

Analys av riskobjekt och kvantifiering av spridningsvägar - underlag till riskbedömning av vattentäcker

Emma Lindborg, DHI

Linda Randsalu, DHI

Per-Olof Johansson, Artesia Grundvattenkonsult

Artesia
Grundvattenkonsult AB



Syfte och bakgrund

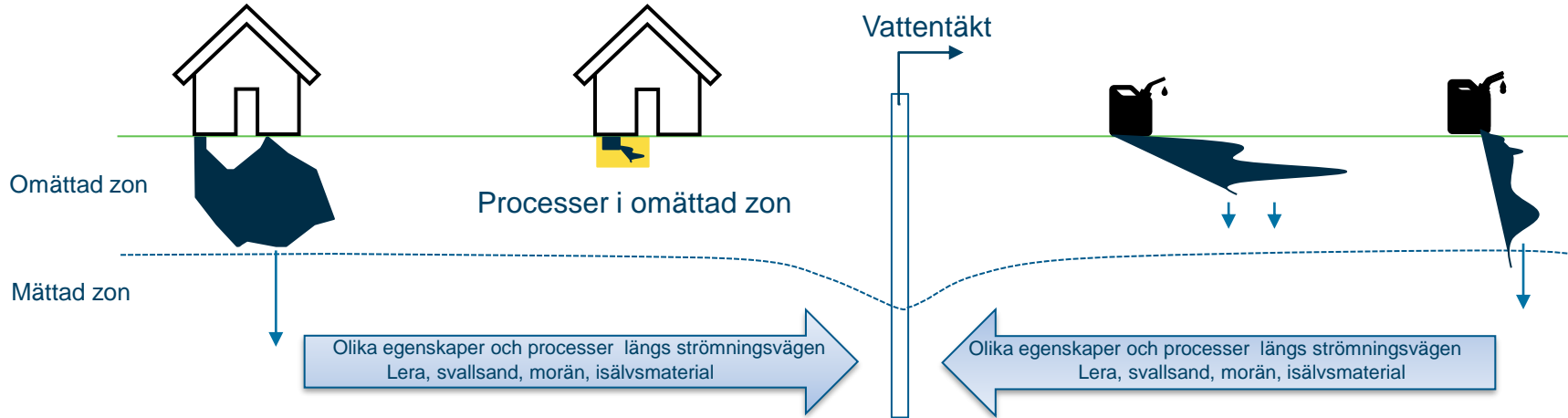
Syfte:

Ta fram en metodik där man på ett spårbart och kvantifierbart sätt kan identifiera riskobjekt som utgör faktisk risk för vattentäkten. Vid tillämpning skall denna metodik utgöra ett verktyg för att:

- prioritera riskobjekt som behöver fältbesiktigas för att kunna bedöma status
- bedöma vilka riskobjekt som kräver regelbunden tillsyn
- snabbt kunna göra en bedömning om vilka områden som är extra sårbara vid nyetablering av verksamheter eller vid olycksfall inom vattenskyddsområdet

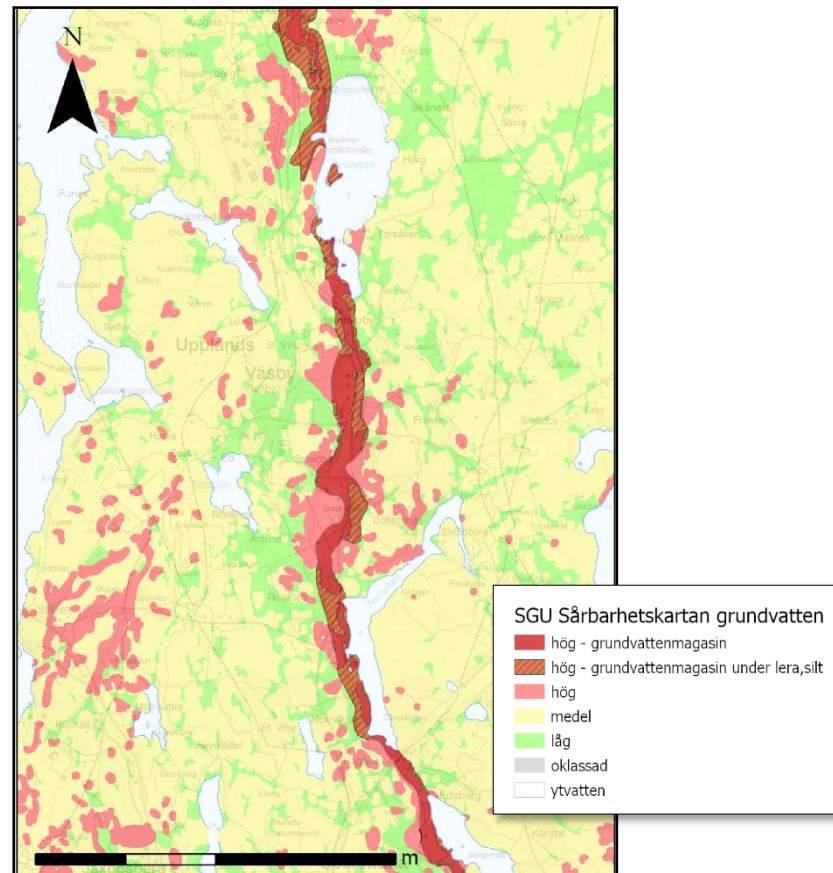
Utgångspunkt i arbetet:

Ta hänsyn till lokala förhållanden (jordart, djup till grundvattenyta osv) kring riskobjektet samt egenskaper längs hela flödesvägen från riskobjekt till brunn för att bedöma risk.



