


# Risk, klimat och osäkerheter vid hydrologisk förorenings spridning

Georgia Destouni

Stockholms Universitet



- **Förorenad mark kan finnas / uppkomma lite överallt**

- långvarigt verksamhetsläckage, olyckor p g a extrema naturhändelser, konstruktions/hanteringsslarv -

- **Markförorening är ofta också vattenförorening**

## Giftet i sjön försvinner aldrig DN - 2010-10-18



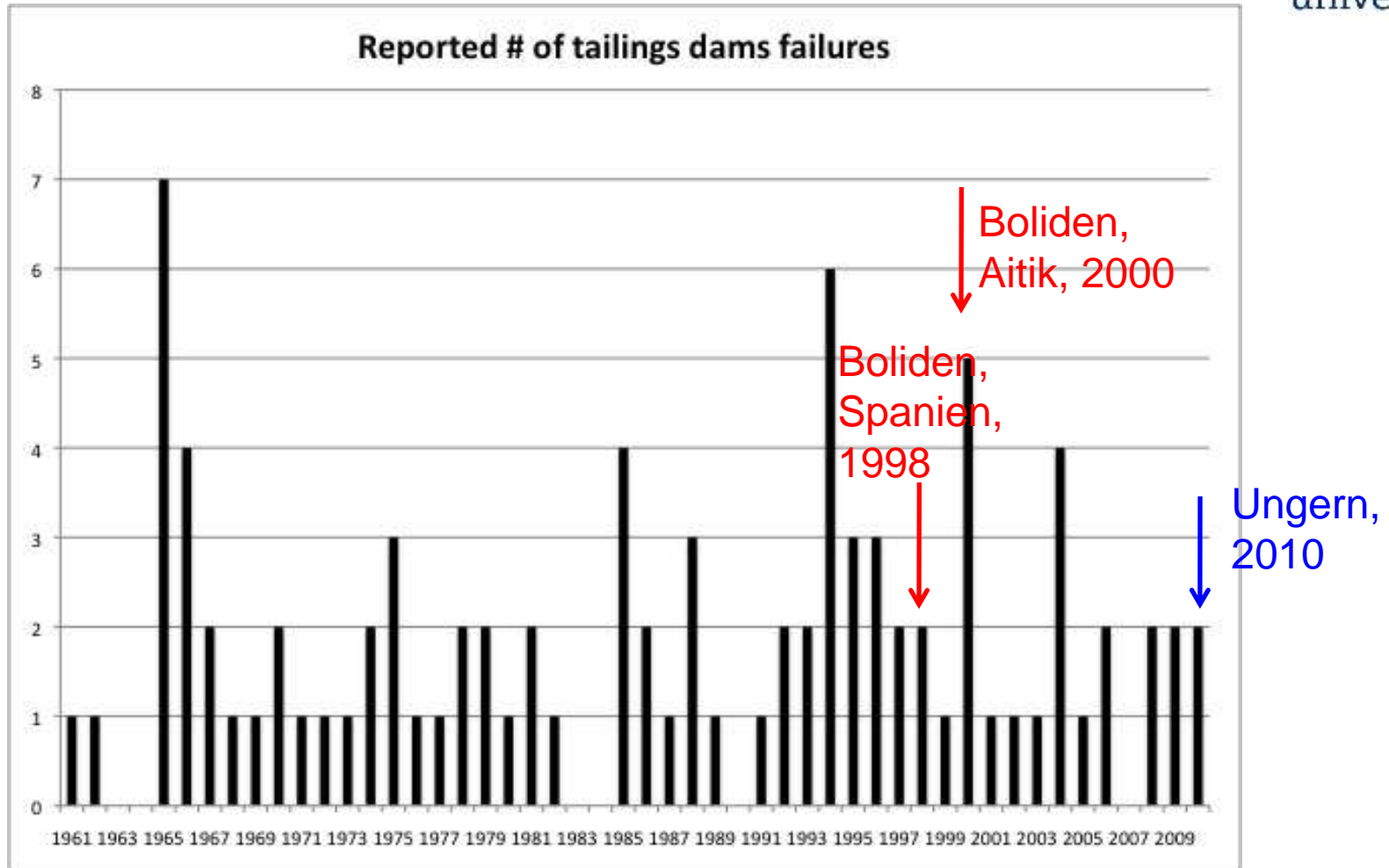
Bild: *Erich Stering*

Gifter från Räddningsverkets nedlagda skola i Rosersberg norr om Stockholm läcker rakt ut i Mälaren.

I våras lämnade staten området utan att följa experternas råd att göra något åt de miljöfarliga ämnena som finns lagrade i marken.

