

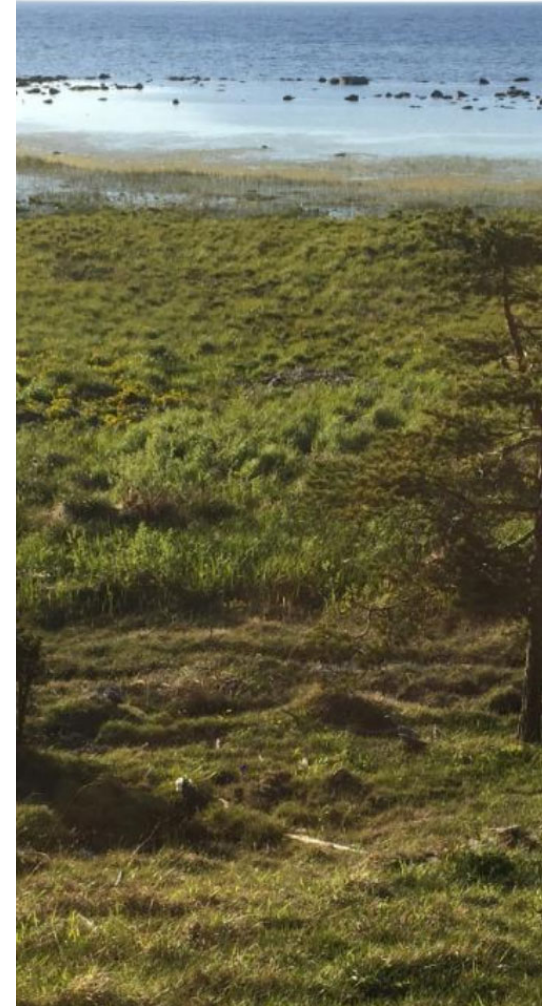
Grundvatten i kustzon

Eva Hellstrand

2023-12-06

Projektidé och syfte

- **Vad:** Ett kunskapsunderlag kring framtida grundvattennivåer längs kusten i Skåne och Halland
- **Varför:** Förbättrade förutsättningar för fysisk planering och klimatanpassning
- **Moment:**
 - Litteraturgenomgång
 - Genomgång geologiska typmiljöer & befintligt underlag
 - Enkel GIS-analys
 - Konceptuell modellering



Litteraturgenomgång och metodval

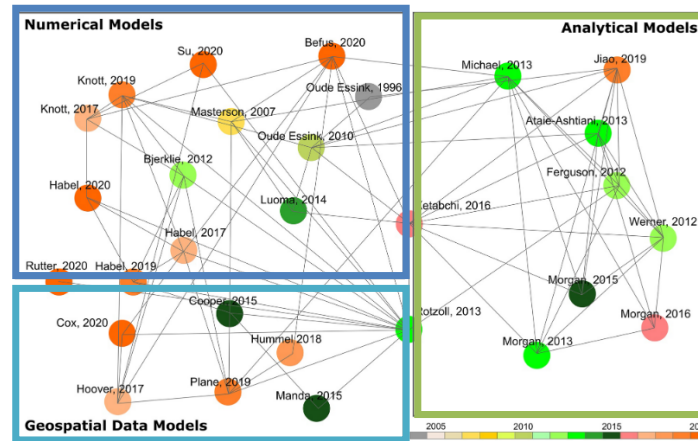
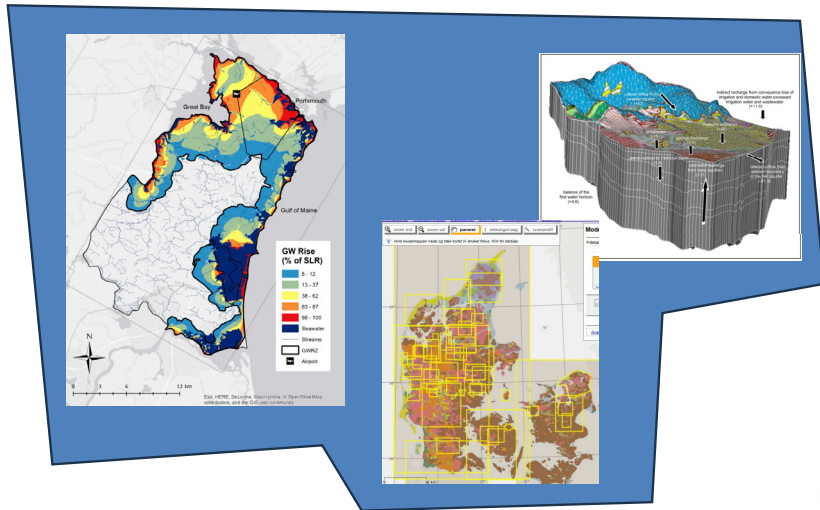
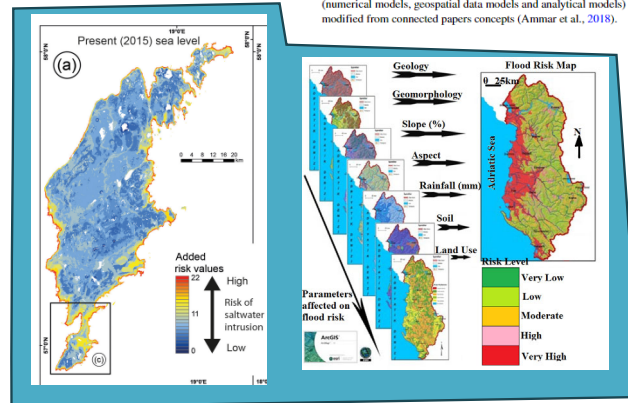
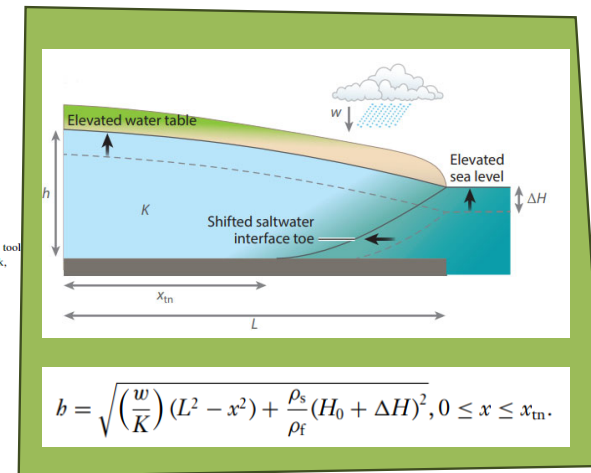
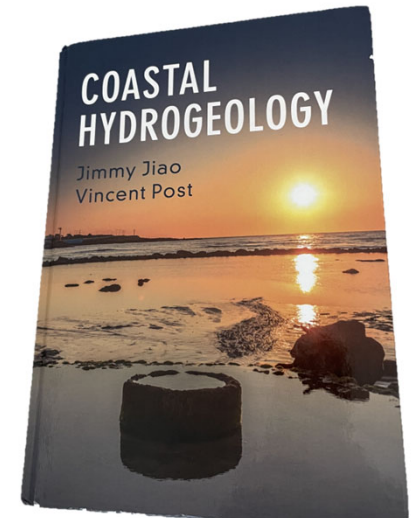


Figure 4. Connected diagram showing the selected investigations relating groundwater dynamics and sea-level rise to previous reviews, clustered by simulation tool (numerical models, geospatial data models and analytical models) and years of publications shown on the color scale from 2005 to 2020 with gray for prior work, modified from connected papers concepts (Ammar et al., 2018).



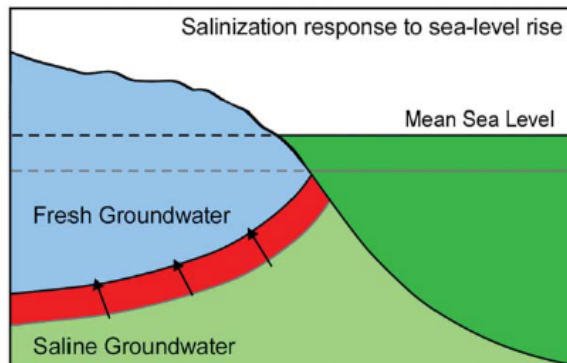
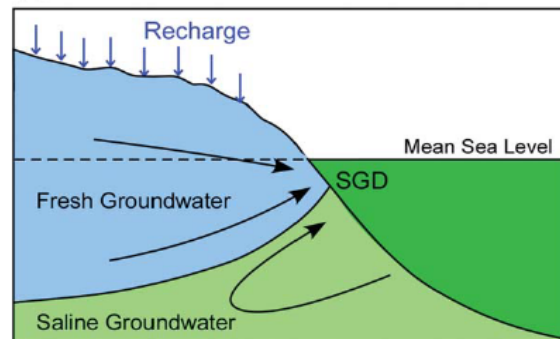
Arbetsgång

- Önskemål om förbättrat underlag – vad vi har förstått så finns inget direkt lokalt underlag idag.
- Ansatsen är att försöka ta fram och förklara vad man bör tänka på.
- Numeriska modeller ju är fina och bra – men kräver data som inte finns i dagsläget → Då får man resonera så gott det går utifrån känd litteratur och andras erfarenheter.
- Finns etablerade analytiska lösningar för några olika typiska system – man får leva med att man räknar på en kraftigt förenklad värld.
- Satt upp beräkningar med dessa ekvationer för generella parametrar på miljöer längs med kusten.