Bakgrund:

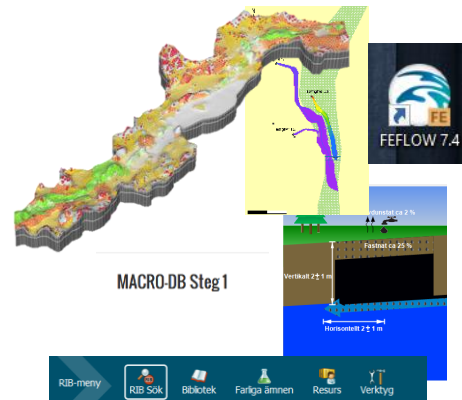
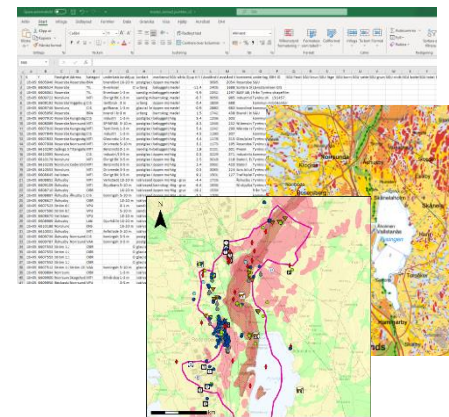
- Vid riskanalyser för vattentäkter används ofta SGUs sårbarhetskarta som underlag för att bedöma risk
- Kartan tar endast hänsyn till "vertikal sårbarhet" i varje punkt
 - in- och utströmningsområden
 - förekomst av betydande grundvattentillgångar
 - jordartens vattengenomsläpplighet på ytan
- Hänsyn bör tas till topografiska och hydrogeologiska egenskaper längs hela flödesvägen
- Beskrivning av föroreningskällan för att bedöma risk är en central del i remissversionen av den nya handledningen för riskbedömning i arbetet med vattenskyddsområden



Metodik

Metodik för att identifiera och kvantifiera objekt som utgör faktisk risk

1. Inventering av objekt
2. Indelning i klasser med avseende på typ av objekt (cistern, värmepump, jordbruksmark osv)
3. Beskrivning av lokala förhållanden vid varje objekt
4. Bortprioritering av objekt beroende på avstånd till brunn, lokala förhållanden med mera
5. Analys av spridningsvägar för återstående objekt
6. Rangordning av riskobjekt utifrån vilken risk de utgör



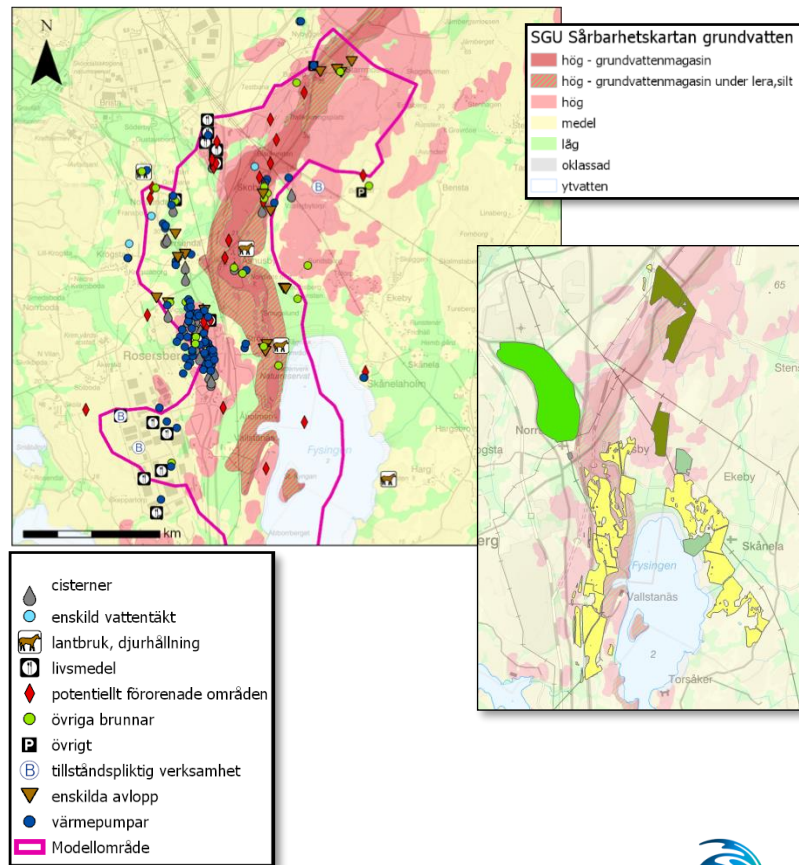
Metodik för att identifiera och kvantifiera objekt som utgör faktisk risk

1. Inventering av objekt

- Inventera riskobjekt och visualisera dem i GIS

2. Indelning i klasser

- Dela in objekten i klasser med avseende på typ av objekt
 - Cisterner
 - Enskilda avlopp
 - Enskilda vattentäkter
 - Värmepumpar
 - Förorenad mark
 - Tillståndspliktig verksamhet
 - Djurhållning
 - Jordbruksmark
 - Golfbana, kyrkogård



Metodik för att identifiera och kvantifiera objekt som utgör faktisk risk

3. Beskrivning av lokala förhållanden vid varje objekt

Varje objekt tilldelas med hjälp av enklare GIS-analys följande information:

- Koordinater, fastighetsbeteckning och adress
- Jordart
- Sårbarhet enligt SGUs sårbarhetskarta
- Avstånd till vattentäkt och till grundvattenmagasin
- Topografiskt markfuktighetsindex (TWI)
- Markytans lutning
- Djup till grundvattenytan (observationer eller modellberäkningar)

X	Y	Fastigh.bet.	Jordart	Sårbarhet	TWI (-)	Slope, %	Djup till gvy, m	Avst vattentäkt, m	Avst gv mag, m
12345	54321	X:X	Isälvs mtrl	hög	10	5	2	550	200