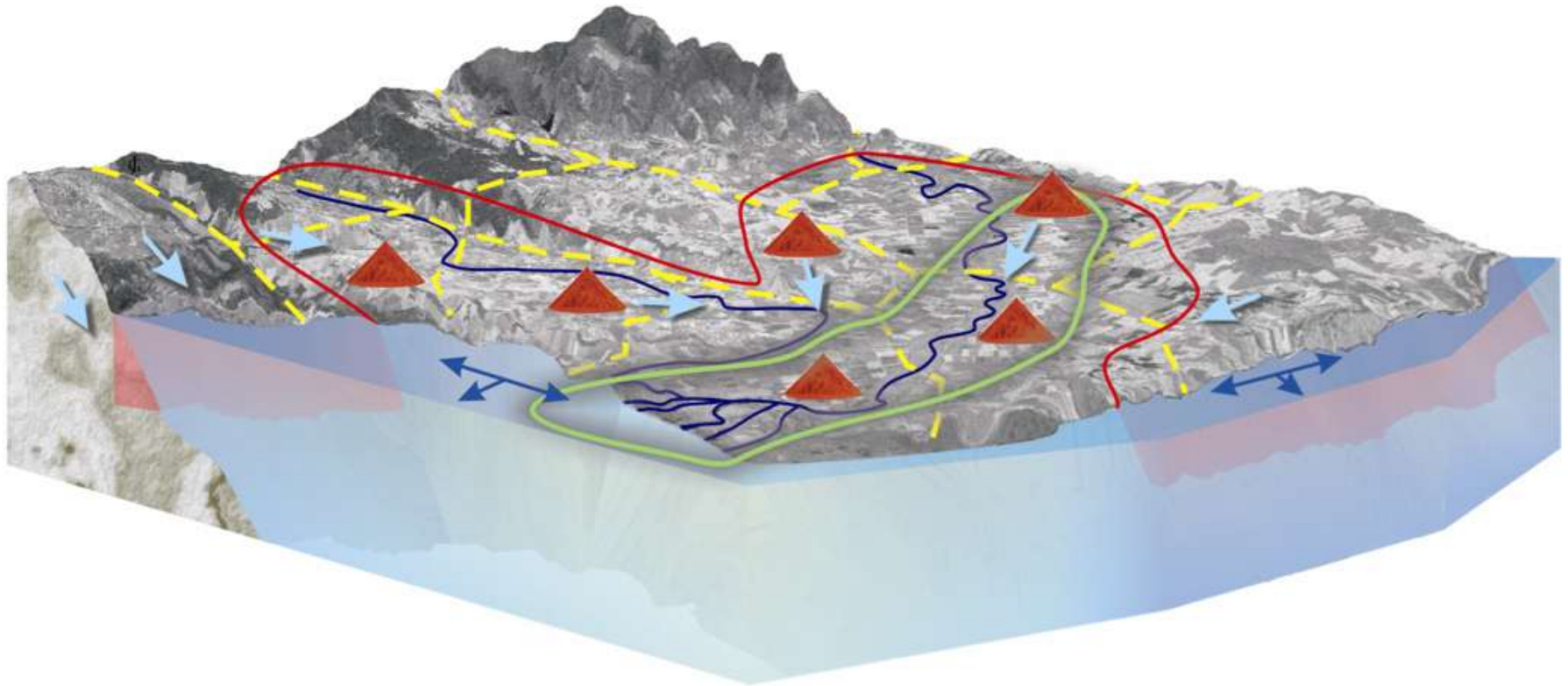






# Rapporterade stora gruvdambrott i världen:






# FÖLJ VATTNET I FÖRVÄG:

Utred, beräkna, planera och agera efter vattenkopplingarna i landskapet + de osäkerheter som finns om dessa



-  Surface Water Divide/Main Catchment Boundary
-  Surface Waters
-  Municipal Boundaries
-  Water Influence Zone of Mine Waste Site

-  Mine Waste Sites
-  Diffuse Groundwater Flow Direction
-  Coastal Water Flows

# Rumsligt fördelad hydrologisk modellering av vattenflöden

Ingångsdata och drivkrafter: Topografi + Nederbörd + Temperatur +

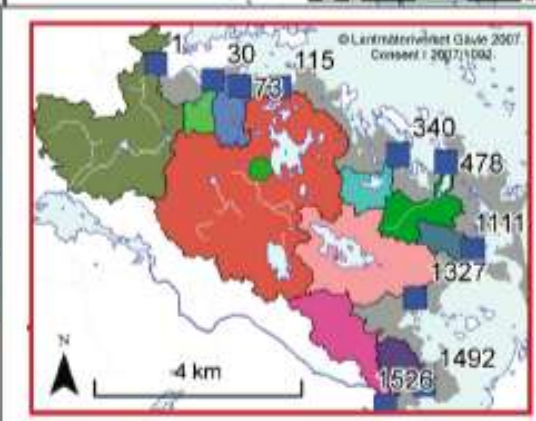
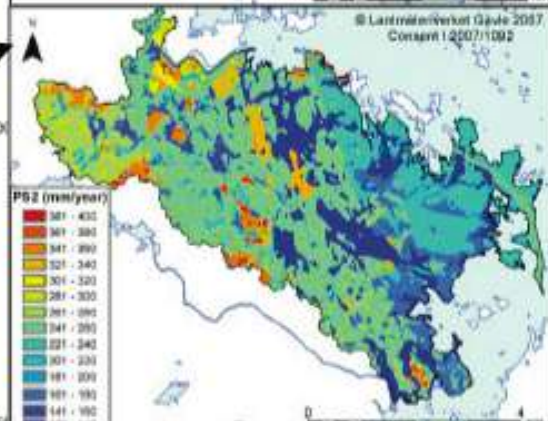
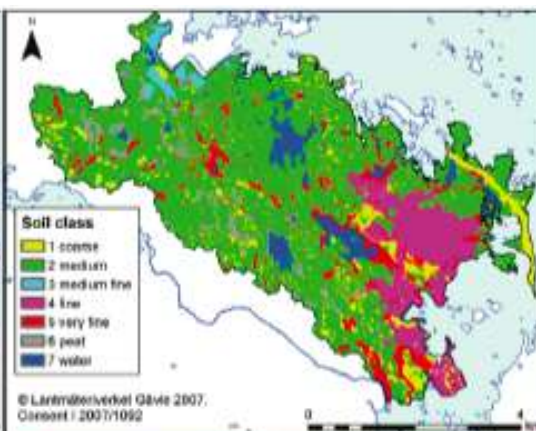
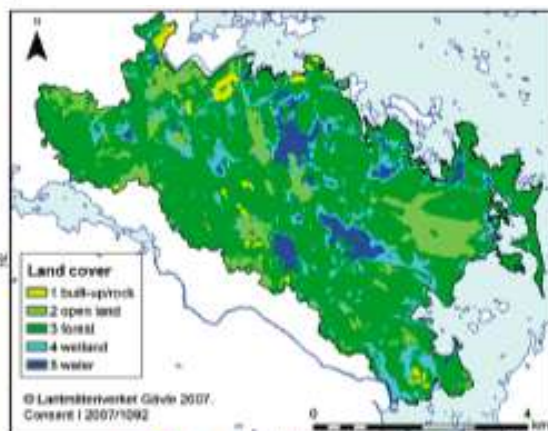
=Klimat