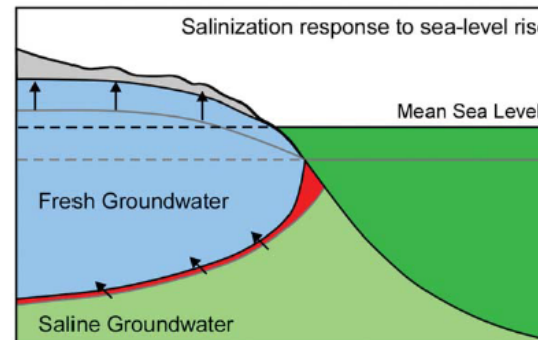
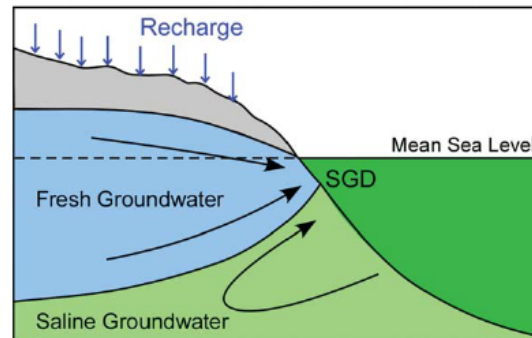


Viktigt att välja rätt konceptuella system

Tryck- eller topografibegränsade system – en dränering, eller pumpning begränsas till en viss nivå – vanligt förekommande.

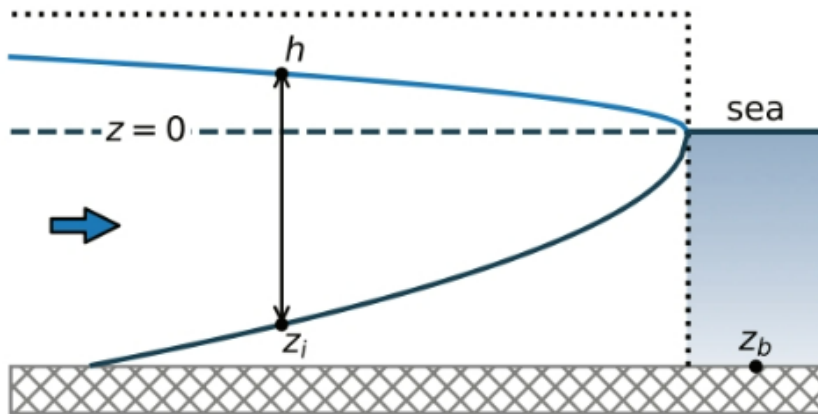


Flödesbegränsade system – samma flöde bibehålls även om havsnivån höjs – inte lika vanligt men förekommer.



Ref. Michael, H. A., C. J. Russoniello, and L. A. Byron (2013), Global assessment of vulnerability to sea-level rise in topography-limited and recharge-limited coastal groundwater systems, *Water Resour. Res.*, 49, 2228–2240, doi:10.1002/wrcr.20213.

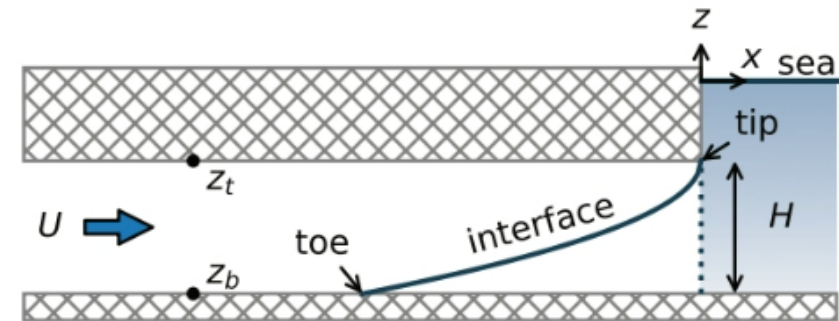
Öppet eller slutet system?



Öppet system

Grundvattenytan står i kontakt med atmosfären och grundvattenytans läge motsvarar grundvattentrycket.

Förändras havsnivån kommer grundvattenytan att stiga och havet tränger in under – basflödet minskar och saltvattnet tränger in längre – sk. uplifting.



Slutet system

Tätande skikt mellan grundvattenmagasin och atmosfären – trycket höjs men inte vattennivån.

Saltvattenfronten ändrar inte form men man kan få tryckförändringar där slutna förhållanden övergår till öppna – kartlägg magasinen!

Typmiljöer

1 Skärgårdsmiljö

2 Flackt & sandigt

- a Tylösand/Laholmsbukten
- b Lundåkra/Lommabukten
- c Sandhammaren
- d Hanöbukten

3 Klippkust

- a Kullen & Bjäre
- b Stenshuvud

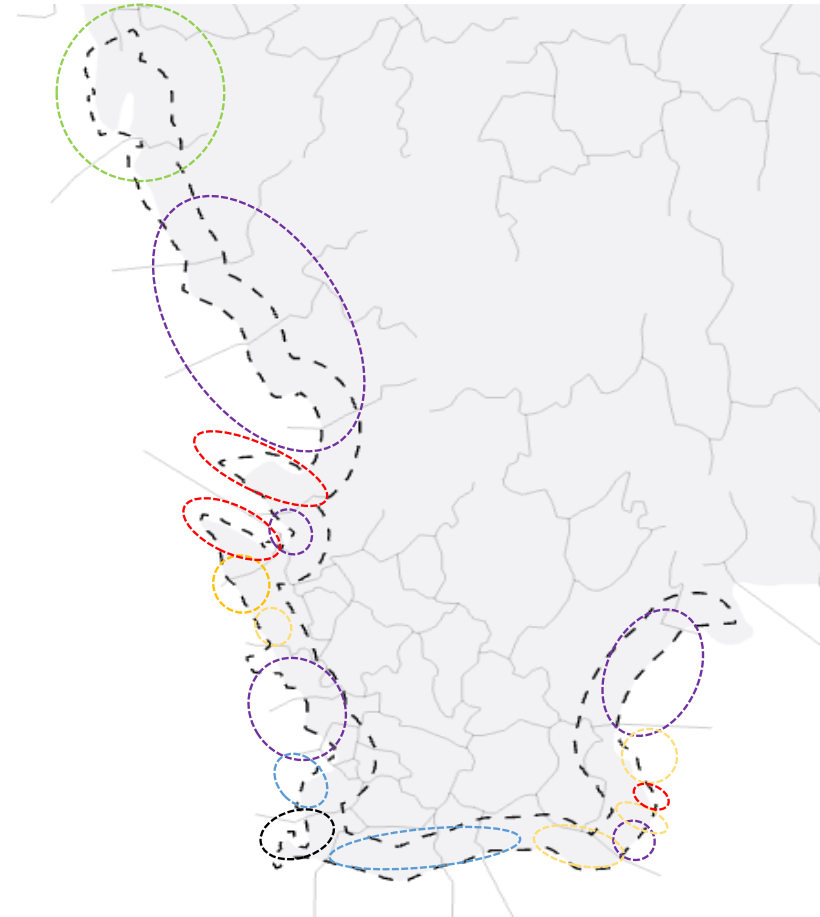
4 Helsingborgsområdet

5 Sandigt, topografi:

- a Glumslövs backar
- b Kåseberga & Hammars backar
- c N Sandhammaren – Baskemölla
- d Baskemölla, Brösarp

