
Pesticider i betydende magasiner.
Koncepter for forståelse og
risikovurdering af pesticidforurening fra
punktkilder

Lotte Banke - Region Midtjylland
Søren Rygaard Lenschow - NIRAS

9. Marts 2022

Region Midtjyllands bevæggrund for projekt

RM's baggrund for projektet

Erfaringsopsamling ud fra afsluttede pesticid undersøgelser 2014-2018

Formål

At få et bedre et beslutningsgrundlag for bedre risikovurdering ved fund af pesticider i grundvand.

Problemstilling

Pesticider og dets transport i forskellig lithologi

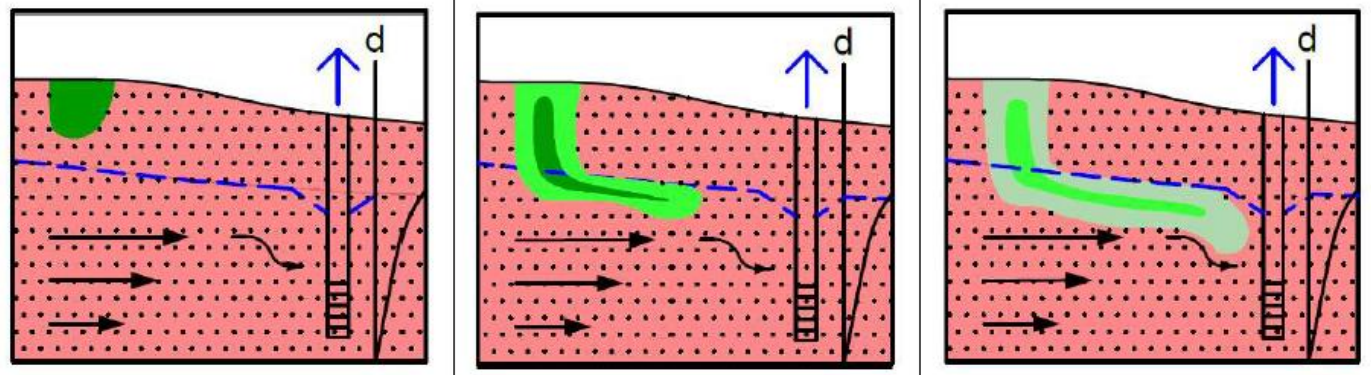
Projektets effekt

Bedre grundlag til vurdering om hvorvidt pesticidforureninger udgør en risiko for grundvandsmagasiner.



Agenda

- Baggrund og formål
- Inspirationskatalog
- Konceptuelle modeller
- Risikovurdering
- Perspektiver og implementering



Baggrund og formål

NIRAS's opgave

Fase 1 (afsluttet 2019)

- Erfaringsopsamling, 80 lokaliteter
- Vurdering af påvirkning fra pesticidpunktkilder fra lav og højpermeable lokaliteter

Fase 2 (afsluttet 2021)

- Inspirationskatalog
- Konceptuelle modeller
- Metodikker til risikovurderinger

Inspirationskatalog

Historisk perspektiv

- Anvendelsesperioder
- Regulering (krav til bortskaffelse, sprøjter og indretning vaskepladser)
- Tidsperspektiv/mængder – lang/kort driftstid – lille/stort spild
- Kort, mellem og lang sigt (afh. af grundvandets alder – 20-120 år)

Lavpermeable lokaliteter (moræneler og tertiært ler)

- Geologi - spækker/biosporer vs. matrix transport
- Hydrogeologi - opad- eller nedadrettet gradienter

Højpermeable lokaliteter (smeltvands-/tertiært sand samt kalk)

- Geologi - Kornstørrelsesfordeling – fining upward/downward + kanal dannelser (mæandrerende systemer) samt indslag af lavpermeable lag
- Hydrogeologi – nedbør, gradienter, placering af grundvandskel og indvindingsboringer

Geokemi – nedbrydning og binding (tolkning af spredningsveje)

Pesticidkemi – stofspecifikke egenskaber – binding og nedbrydning

Forskudt tyngdepunkt? – højeste koncentrationer og eller forureningsmasse forekommer nedstrøms punktkilde