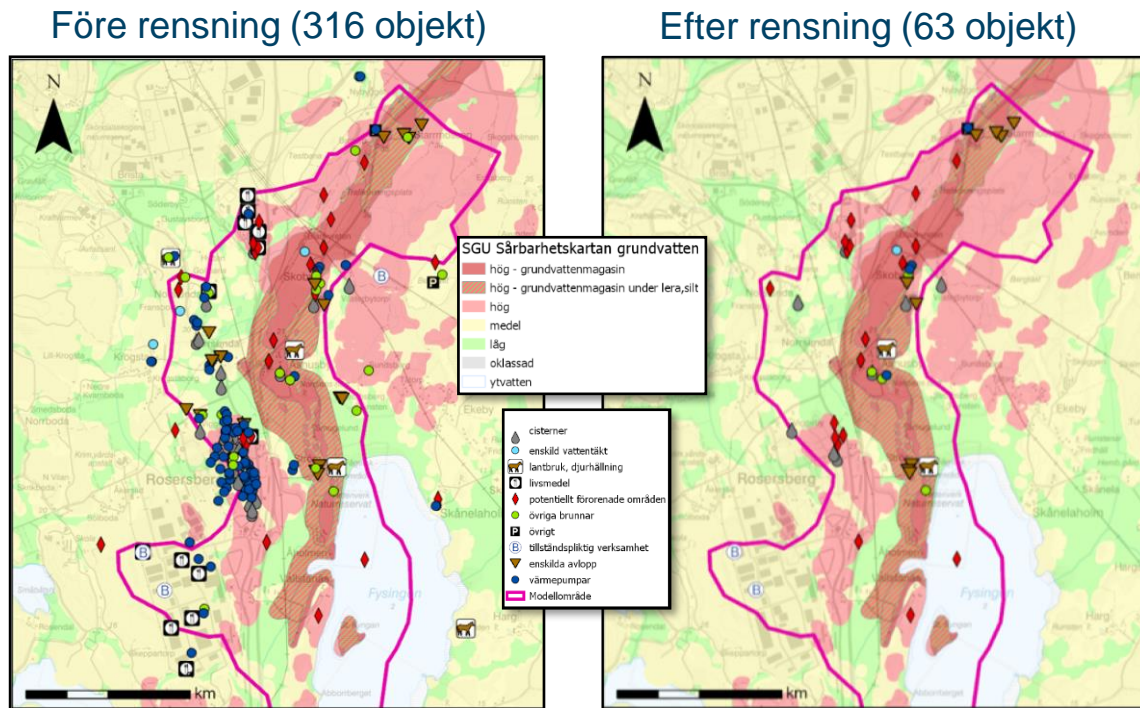
Metodik för att identifiera och kvantifiera objekt som utgör faktisk risk

4. Bortprioritering av objekt

- Sårbarhet
- Typ av objekt
- Lokalisering

Exempel:

- Låg sårbarhet rensas bort
- Livsmedelsobjekt rensas bort
- På andra sidan sjön rensas bort