Markanvändning

+

Marktyp



Medelvattenflöde

- efter avdunstning

Delavrinningsområden och

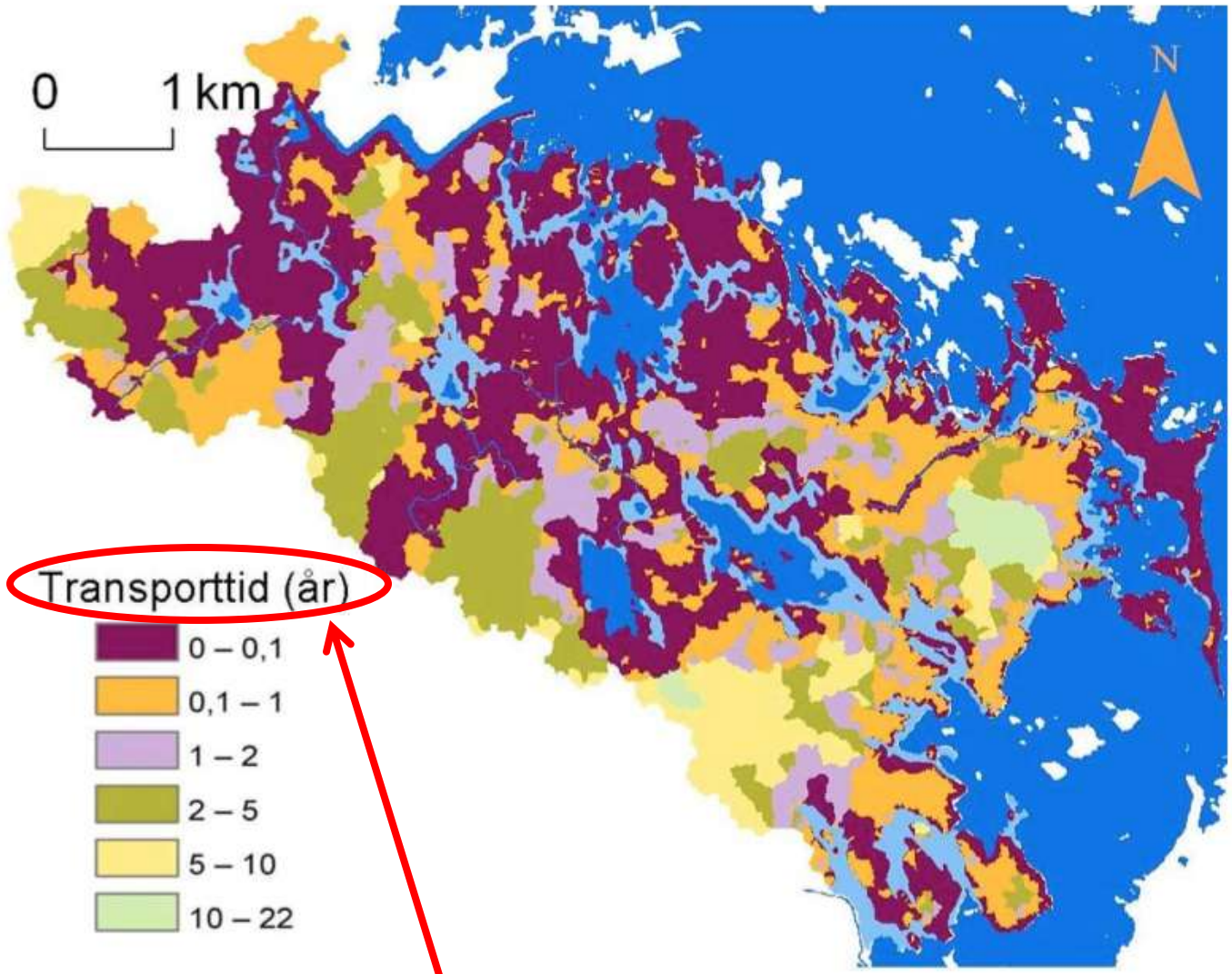
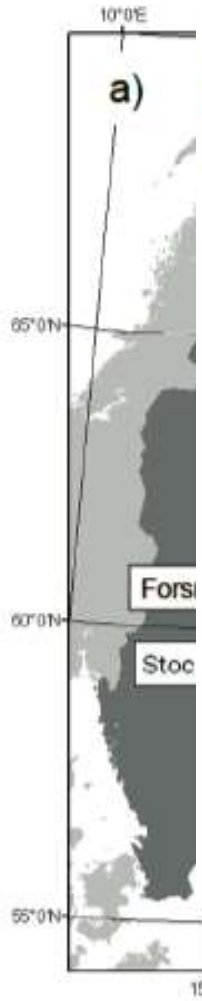
flödesvärden vid mätpunkter



# Rumslig

Ingångs

0 1 km



Transporttid (år)

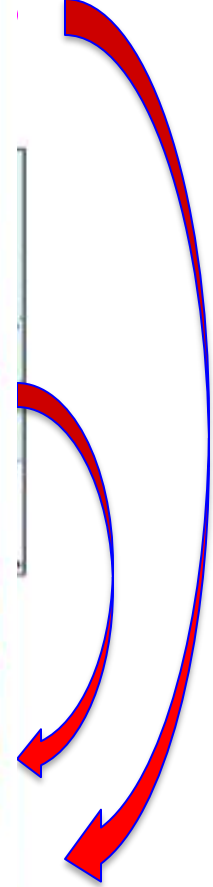
- 0 – 0,1
- 0,1 – 1
- 1 – 2
- 2 – 5
- 5 – 10
- 10 – 22