6 SV Skåne

7 Falsterbo

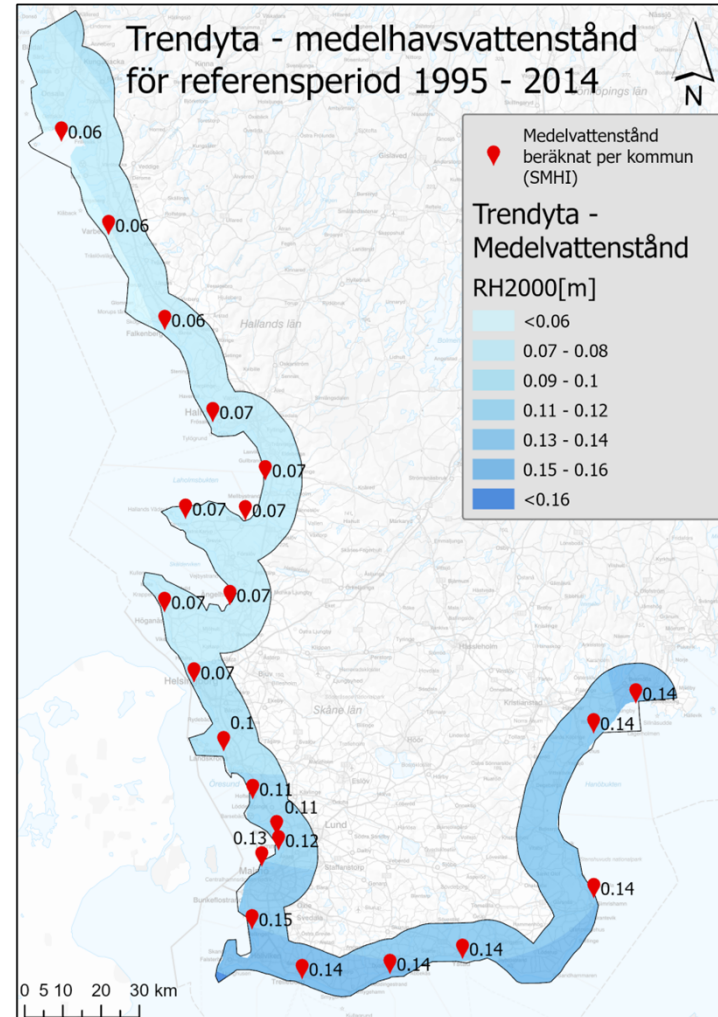
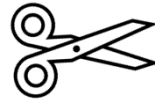
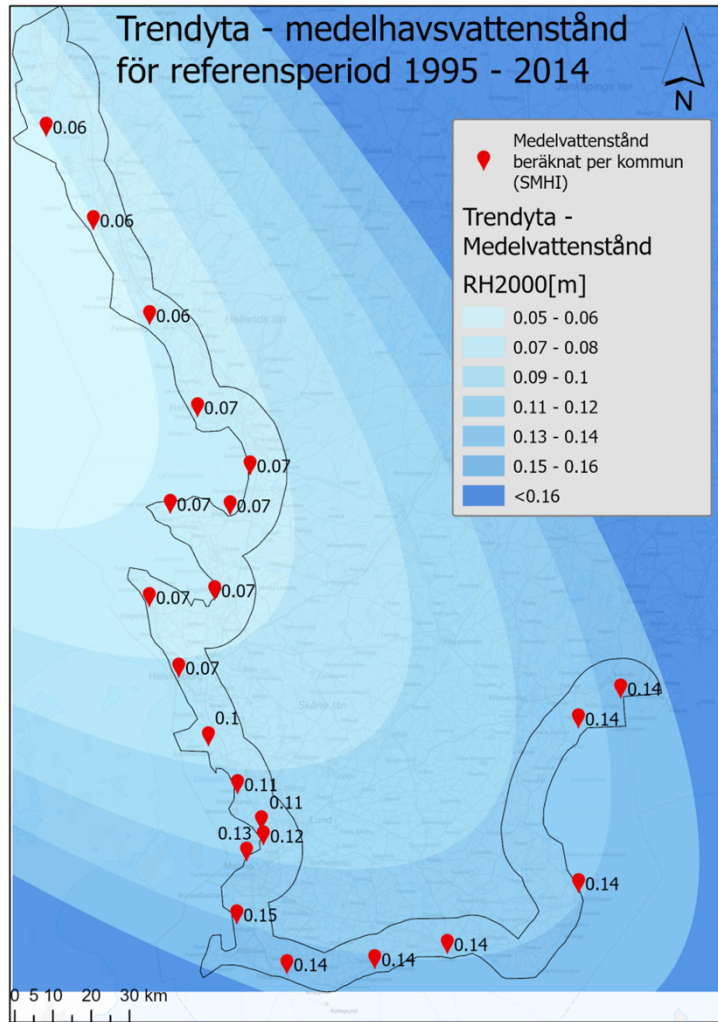


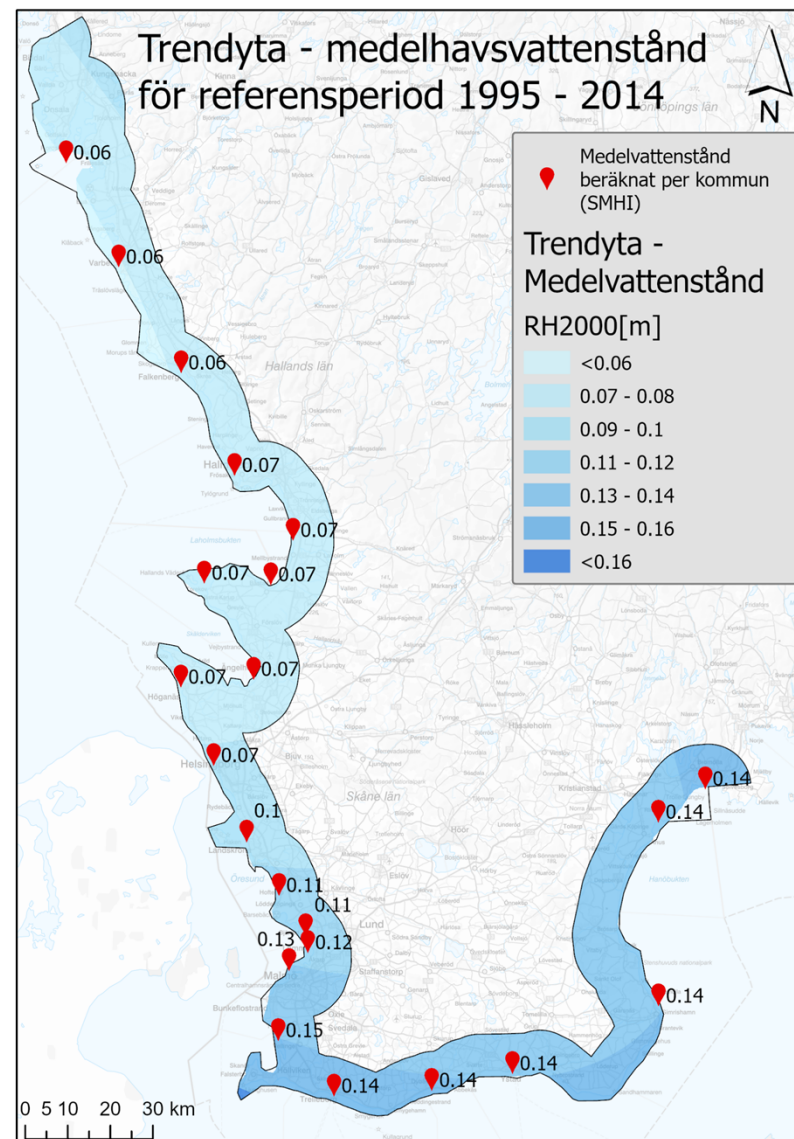
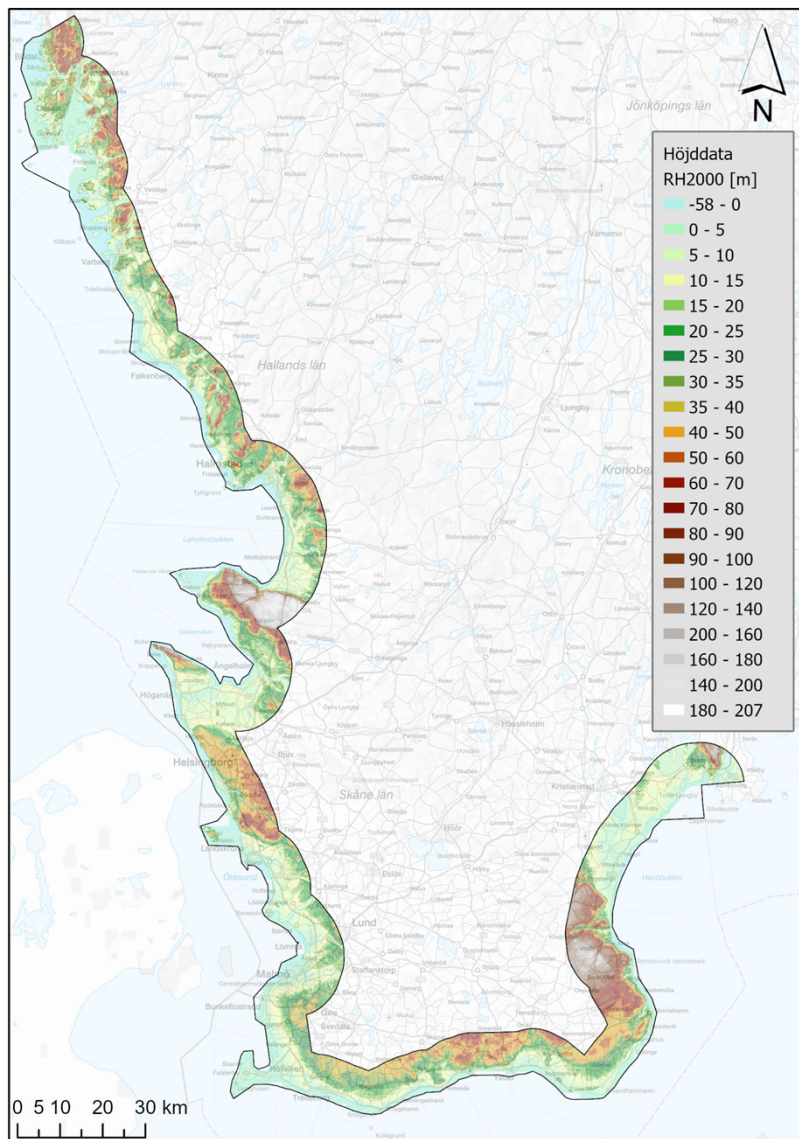
Kan man göra det för enkelt för sig?