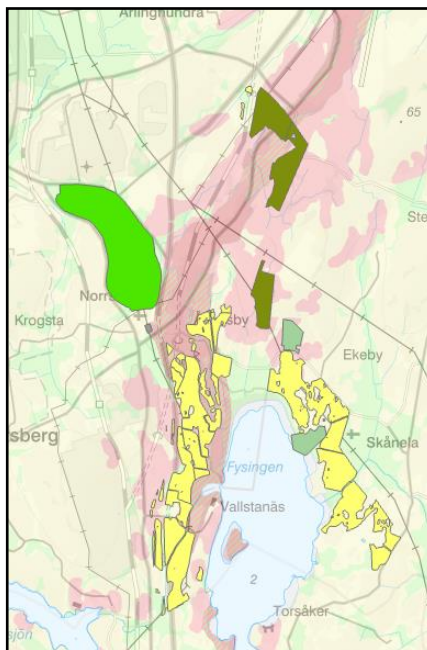


Metodik för att identifiera och kvantifiera objekt som utgör faktisk risk

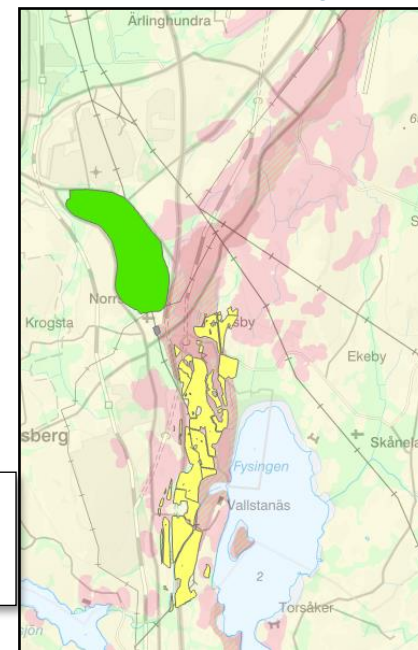
4. Bortprioritering av objekt

- Sårbarhet
- Typ av objekt
- Lokalisering

Före rensning



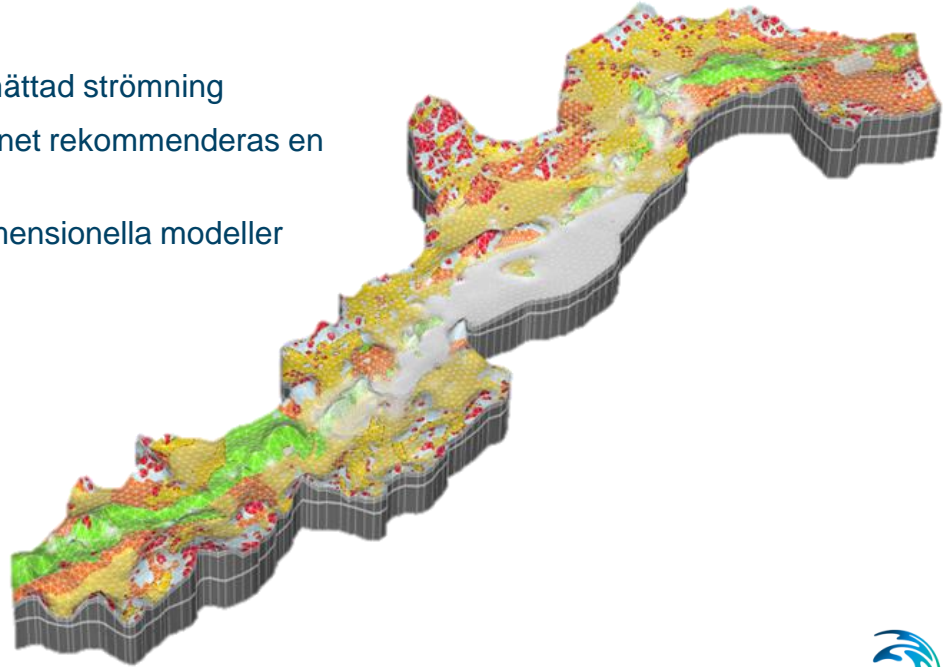
Efter rensning



Metodik för att identifiera och kvantifiera objekt som utgör faktisk risk

5. Analysera spridningsvägar för återstående objekt

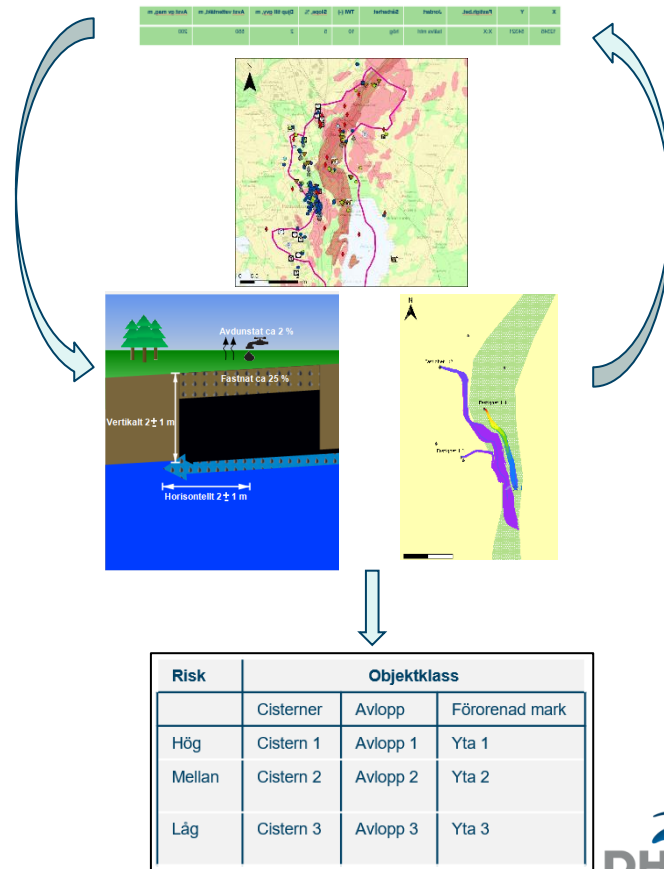
- Beräkningar för att kvantifiera transporttider och identifiera spridningsvägar
- Beräkningar utförs för både mättad och omättad zon
- Olika modellverktyg kan tillämpas för omättad och mättad strömning
- För beräkning av transporttider i grundvattenmagasinet rekommenderas en fysikaliskt baserad distribuerad modell
- För beräkning av processer i omättad zon kan endimensionella modeller användas



Metodik för att identifiera och kvantifiera objekt som utgör faktisk risk

6. Rangordna riskobjekt i varje klass utifrån vilken risk de utgör

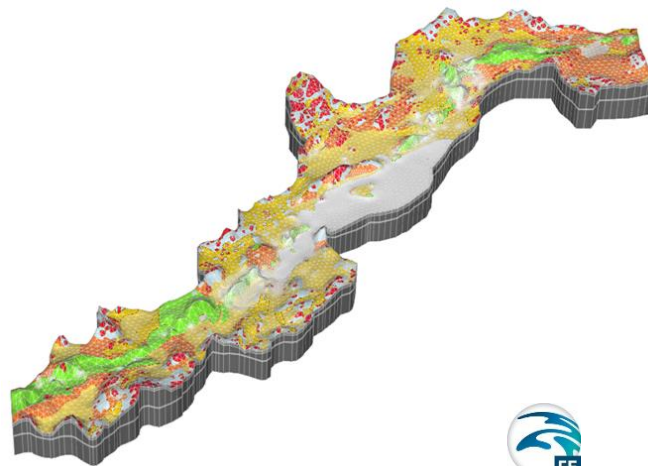
- En sammanvägd bedömning av risk utifrån
 - Sårbarhet
 - Lokala förhållanden vid riskkällan
 - Transporttider i grundvattnet
 - Fastläggningsprocesser i omättad zon
- I varje objektklass identifieras ett antal objekt som utgör faktisk risk
- Dessa objekt kräver fältbesiktning med eventuell komplettering av lokala egenskaper/förhållanden samt prioriterad tillsyn