Medelvattenflöde  
- efter avdunstning


Delavrinningsområden och  
flödesvärden vid mätpunkter

Flöden

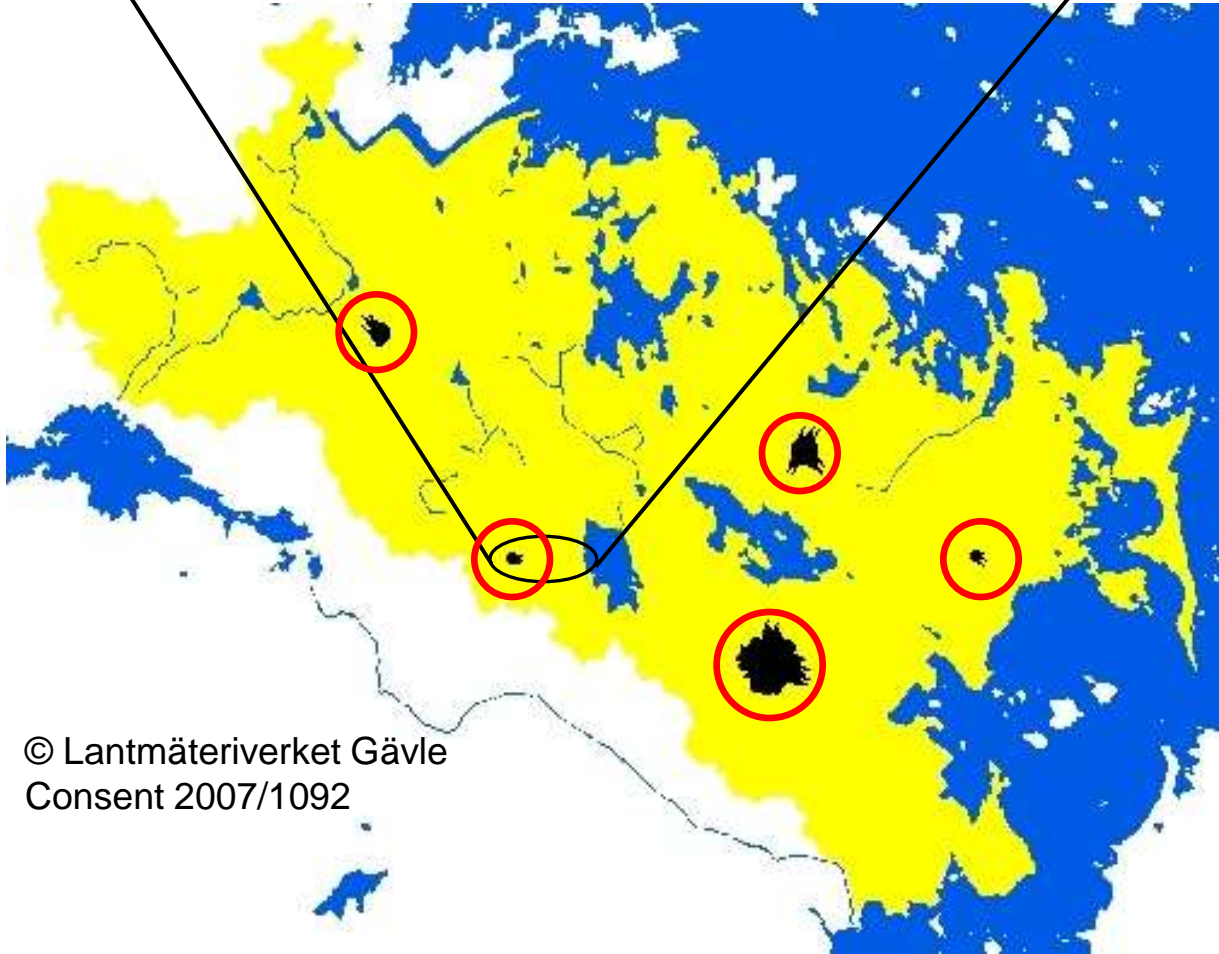
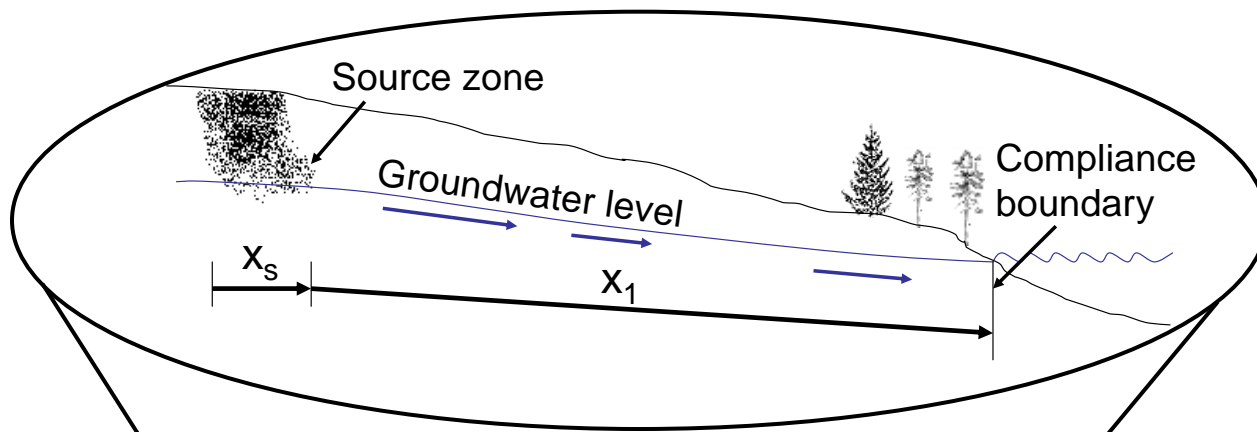
Klimat



# Osäker förorenings-spridning – även för kända nuvarande medelflöden

- Vädervariationer & klimatförändring
  - Variationer kring medelflöden, biogeokemiska förhållanden, och föroreningskällor i tid – men också i rum
- 
- Erkänn osäkerhet, beräkna och planera för dess effekter
  - **Kombinerad sannolikhets- och scenarioanalys**





### Kända punktkällor:

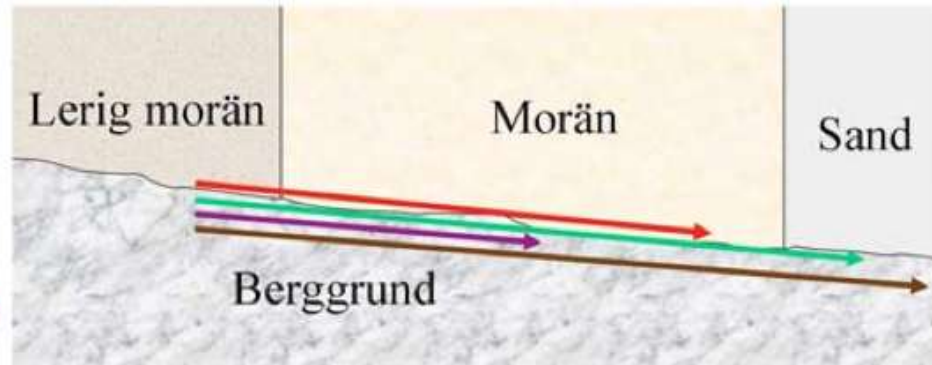
Persson & Destouni, J.  
Hydrol. (2009)