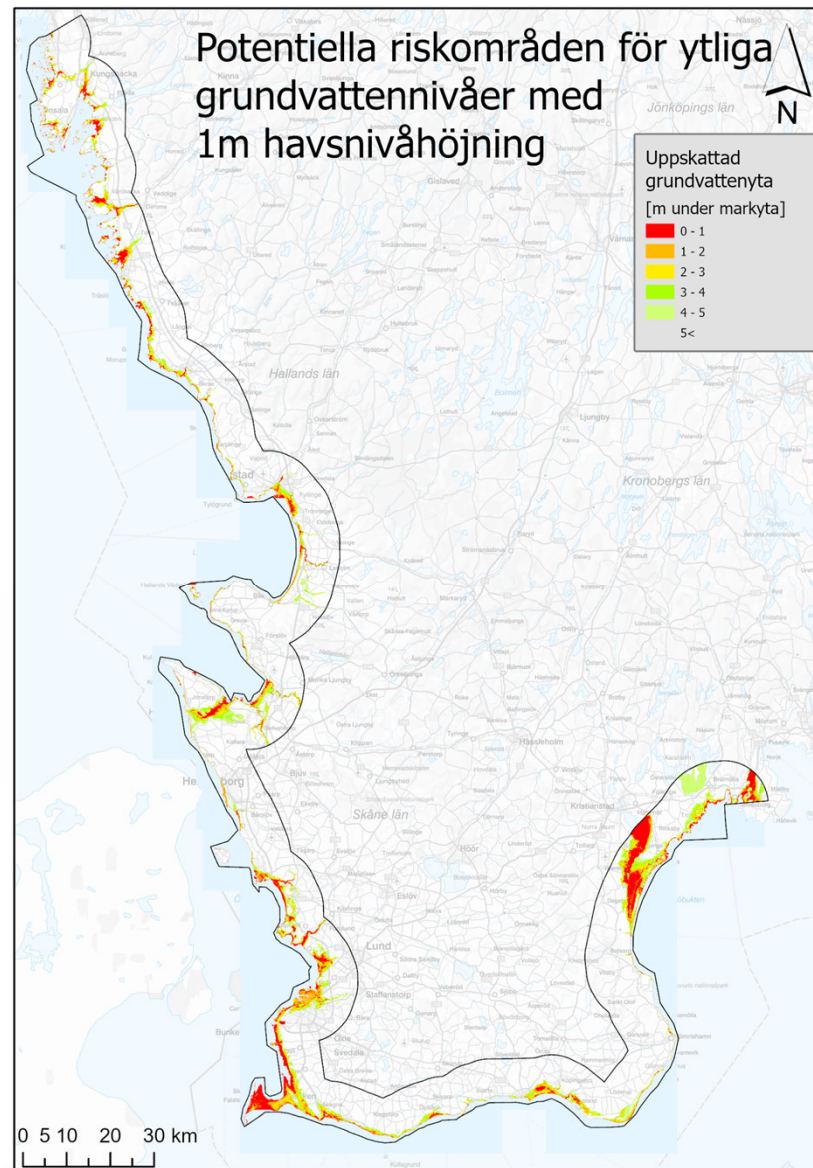
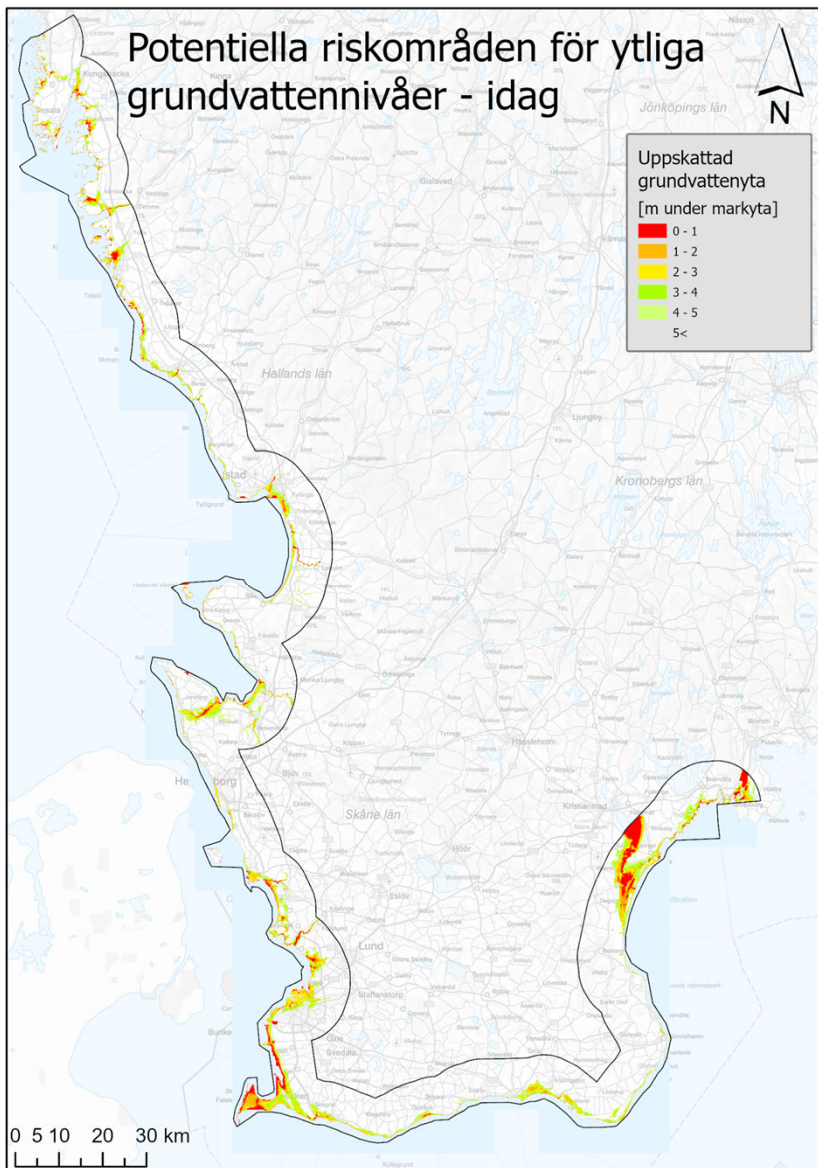
- Stötte på begreppet "Hydrostatic Modelling"¹ vid litteraturstudie.
- Anta att havsnivån styr grundvattennivåerna i närmaste kustzonen
 - → Klipp markytan med havsytan.
- Samma princip som ofta används vid översvämningskartering.
- Synnerligen grov förenkling men kan ge en första uppfattning om riskområden med ytliga grundvattennivåer.
- Har gjort en test för hela kustremsan baserat på beräknade medelvattenstånd från SMHI och höjdmodell för markytan för att få en första överblick.
- Grov skala – 25 x25 m rutor för att kunna processa hela datasetet enkelt.