Resultat av spridningsberäkningar – exempel från Ströms gård

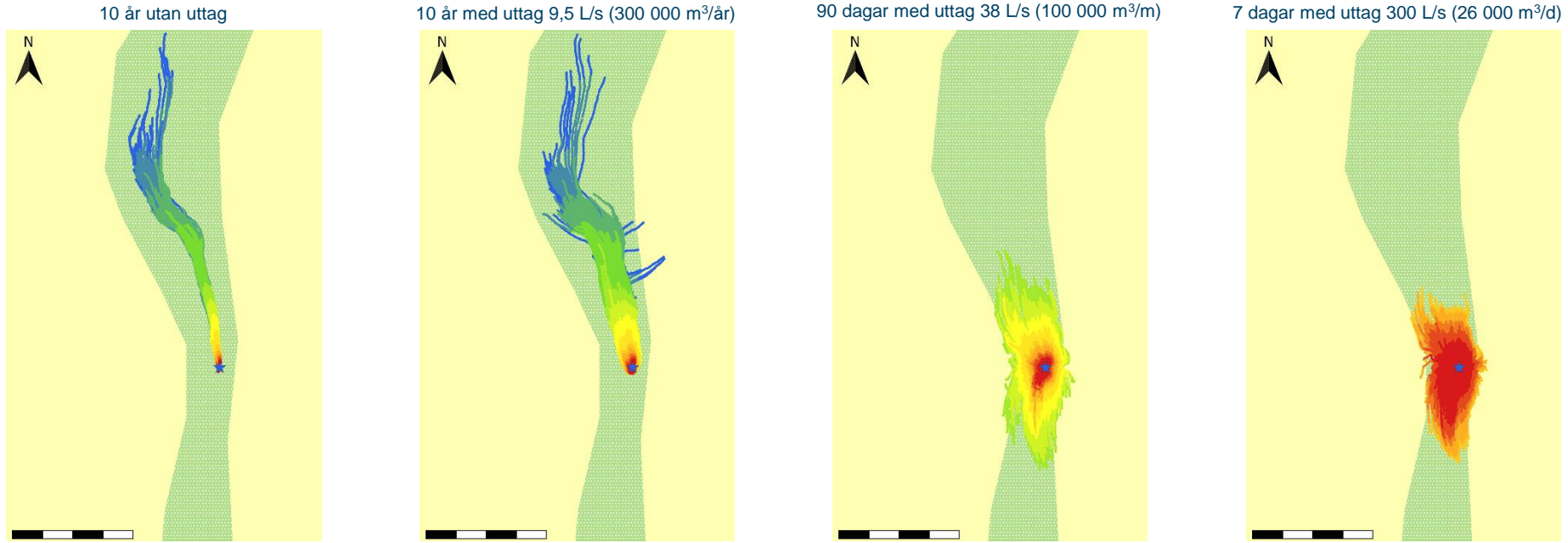
Spridningsberäkningar i grundvatten

- Partikelspårnings-beräkningar i FEFLOW
- Matematisk 3D modell för mättad grundvattenströmning
- Olika uttagsscenarier baserat på tillstånd för vattentäkten vid Ströms gård har simulerats:
 - ✓ 10 år utan uttag
 - ✓ 10 år med uttag 9,5 L/s (300 000 m³/år)
 - ✓ 90 dagar med uttag 38 L/s (100 000 m³/månad)
 - ✓ 7 dagar med uttag 300 L/s (26 000 m³/dygn)
- Beräkning av vattentäktens tillströmningsområde för olika uttag
- Beräkning av transporttider och transportvägar från riskobjekt till brunnsområde för varje objekt



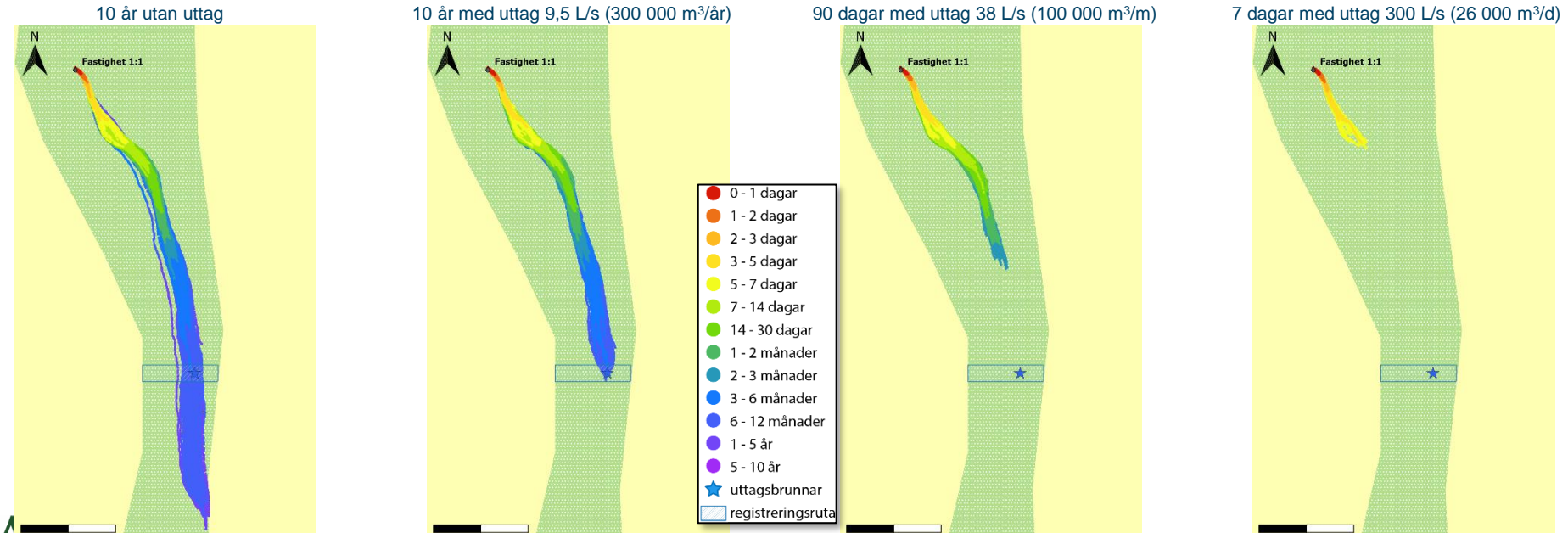
Spridningsberäkningar i grundvatten

- Tillrinning till uttagsbrunnarna vid olika uttagsscenarier.
- Släppt totalt 1400 partiklar vid uttagsbrunnarna och spårat bakåt i tiden
- Denna typ av resultat ger en bra och snabb överblick av brunnarnas tillströmningsområde vid olika uttag



Spridningsberäkningar i grundvatten

- Nästa steg är att kvantifiera strömningsvägarna från varje enskilt objekt mot vattentäkten
- En registreringsruta i höjd med vattentäkten har definierats, de objekt som har strömningsvägar som når rutan analyseras vidare och transporttider beräknas
- I exemplet nedan ser vi att strömningsvägarna når uttagsbrunnen för scenariot utan uttag samt 10 år med ett uttag på 9,5 L/s
- Vid stora uttag under kort tid når inte strömningsvägarna fram till rutan

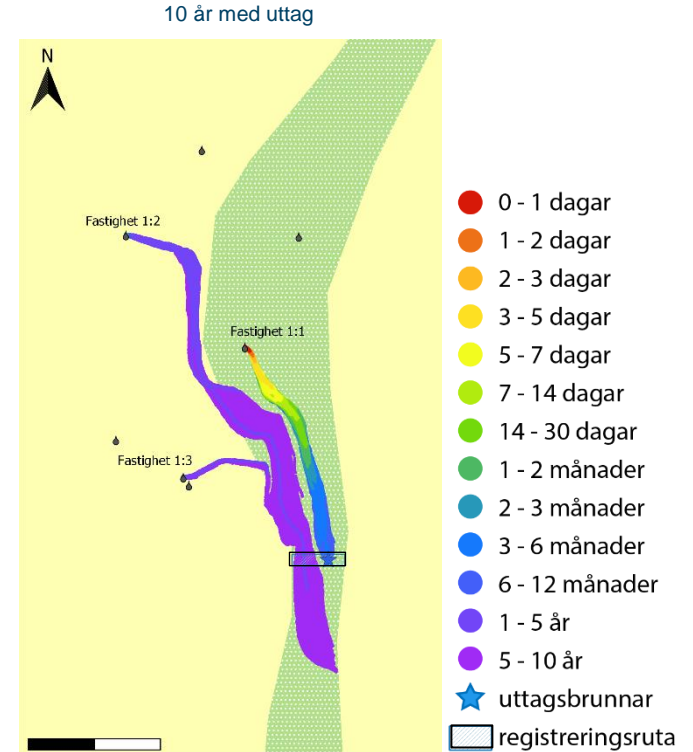


Spridningsberäkningar i grundvatten

...fortsättning från exempel i förra bilden...