### Scenario 1:

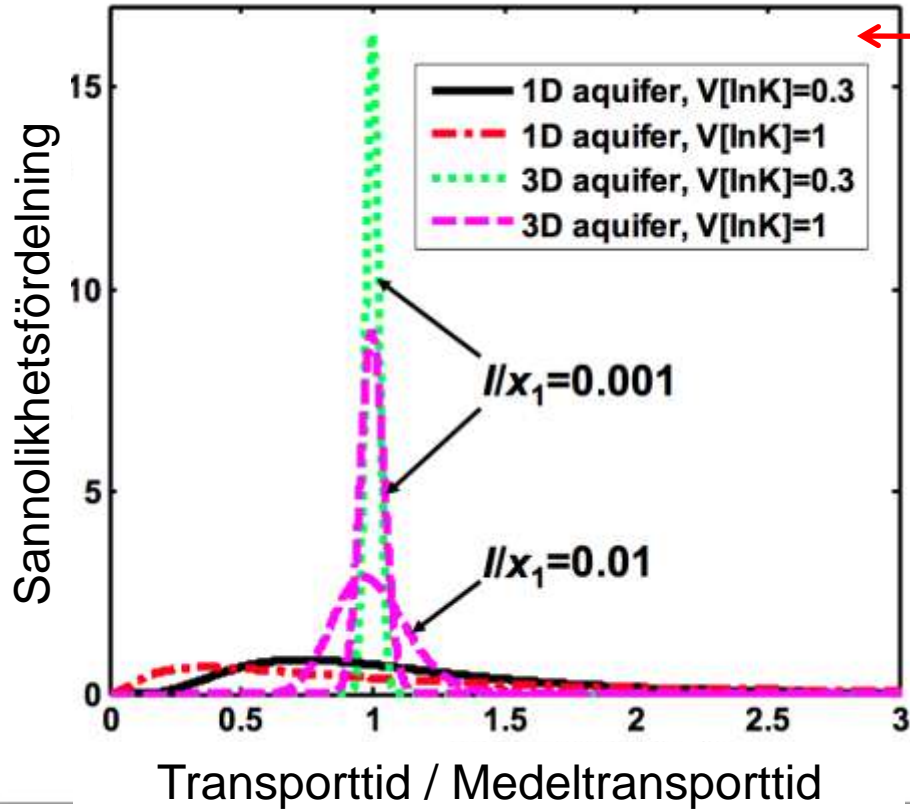


### Scenario 2:



### Scenario 3:





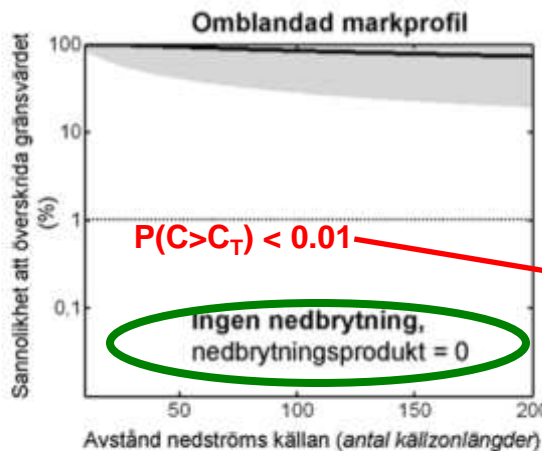
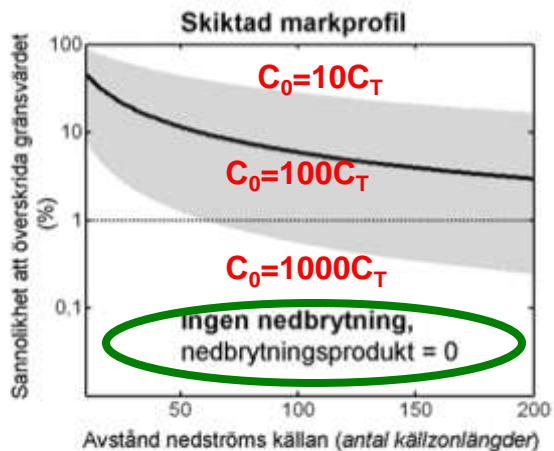
Resultande spridning av transporttider runt medel för olika scenarier av markheterogenitet och transport genom den

Koppla till olika möjliga fall av självreningshastighet ( $\lambda$ )

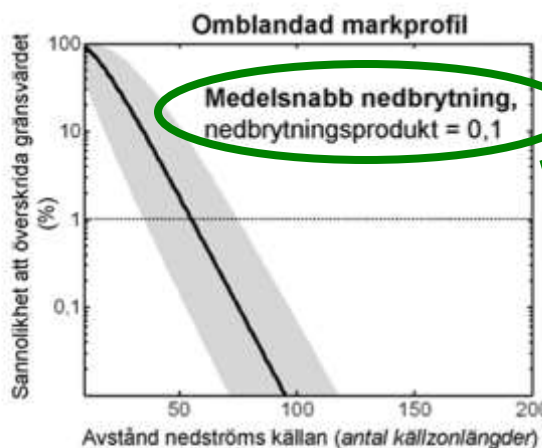
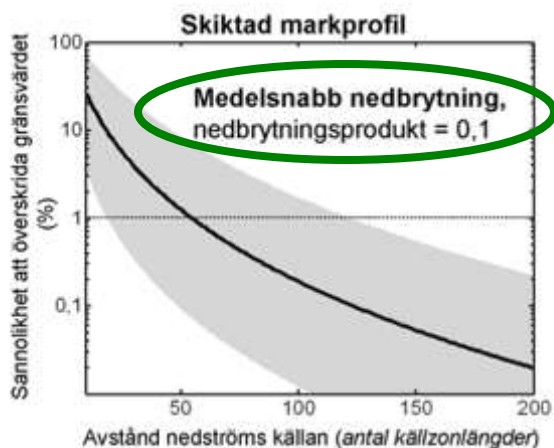
Resultatscenarier av koncentration  $C$  och dess statistik relativt:

Utsläppskoncentration  $C_0$ , and koncentrationsgränsvärde  $C_T$

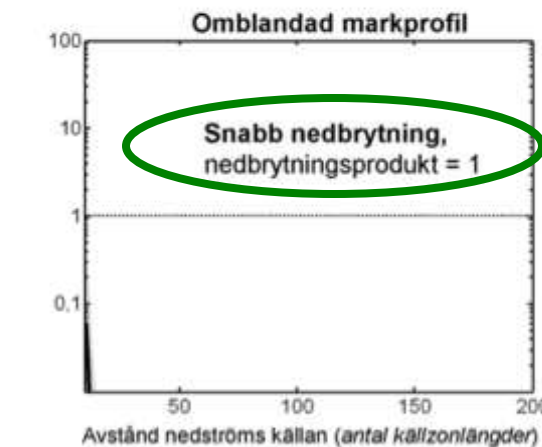
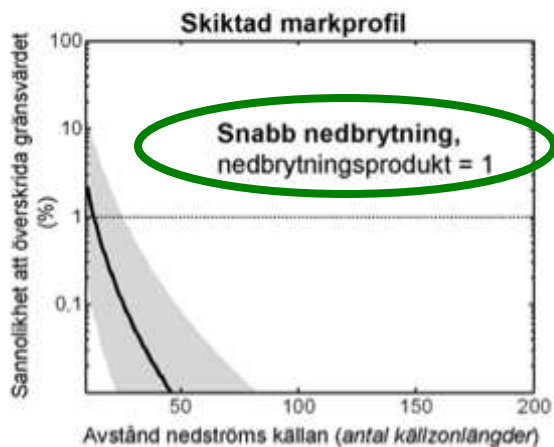




Exempel:  
Acceptabel (?)  
risk/osäkerhetsgräns  
1%



Sannolikhet att  $C > C_T$   
vid kända  
punktutsläpp ??



