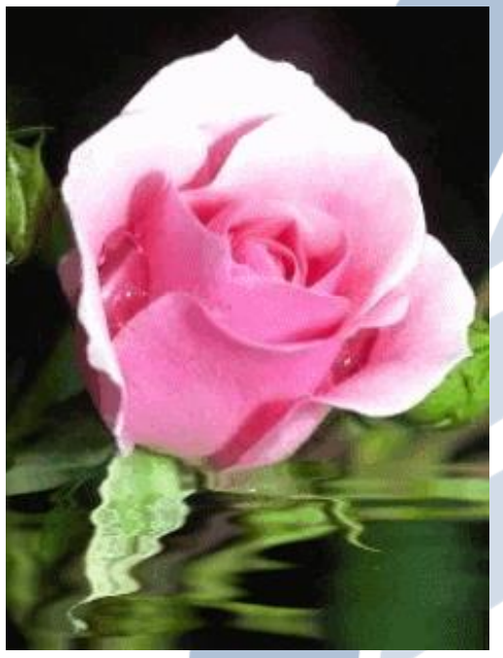
Kerrou, J., Renard, P. (2010). A numerical analysis of dimensionality and heterogeneity effects on advective dispersive seawater intrusion processes. Hydrogeol. J. 18(1), 55-72.

Oude Essink, G.H.P., Van Baaren, E.S., De Louw, P.G.B. (2010). Effects of climate change on coastal groundwater systems: a modeling study in the Netherlands. Water Resour. Res. 46, W00F04.

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس

Introduction
Seawater intrusion
Objective
Benchmark problem
Real case study
Conclusion
References

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب
دانشگاه تربیت مدرس



Thank You For Your Attention

Davood Mahmoodzadeh

E-mail : d.mahmoodzadeh@ut.ac.ir , d.mahmoodzadeh@gmail.com

با ما همراه باشید

پژوهشکده مهندسی و مدیریت آب دانشگاه تربیت مدرس

https://t.me/riwem_TMU

http://instagram.com/riwem.tmu

riwem@modares.ac.ir

www.riwem.modares.ac.ir

021-82884342
021-82883998