- 3 cisterner har, enligt simuleringarna, strömningsvägar som når registreringsrutan
- För dessa tre så har statistik över transporttider fram till rutan beräknats
- Statistik har tagits fram för alla objekt i alla objektklasser som har transporttider som når registreringsrutan

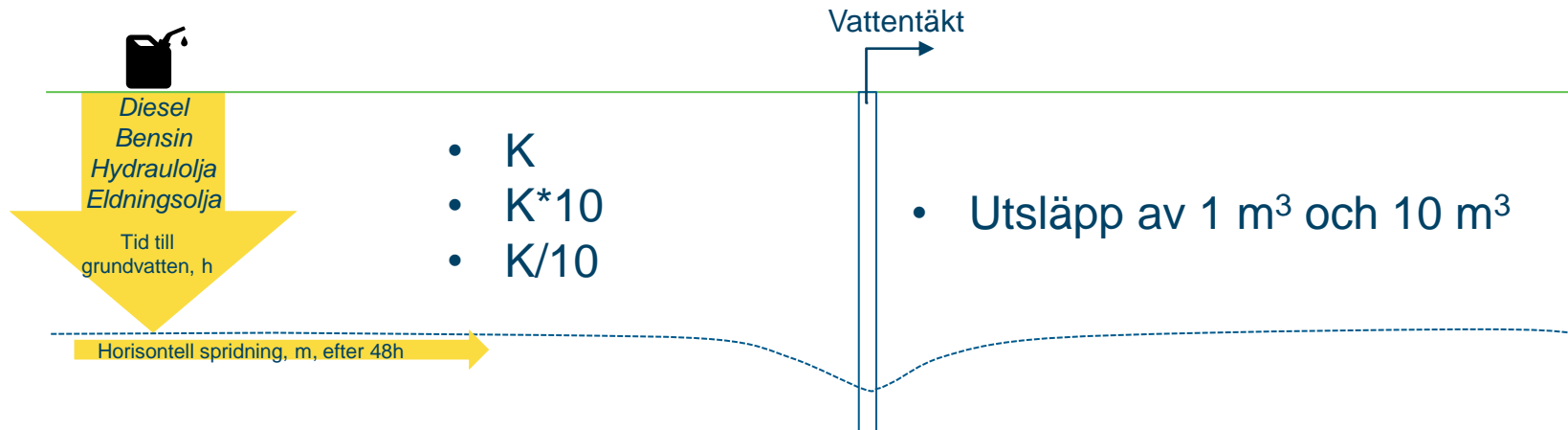
	10 år utan uttag			10 år med uttag 9,5 L/s (300 000 m ³ /år)		
Fastighet	Andel partiklar som når fram	Transporttid min (d)	Transporttid medel (d)	Andel partiklar som når fram	Transporttid min (d)	Transporttid medel (d)
Fastighet 1:1	91%	167	766	92%	159	750
Fastighet 1:2	7%	1726	3013	7%	1787	3027
Fastighet 1:3	2%	2417	3016	2%	1958	3086



Spridningsberäkningar i omättad zon

Spridning av oljespill har beräknats i MSBs RIB-modell

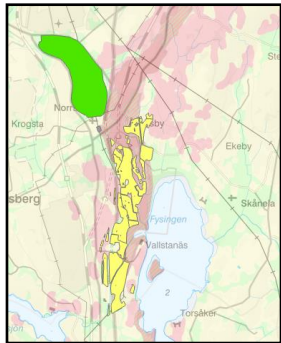
- Beräkningar har gjorts för cisterner, bensinmackar och vägsträckningar med farligt gods samt järnväg
- För cisterner och bensinmackar har beräkningar gjorts för bensin, diesel och eldningsolja
- För väg och järnväg har beräkningar gjorts för bensin, diesel och hydraulolja



Spridningsberäkningar i omättad zon

Koncentrationer av bekämpningsmedel som eventuellt når grundvattnet har beräknats med MacroDB

- Beräkningar har utförts på objekt som utgör jordbruksmark
- Roundup:
 - Beräkningar har utförts med avseende på dos och tidpunkt på året då ämnet sprids.
 - Den faktiska andelen jordbruksmark av totala tillrinningsområdet har beräknats
- Alla tillståndsgivna ämnen:
 - Beräkningar med 100 ggr och 100 000 ggr tillståndsgiven dos har utförts i syfte att analysera modellens känslighet