Föroreningstyp



Viktigt intervall för kända punktutsläpp

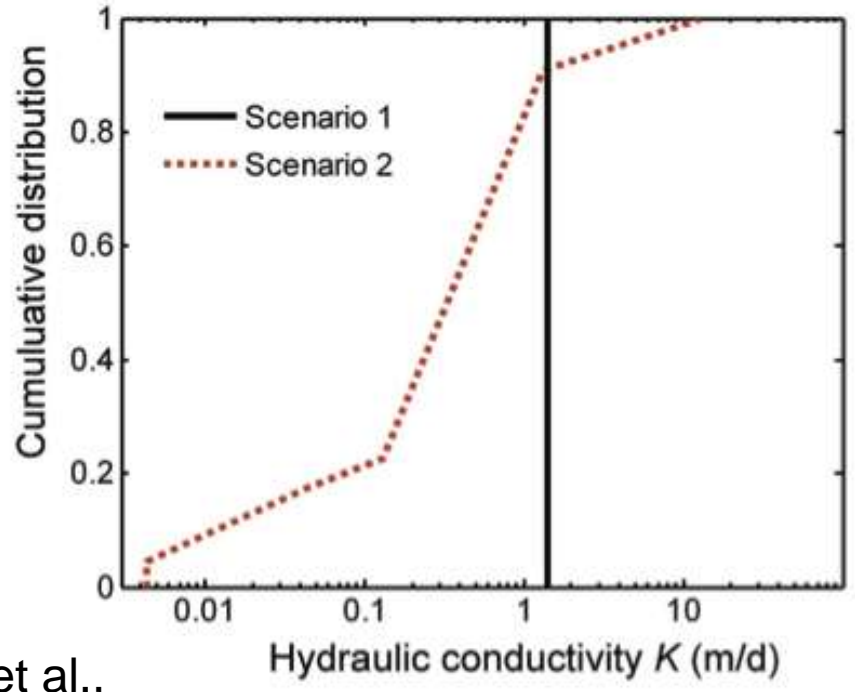
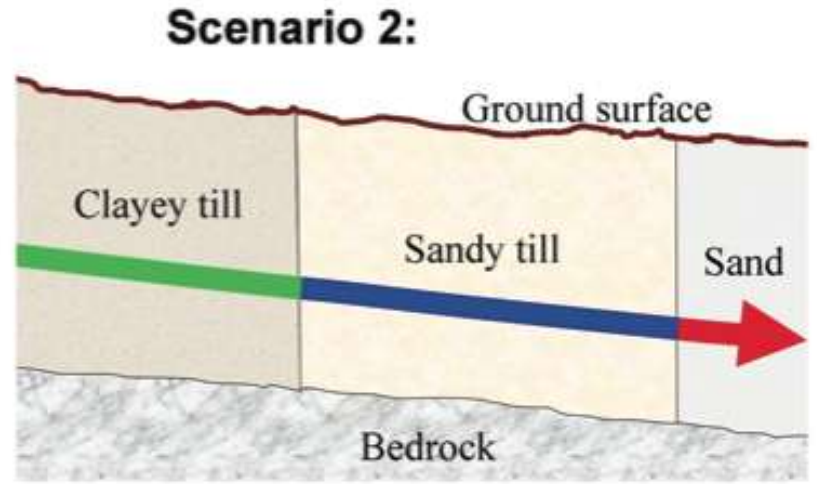
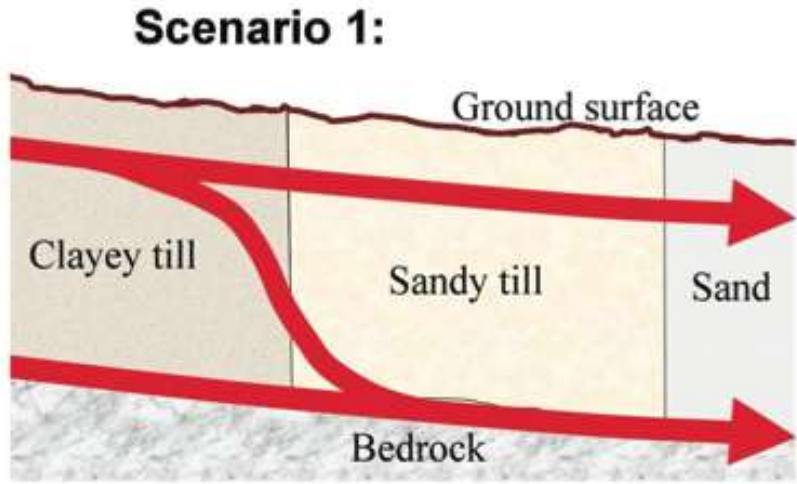
Scenarier för diffusa utsläpp