1) Shellie Linn Habel et al 2019 Environ. Res. Commun

Trendyta för medelhavsvattenstånd - referensperiod



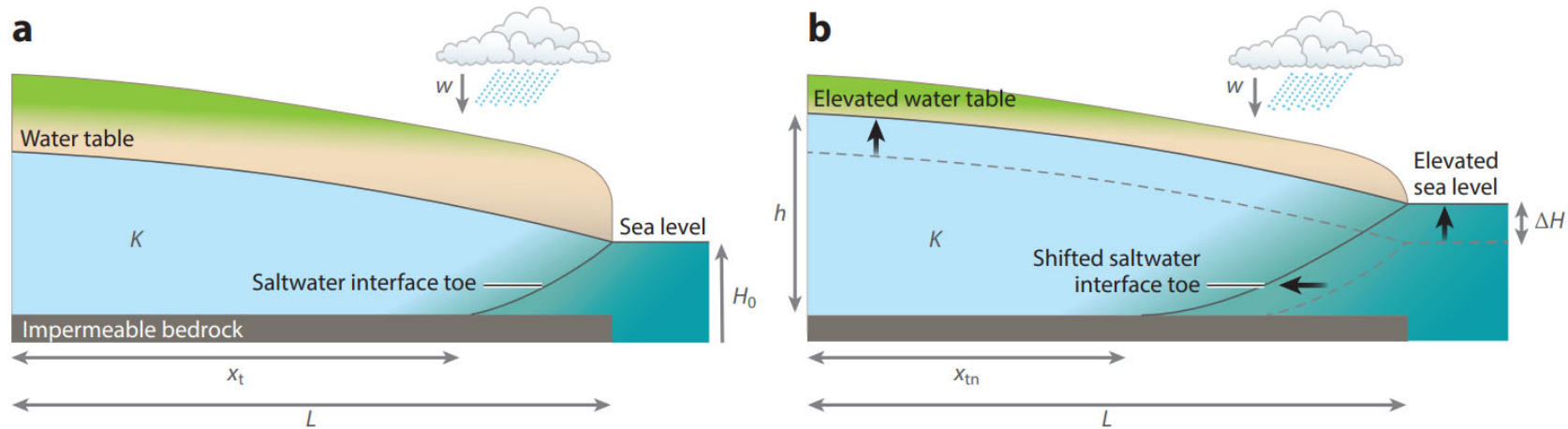




Analytiska lösningar kan ge en uppfattning om storleksordning

- Etablerade principer för hur man kan räkna analytiskt på "saltvattenfrontens läge" och förändring i vattentryck betraktat från kustlinjen in till en grundvatten delare.
- Kraftigt förenklad värld och många antaganden.
- Ingående parametrar som går att skruva på:
 - Hydraulisk konduktivitet – kartvisaren K i berg samt litteratursiffror för jordlager.
 - Grundvattenbildning – vår egen klimatsimulering
 - Salthalt i havet – hämtat allmänna siffror från naturvårdsverket.
 - Akvifärens tjocklek
 - Minskad area (eg. sträcka) för grundvattenbildning pga havsöversvämning eller erosion
- Har ansatt ungefärliga värden för våra identifierade typmiljöer längs med kusten – antaget att det finns ett öppet magasin.
- Satt upp beräkning med kända ekvationer längs en profil 1 km in från kusten in till en antagen grundvattendelare.

Analytiska lösningar



$$h = \sqrt{\left(\frac{w}{K}\right) (L^2 - x^2) + \frac{\rho_s}{\rho_f} (H_0 + \Delta H)^2}, 0 \leq x \leq x_{tn} \quad x_{tn} = \sqrt{L^2 - \frac{K (\rho_s^2 - \rho_s \rho_f)}{w \rho_f^2} (H_0 + \Delta H)^2}.$$

$$z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h \quad \text{Dupuit antagande och Ghijben – Herzberg princip}$$

Tillgängligt material som redan finns hos SGU mfl.

SGU

- Grundvattenmagasin
- K-i berg
- SGUs nationella grundvattennivåövervakning inkl klimatsimuleringar
- Erosionsinventering längs med kusterna
- Jordartskartan
- Bergrundskartan
- Jorddjupsmodellen
- m.m.

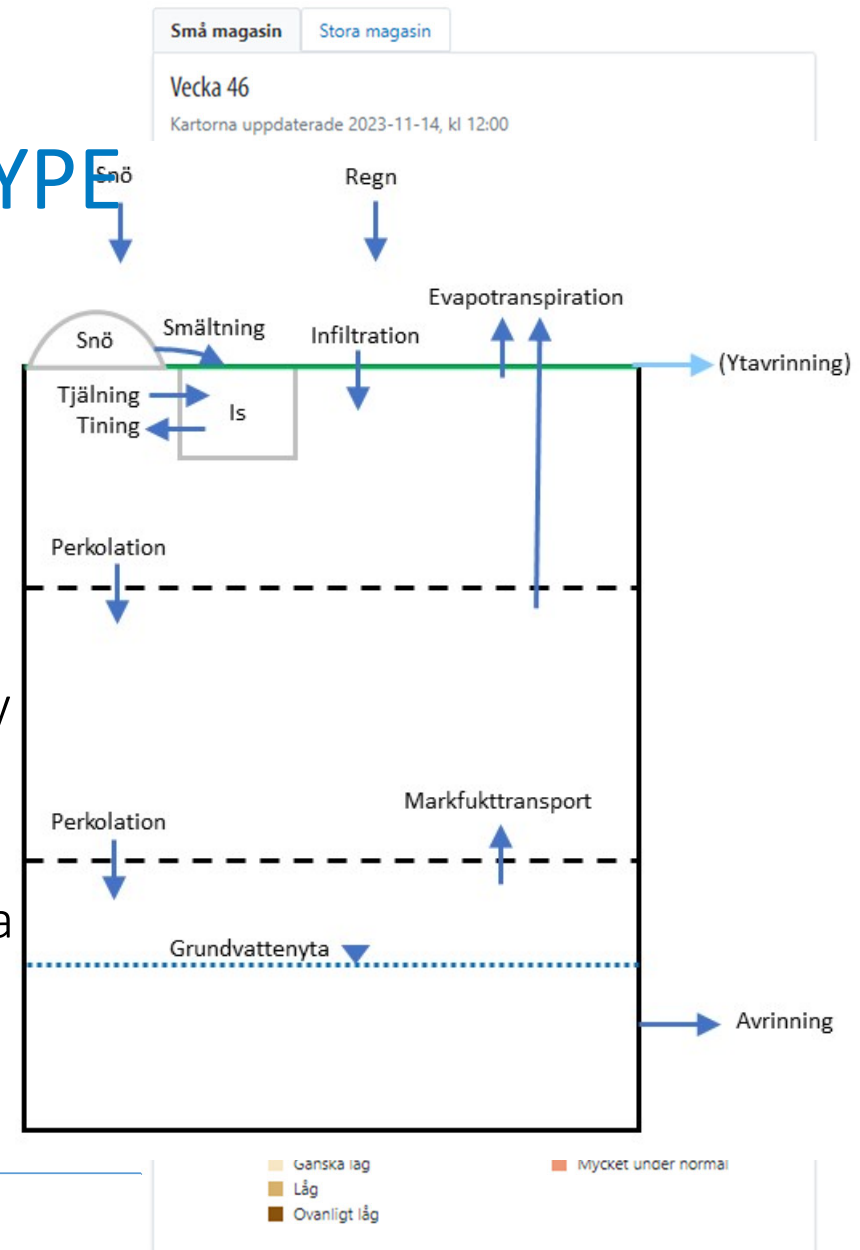
Andra myndigheter

- Höjddata – Lantmäteriet
- Havsnivåmätningar - SMHI
- Salthalt - Naturvårdsverket