- C
- C*100
- C*100 000

Vattentäkt



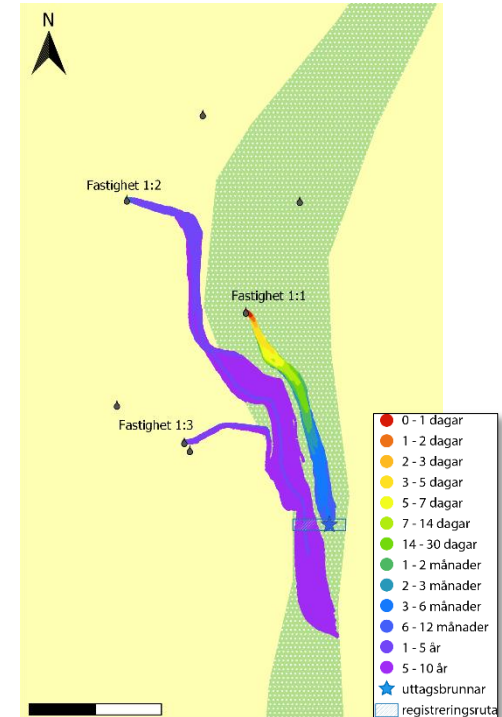
Tillståndsgivna
bekämpningsmedel

Koncentration
som når
grundvattnet

Sammanfattande bedömning, exempel cisterner

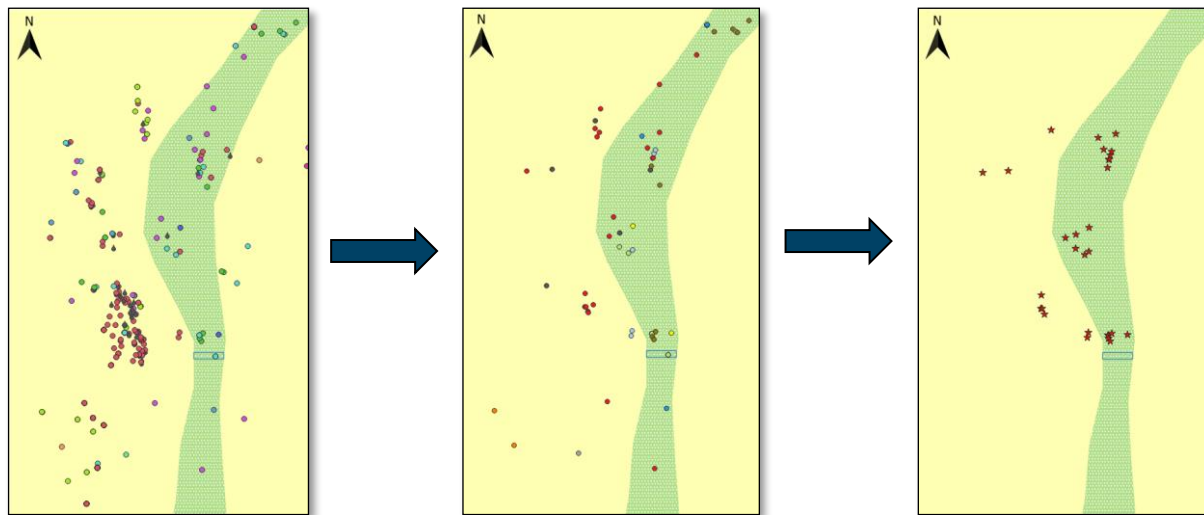
- Inledningsvis 33 cisterner
- Efter inledande bortprioritering återstod 7 st
- Spridningsberäkningar i mättad och omättad zon visar att 3 cisterner kan ha en påverkan på vattentäkten
- 1 av dessa har korta transporttider i både mättad och omättad zon och bör därför fältbesiktigas för att säkerställa att det finns sekundärt skydd, samt ha regelbunden tillsyn

Fastighet	Info	Kortast transporttid till registreringsruta	Tid (h) till grundvattenytan, K			Horisontell spridning (m), K		
			Utsläpp av 10m ³ på en yta av 1m ²			Utsläpp av 10m ³ på en yta av 1m ²		
			Bensin	Diesel	Eldningsolja	Bensin	Diesel	Eldningsolja
Fastighet 1:1	boningshus	drygt 5 månader	<1	3	3	35	33	33
Fastighet 1:2	industritomt	knappt 5 år	>48	>48	>48	x	x	x
Fastighet 1:3	industritomt	knappt 5,5 år	>48	>48	>48	x	x	x



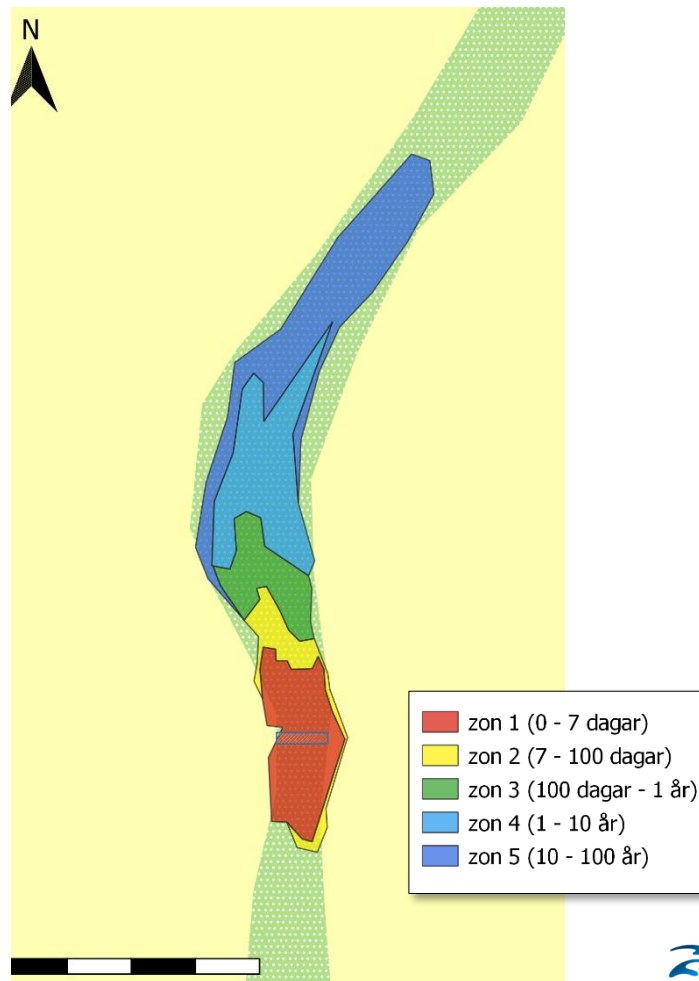
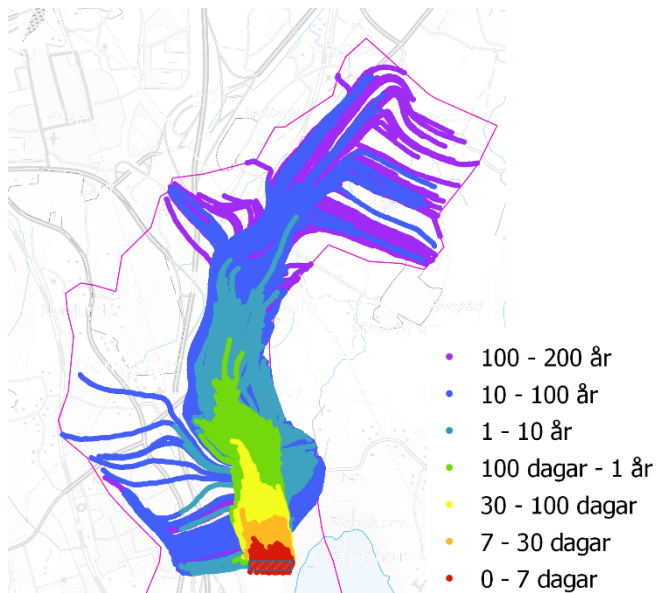
Sammanfattande bedömning