- Inkluderar även multipla okända och/eller oförutsedda punktutsläpp

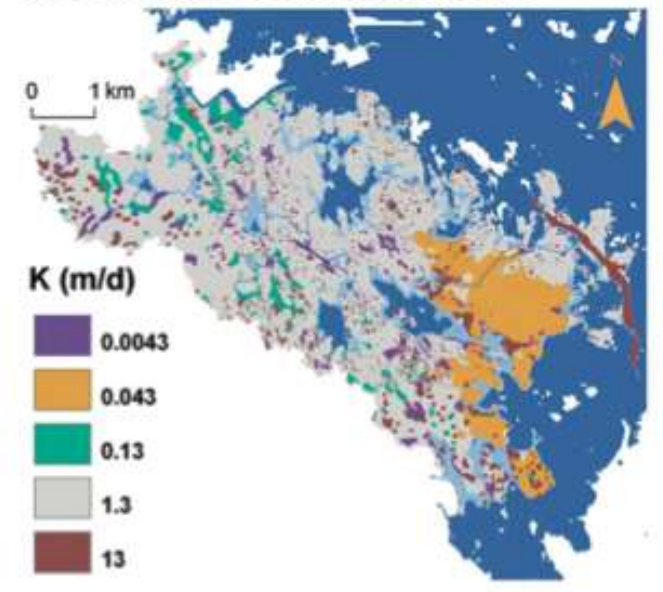
Example pollutants (for which given $\lambda$ is consistent with field observations of $\lambda$ )	Attenuation rate $\lambda$ (yr <sup>-1</sup> )	Attenuation product $\lambda\tau_g$	
		Scenario 1 $\tau_g = 0.73$ yr	Scenario 2 $\tau_g = 6.1$ yr
Polychlorinated biphenyls (PCBs) <sup>(1)</sup> , benzene <sup>(anaer; 2,3)</sup> , ethylbenzene <sup>(anaer; 2,3)</sup> , toluene <sup>(anaer; 2,3,4)</sup> , m,p,o-xylene <sup>(anaer; 2,3)</sup> , vinyl chloride <sup>(anaer; 2,3)</sup> , trichloroethene <sup>(anaer; 2,3)</sup> , naphthalene <sup>(anaer; 2,4)</sup>	$\leq 0.014$	$\leq 0.01$	$\leq 0.1$
Polychlorinated biphenyls (PCBs) <sup>(1)</sup> , zinc <sup>(5,6)</sup> , phosphorus <sup>(7)</sup> , benzene <sup>(anaer; 2,3,8,9)</sup> , ethylbenzene <sup>(anaer; 2,3,9)</sup> , toluene <sup>(anaer; 2,3,4)</sup> , m,p,o-xylene <sup>(anaer; 2,3)</sup> , vinyl chloride <sup>(anaer; 2,3)</sup> , trichloroethene <sup>(anaer; 2,3)</sup> , naphthalene <sup>(anaer; 2,4)</sup> , acenaphthylene <sup>(anaer; 4)</sup>	0.14	0.1	1
Cadmium <sup>(5)</sup> , copper <sup>(5)</sup> , zinc <sup>(5,6)</sup> , phosphorus <sup>(7,10)</sup> , nitrogen <sup>(10)</sup> , benzene <sup>(2,3,4,8,9,11)</sup> , ethylbenzene <sup>(2,3,9,11)</sup> , toluene <sup>(2,3,4,11,12)</sup> , o-xylene <sup>(2,3,11)</sup> , m,p-xylene <sup>(2,9,11)</sup> , vinyl chloride <sup>(2,8)</sup> , trichloroethene <sup>(2,8,11)</sup> , naphthalene <sup>(2,4,11)</sup> , acenaphthylene <sup>(4,12)</sup> , fluoranthene <sup>(11)</sup>	1.4	1	10
Benzene <sup>(aer; 3,9,11)</sup> , toluene <sup>(2,3,11,12)</sup> , ethylbenzene <sup>(2,3,12)</sup> , m,p,o-xylene <sup>(2,3,4,9,11,12)</sup> , vinyl chloride <sup>(2,3)</sup> , trichloroethene <sup>(2,3,11)</sup> , naphthalene <sup>(2,12)</sup> , acenaphthylene <sup>(12)</sup> , acenaphthene <sup>(12)</sup> , anthracene <sup>(12)</sup> , fluoranthene <sup>(4,12)</sup>	14	10	100
Benzene <sup>(aer; 3,12)</sup> , toluene <sup>(aer; 3,11,12)</sup> , ethylbenzene <sup>(aer; 3)</sup> , trichloroethene <sup>(aer; 3,11)</sup> , vinyl chloride <sup>(aer; 3)</sup>	140	100	1000
Benzene <sup>(aer; 3)</sup> , toluene <sup>(aer; 3,11)</sup> , ethylbenzene <sup>(aer; 3)</sup>	$\geq 1400$	$\geq 1000$	$\geq 10\ 000$

<sup>(aer)</sup>Mainly relevant for aerobic conditions, <sup>(anaer)</sup>Mainly relevant for anaerobic conditions.