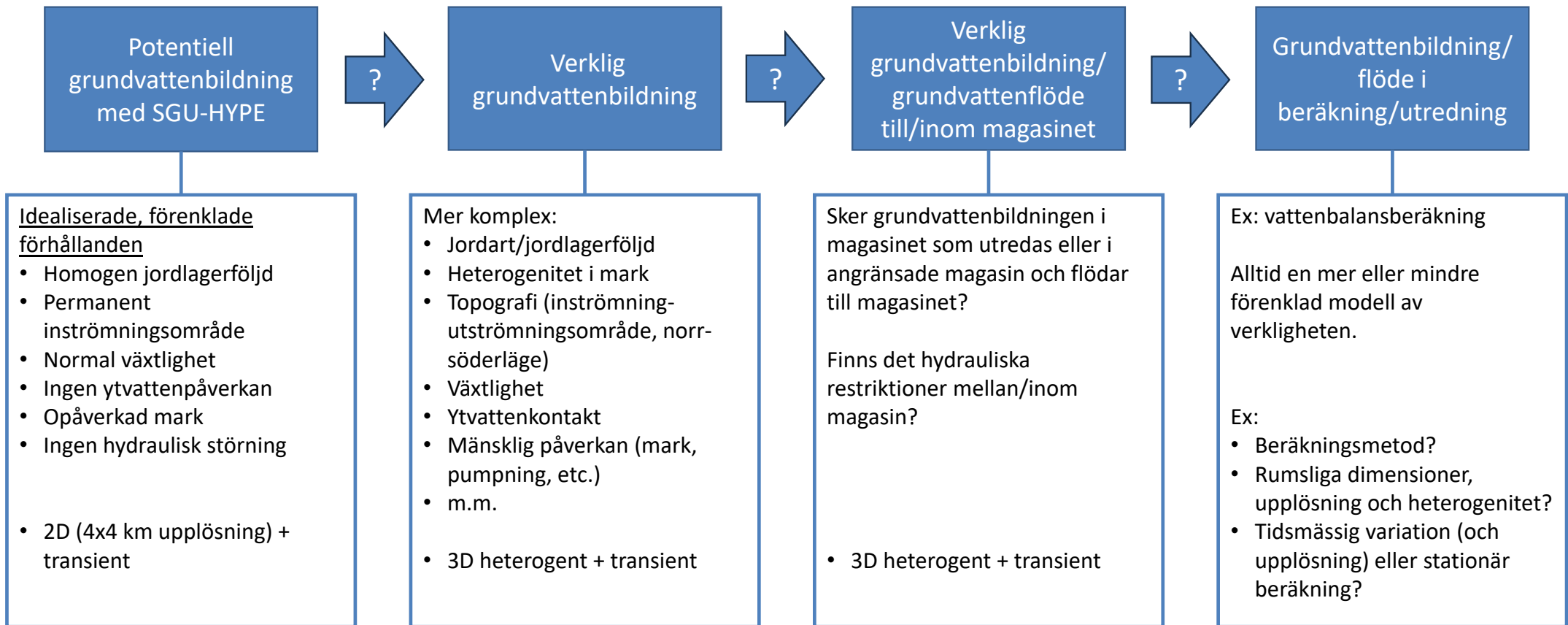
Klimatmodellering med SGU-HYPE

SGU-HYPE – Generellt

- Massbalansmodell: 1D i tre markboxar + tid
 - Kalibrerad mot uppmätt förändring av grundvattennivåer
- 4x4 km grid över Sverige → 2D + transient
 - Drivs av nederbörd och temperatur från PTHBV databasen
 - Ingen påverkan/flöde etc. mellan celler
 - Skall egentligen betraktas som 29 500 enskilda modeller.
 - Gridcell nära station viktas mot stationskalibrering
- Gridcell långt från station -> generell parametrering



Grundvattenbildning - koncept



Klimatmodellering med SGU-HYPE

Modellering:

- Tre RCP (2.6 4.5 8.5)
 - 17 olika klimatmodeller
 - Daglig beräkning över hela landet
- } 143 miljarder värden

Sammanställning i kommande rapport:

- Referensperiod 1971-2000, Jämförelse 1961-1990 – 1991-2020
 - Klimatperioder 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100
 - Tre klimatindikatorer
 - Medelförändring, standardavvikelse, robusthet
- } 87 kartor

Klimatindikatorer

I kommande rapport:

- Potentiell grundvattenbildning
 - Grundvattenbildning från SGU-HYPE. Mycket idealiserad, därav “potentiell”
- Grundvattentorka – period med ingen eller marginell grundvattenbildning
 - < 10 mm potentiell grundvattenbildning över 30 dygn
- Fyllnadsgrad
 - Relativ grundvattennivå

Endast presentation av förändring av årsmedelvärden över 30 årsperioder

Förhoppningsvis analys av andra värden framöver (förändring av 10/90-percentil, olika årstider etc).

Klimatmodellering

Två motstridiga fundamentala faktorer i framtida klimat:

Ökad temperatur → minskad grundvattenbildning, lägre grundvattennivåer

Ökad nederbörd → ökad grundvattenbildning, högre grundvattennivåer

Vilken faktor dominerar?

Skillnader geografiskt, över året och inte minst mellan olika klimatmodeller

→ förhållandevis stor variation i resultat med avseende på grundvatten (jmf med temperatur och nederbörd)

Klimatmodellering

Resultat - exempel

Potentiell grundvattenbildning - årlig (medel)
Små grundvattenmagasin

Historik
Period: 1961–2020

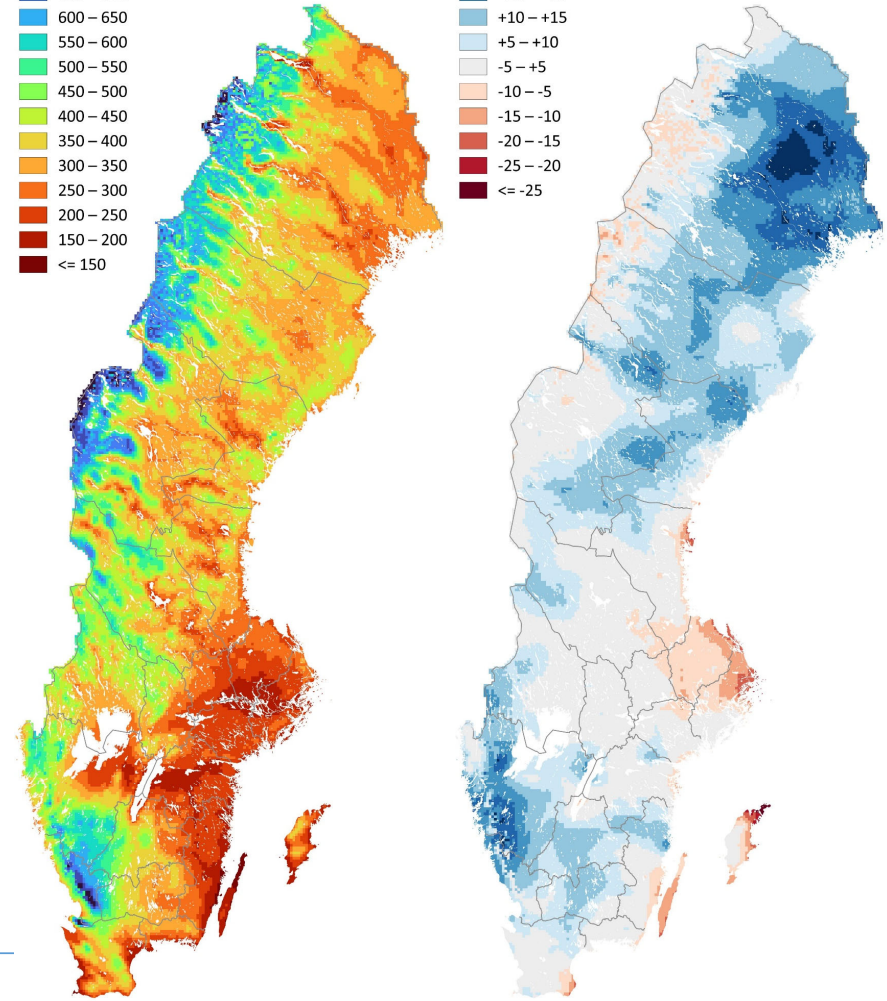
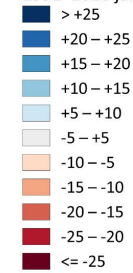
Potentiell grundvattenbildning (mm)