- Efter inledande inventering var det över 300 objekt på risklistan
- Efter en första bortprioritering dryga 50 objekt kvar
- Efter spridningsberäkningar i mättad och omättad zon är det ett 20-tal som bedöms utgöra faktisk risk för vattentäkten
- Genom att fokusera på dessa kan effektivare tillsyn utövas



Dessutom

Genom generella studier av transporttider från olika delar av tillrinningsområdet kan "riskområden" definieras för att bedöma konsekvenser av olycksfall eller nyetablering av verksamheter inom området



Slutsatser och diskussion

Slutsatser

- Ett strukturerat angreppssätt genom en tydlig metodik ger möjlighet att prioritera och bortprioritera objekt
 - Tydligt hur och varför man gör sina prioriteringar
 - Koppling till verkligheten vid varje individuellt objekt: lokala fysiska och hydrogeologiska förhållanden.
- Leder till en hanterbar lista med objekt
 - "Fokuserad tillsyn"
 - Objekt kan rangordnas baserat på kvantitativa beräkningar av flödestider och –riktningar
 - Hänsyn till processer utmed hela vägen från riskkälla till vattentäkt
- Levereras som ett GIS-projekt
 - Enkelt att förvalta
 - Allting lagras på ett och samma ställe
 - Lätt att dela med berörda parter (ex. miljökontor)
- Resultaten förbättras genom fältundersökningar av kritiska objekt:
 - Finns fysiskt skydd runt cisterner?
 - Hur är enskilda avlopp utformade?
 - Är marken kring tidigare förorenade områden sanerad?
 - Och så vidare...

Slutsatser

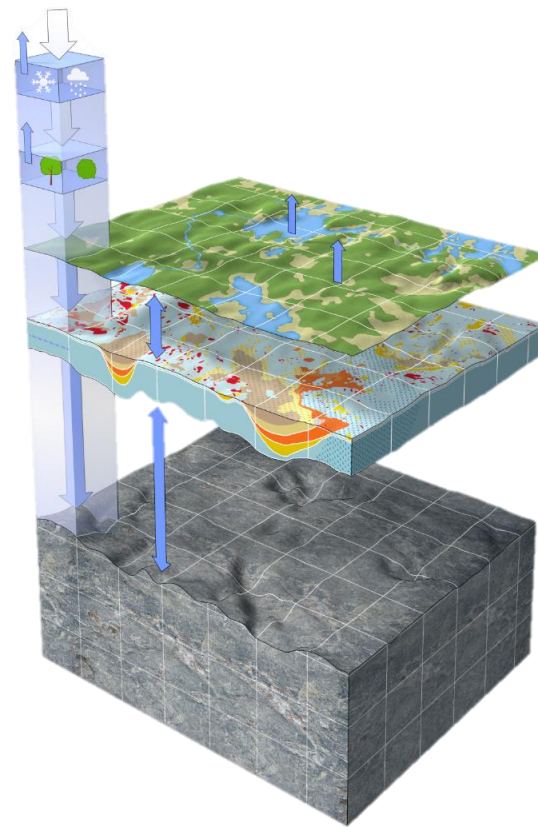
- Flödestider och flödesvägar från enskilda objekt ser inte alltid ut som man spontant skulle tro
 - In- och utströmningsförhållanden, jordarter, topografi med mera gör att objekt man skulle tro utgör en hög risk inte gör det och tvärtom
- Flödestider och –vägar varierar med uttagen från vattentäkten
 - Genom att simulera olika uttagsscenarioer ges en bild av vilka objekt som utgör störst risk vid respektive uttag
- Beräkning av transporttider från riskobjekt till källa ger en bra bild av hur både diffusa läckage och punktutsläpp riskerar nå vattentäkten efter att föroreningen nått grundvattnet
- Olika klimat- och väderscenarier skulle utgöra ett bra komplement till simuleringar av olika grundvattenuttag
 - Möjligt att analysera hur klimatförändringar påverkar risken från olika objekt
 - Möjligt att se hur rådande väder vid ett visst uttag och vid en eventuellt olycka påverkar risken för förorening av vattentäkten

Slutsatser

- Beräkningar av transporttid i grundvattnet kan kompletteras med modeller över processer i omättad zon
 - Ger en uppfattning om den buffert som den omättade zonen kan ha på vissa utsläpp
 - RIB
 - Stora delar av vissa föroreningar kan fastläggas i marken
 - Bra beslutsunderlag vid saneringsinsatser och bra komplement till beräkningar i mättad zon
 - MacroDB
 - Upplevs som mindre känslig i det undersökta området som framför allt utgörs av finkorniga jordar
 - Spridning av tillståndsgivna doser och ämnen utgör ingen risk för vattentäkten enligt modellering med MacroDB, men FEFLOW-resultaten visar att transporttiderna i grundvattnet är mycket korta från delar av åkermarken vilket innebär att det finns en risk för vattentäkten. Speciellt som den största delen av risken med bekämpningsmedel inte kommer från spridningen utan övrig hantering, spill, olyckor osv.
 - Kan vara mer användbart på platser med grovkorniga jordar i omättad zon

Diskussion

- Processer i omättad zon har stor inverkan på effekten av utsläpp av petroleumprodukter och bekämpningsmedel.
 - Platsspecifika egenskaper och exakt position av riskobjektet i förhållande till grundvattenmagasinet, samt de komplexa processerna i det kopplade systemet mellan yt- och grundvatten har i detta projekt inte tagits i beaktande fullt ut.
- Vi har visat på metodik och principer för hur flödesvägar och -tider kan kvantifieras.
 - Det finns självklart potential att utveckla denna metodik.
 - Framförallt finns det potential i den numeriska modelleringen där processer i omättad zon skulle kunna kopplas till den mätade grundvattenströmningen.
- En modell som tar hänsyn till både yt- och grundvatten, omättad zon samt interaktionen med atmosfärsprocesser skulle utgöra ett effektivt verktyg som kan användas både för scenarioräkningar och som en operationell modell om/när en olycka eller oönskad händelse inträffar.



TACK!

Vid frågor eller vidare information kontakta:

Emma Lindborg emli@dhigroup.com

Linda Randsalu lira@dhigroup.com

Per-Olof Johansson per-olof.johansson@artesia.se

Helene Ejhed helene.ejhed@norrvatten.se