# Scenarioanalys av **diffusa utsläpp**:

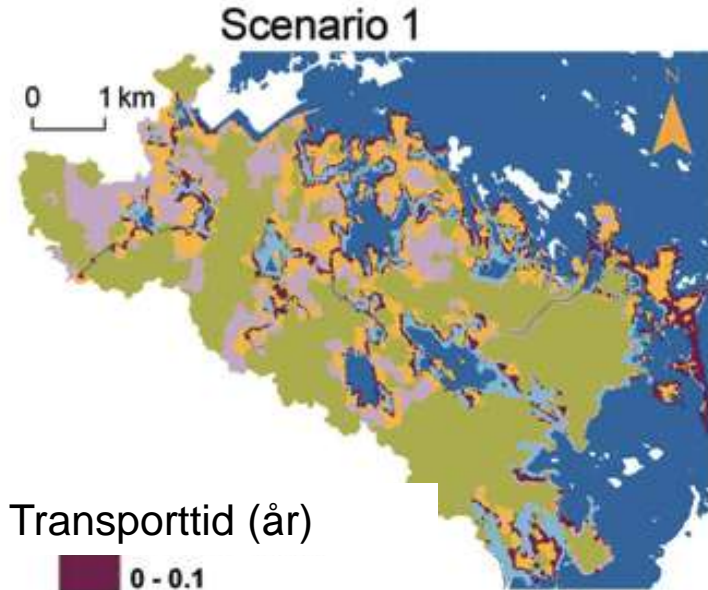


### Spatial distribution of transport-encountered $K$ in scenario 2:

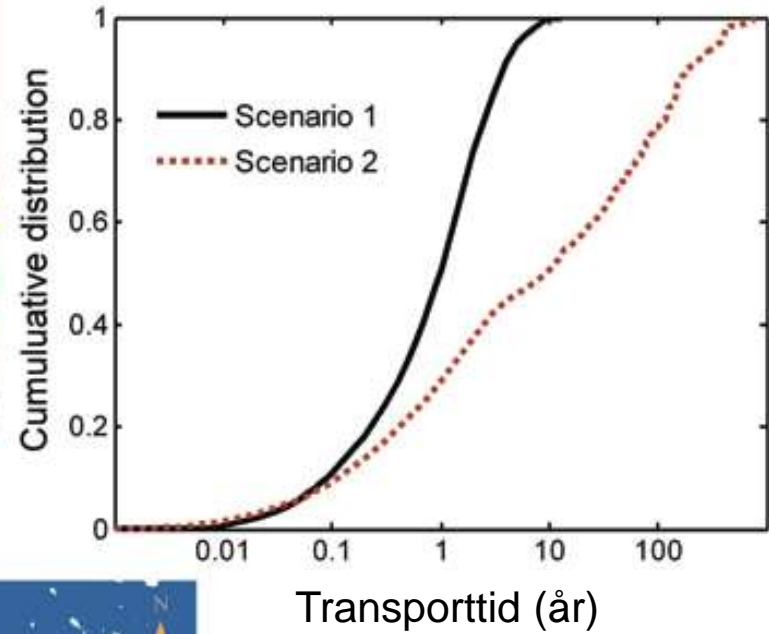
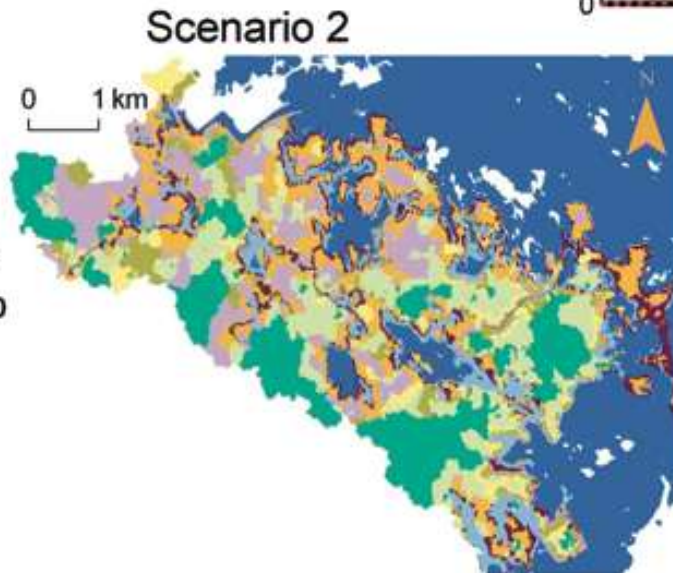
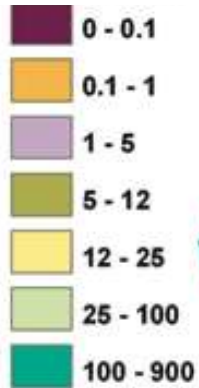




# Scenarioanalys för diffusa utsläpp:

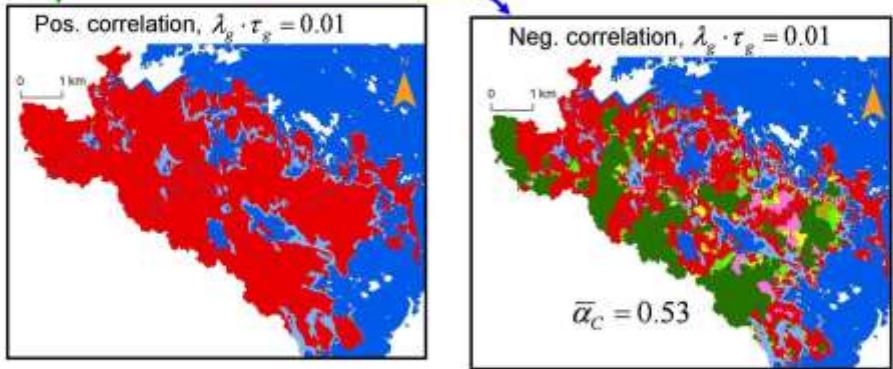
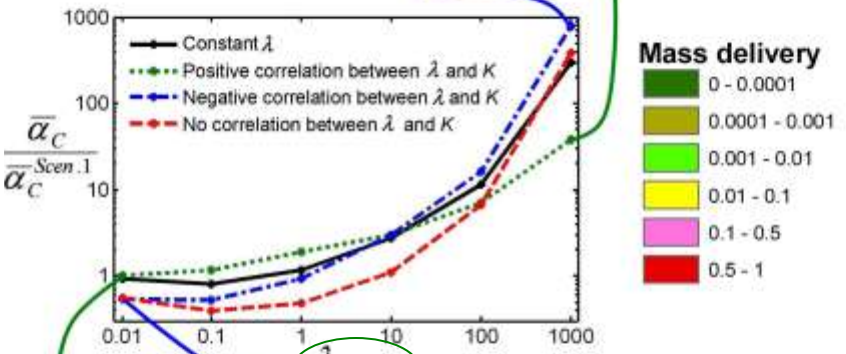
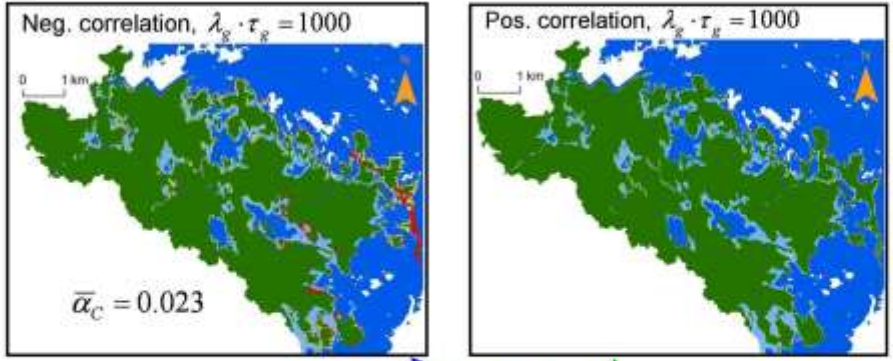


Transporttid (år)



Med **variabilitet och osäkerhet** i både **transporttider & självreningshastigheter** och olika **korrelationer** mellan dem

**Kartor:** Föroreningsbelastning på nedströms vatten relativt källmission



**Graf:** Föroreningsbelastning på nedströms vatten i **scenario 2** – med stor fysisk variabilitet – relativt **scenario 1**

Föroreningstyp

Identifierar

- Konservativa antaganden
- Hotspots där åtgärder behövs mest / gör störst nytta

# Slutsatser

- Vi kan och bör hydrologiskt räkna med, planera och förbereda för mer eller mindre kända och osäkra föroreningsutsläpp, med variationer, förändringar och oförutsedda händelser
- Detta måste göras nu – innan oförutsedda händelser och/eller ackumulerade föroreningseffekter hinner göra irreversibel skada
- Scenarioanalys och sannolikhetsberäkningar identifierar konservativa antaganden och hotspot-zoner, där snabba skydds/återställningsåtgärder behövs mest och är mest effektiva