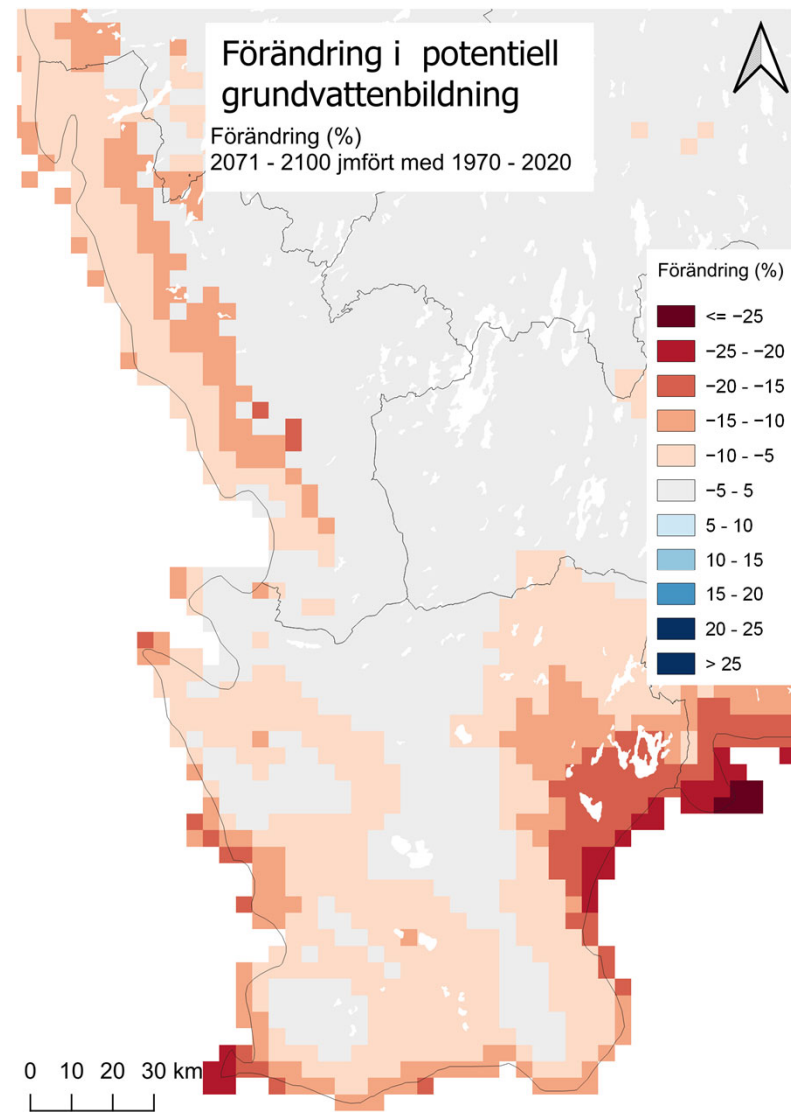
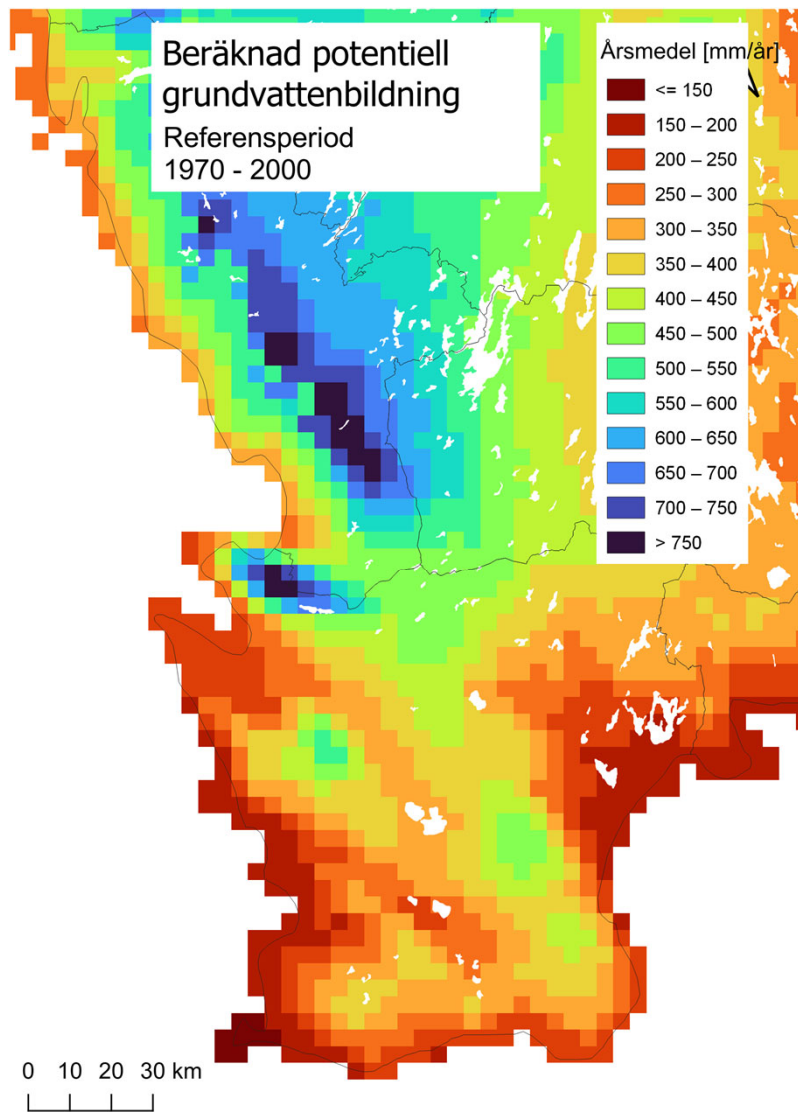
Referensperiod 1971–2000



Förändring (%)

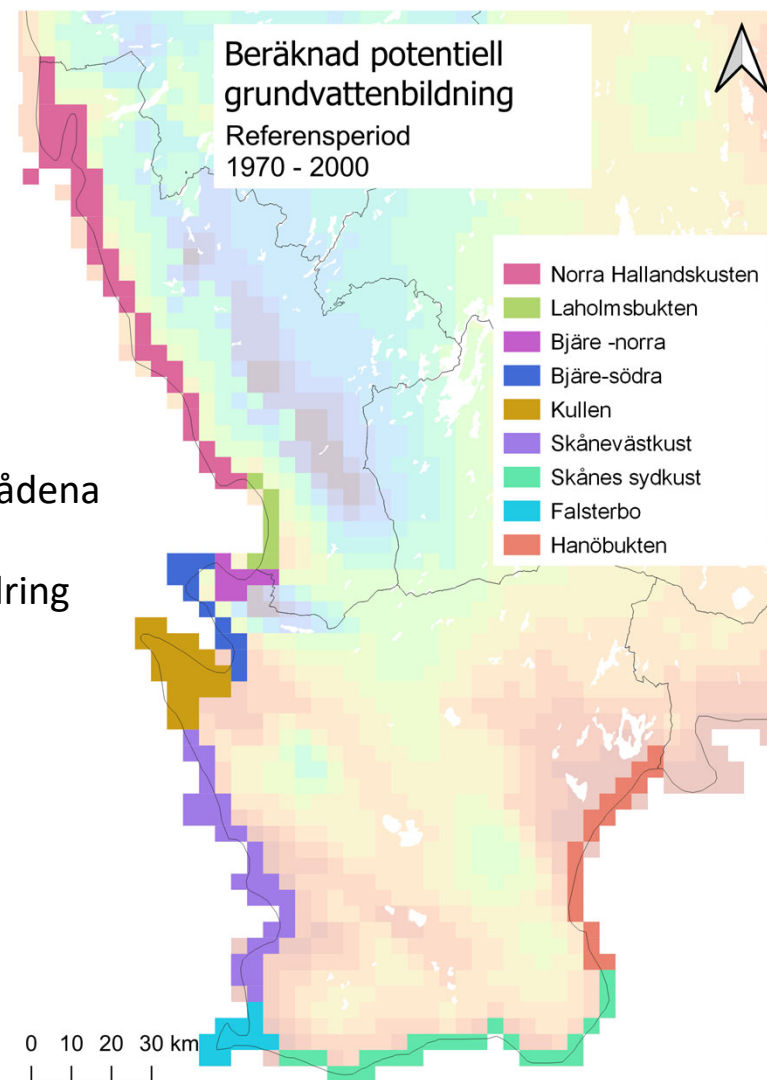
1991–2020 jämfört med 1961–1990





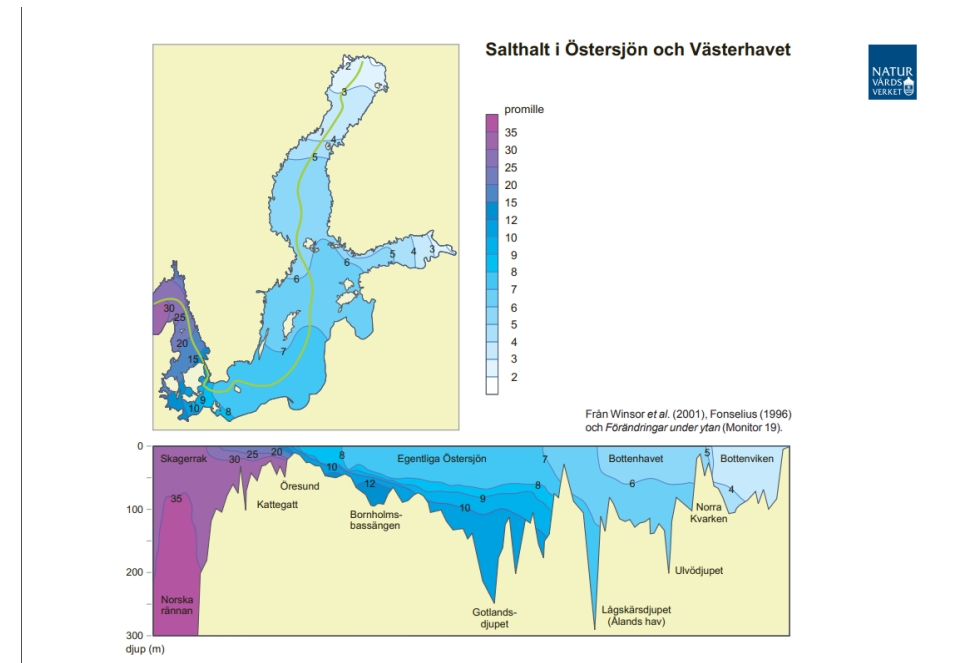
Zonindelning utifrån typområden

- Endast intresserad av kustzonen
- Delat in i zoner utifrån liknande nederbördsmönster och typområdena
- Gjort samma medelvärdesbildning för referensperiod och förändring
- Kraftig förenkling men i alla fall något mer än bara gissning.



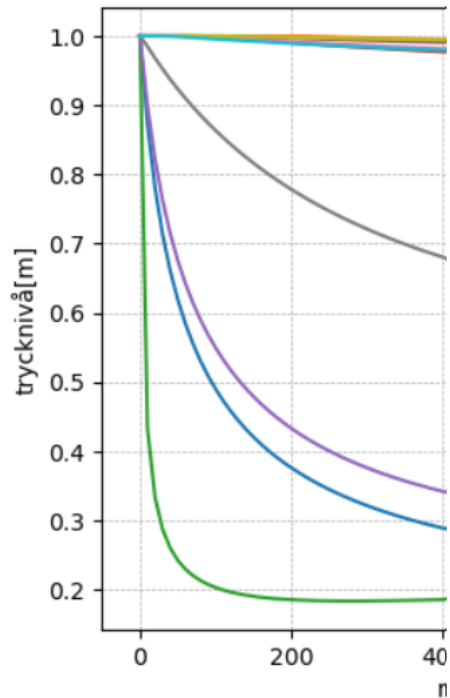
K-värde, magasinstjocklek och salthalt

- Hydraulisk konduktivitet – SGUs kartvisare för k- i berg som utgångspunkt.
- Magasinstjocklek – uppskattat från jorddjupsmodellen
- Salthalt - hämtat översiktliga siffror från Naturvårdsverket.

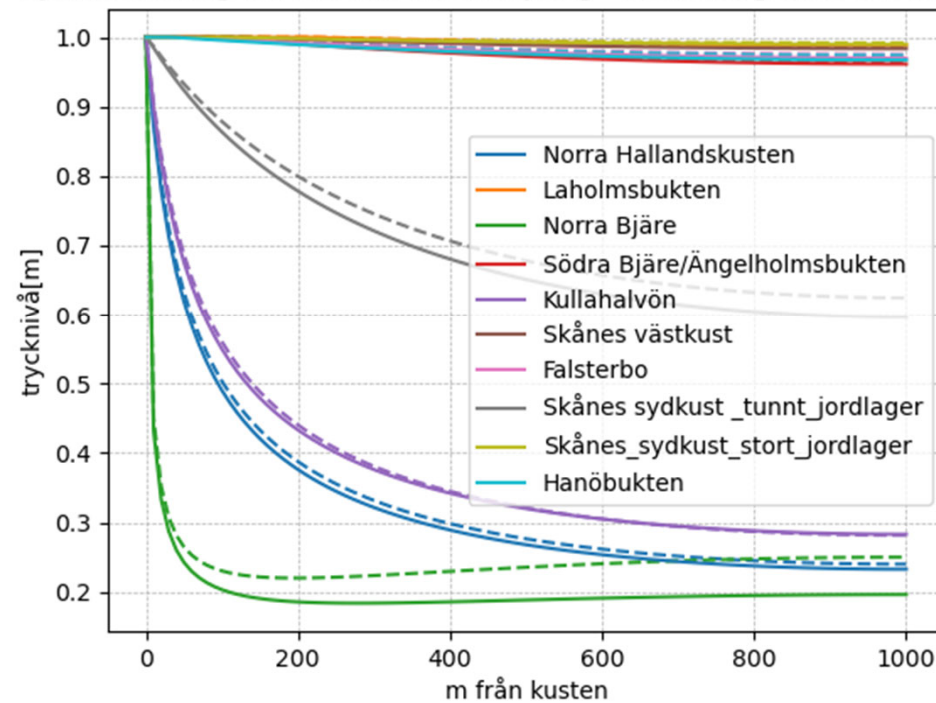


Konceptuella beräkningar - Öppet system med vertikal strandlinje

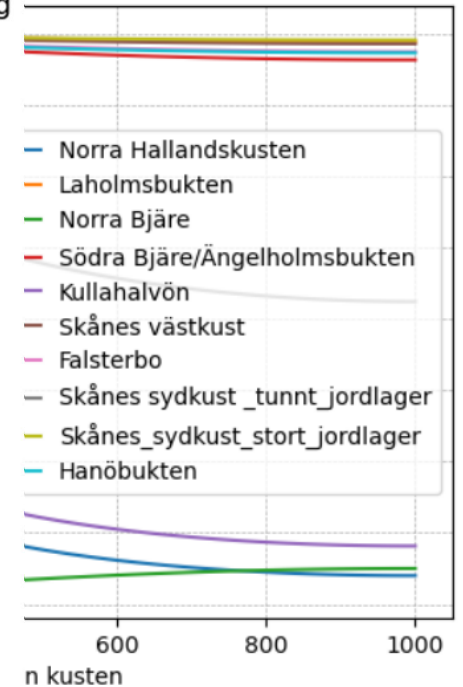
Tryckförändring vid 1m havsnivå



Tryckförändring vid 1m havsnivåhöjning - framtida grundvattenbildning



Öjning - framtida grundvattenbildning



Saltvattentån – Konceptuella beräkningar

Avstånd till saltvattentån i meter från nuvarande kustlinje

Scenario	Norra Hallandskusten	Laholmsbukten	Norra Bjäre	Södra Bjäre	Kullen	Skånes västkust	Falsterbo	Skånes sydkust _tunnt_jordlager	Skånes_sydkust_ stort_jordlager	Hanöbukten
Idag	0.0	211.0	0.0	78.0	0.0	109.0	62.0	1.0	99.0	33.0
1m havsnivåhöjning	0.0	221.0	0.0	79.0	0.0	114.0	67.0	2.0	104.0	35.0
Differens	0.0	10.0	0.0	1.0	0.0	5.0	5.0	1.0	5.0	2.0
RCP 8,5 + 1m										
idag	0.0	221.0	0.0	79.0	0.0	124.0	77.0	1.0	115.0	41.0
1m havsnivåhöjning	1.0	231.0	0.0	80.0	0.0	130.0	83.0	2.0	120.0	43.0
Differens	0.0	10.0	0.0	1.0	0.0	5.0	5.0	1.0	5.0	2.0
Diff idag jmf rcp 8,5 +1m	1	20	0	2	0	21	21	1	21	10

Summering – Teori och metod för riskbedömning

- Störst risk finns vid topografisk begränsade system, dvs. låglänt terräng med genomsläpplig jord – både för grundvattenöversvämning och saltvatteninträngning.
- Störst risk för ”grundvattenöversvämning” finns i områden där det idag finns ytliga grundvattennivåer därför är det viktigt att kartlägga både grundvattennivåer och veta vilka kritiska nivåer det finns till befintliga och framtida anläggningar.
- Börja med enkel kartläggning för det intressanta området med topografisk GIS-analys och antagande att havet styr helt i kustzonen (Höjddata från Lantmäteriet + Vattenstånd från SMHI)
- God kännedom om hydraulisk konduktivitet är även viktigt – kartvisaren för K- i berg finns hos SGU men är bara en utgångspunkt – provpumpa!
- Det finns etablerade ekvationer som går att använda för analytiska lösningar kan vara ett sätt att börja bilda sig en uppfattning om hur ett område kan komma att påverkas.

Summering – Teori och metod för riskbedömning

- Inledande analyser indikerar att man skillnaden i salthalt längs kusten kan ge lite olika resultat.
- Förändringar i grundvattenbildning → kommer sannolikt att minska längs hela kuststräckan i synnerhet på östsidan – dock lite instabila klimatberäkningar med spretiga modellresultat.
- En åtgärd för att hantera en stigande havsnivå kan också skapa ett problem för att hantera stigande grundvattennivå som kan bidra till både översvämning och ökad saltvatteninträngning.