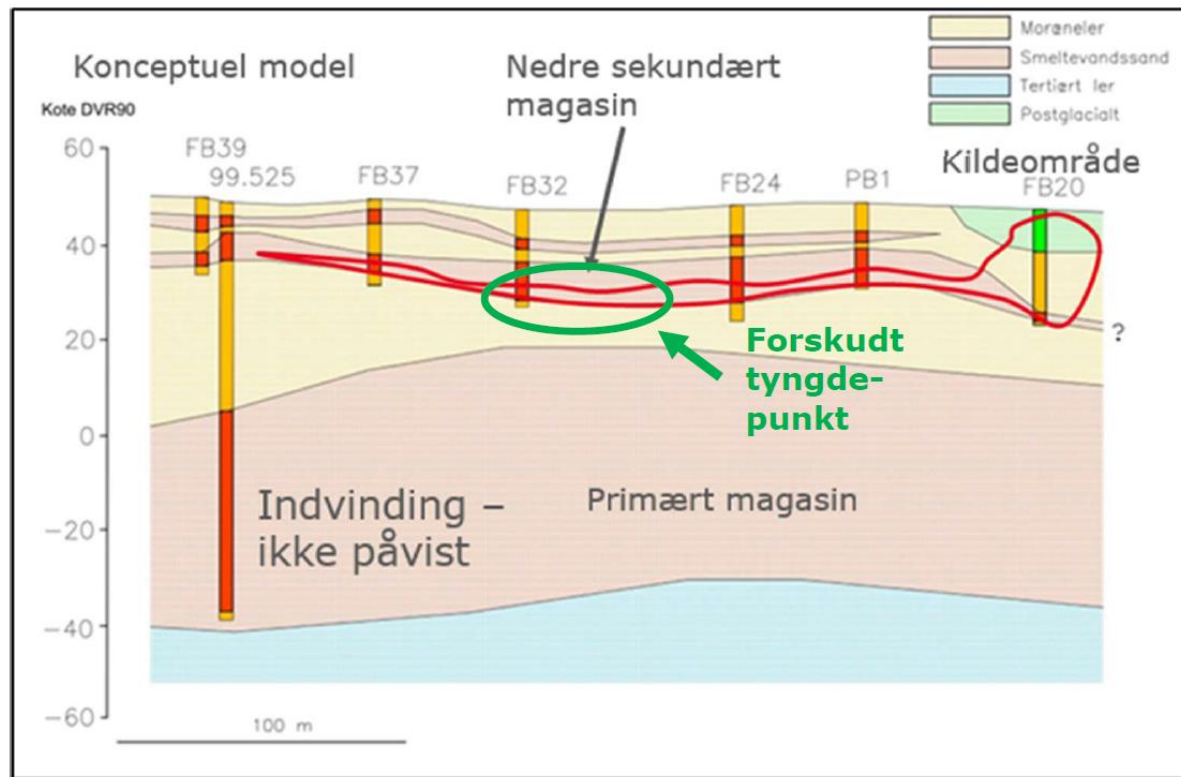
Inspirationskatalog

Forskudt tyngdepunkt

- Forskudt tyngdepunkt - højeste koncentrationsniveau og/eller væsentlig forureningens masse forekommer nedstrøms oprindelige kildeområde (punktkilde)
- Kan forekomme både horisontalt (grundvandsmagasin) og vertikalt (lerdække)
- Observeret for bl.a. desphenyl-chloridazon, bentazon, phenoxy-syrer og triaziner

Eksempel: *Konceptuel model for udbredelse af pesticid (bentazon) i sekundært magasin for lokalitet med drift af maskinstation i Århus Kommune, Region Midtjylland.*

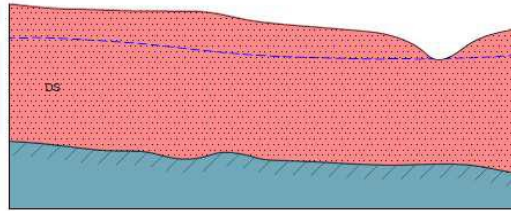
Højeste koncentrationer af bentazon forekomme 200 m nedstrøms kildeområde



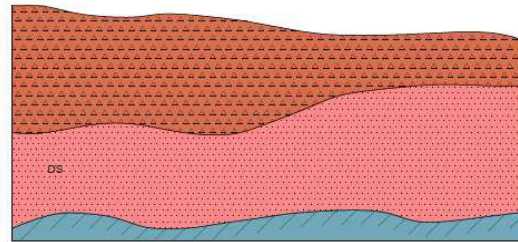
Konceptuelle modeller

Arketyper – tilpasset Region Midtjylland

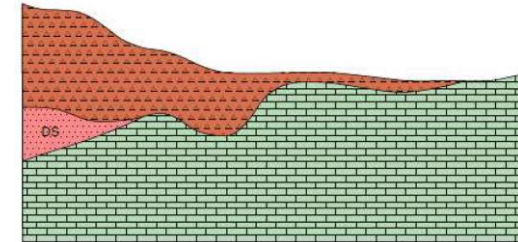
“Zoneopdelt grundvandsbeskyttelse, Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 14 1995”



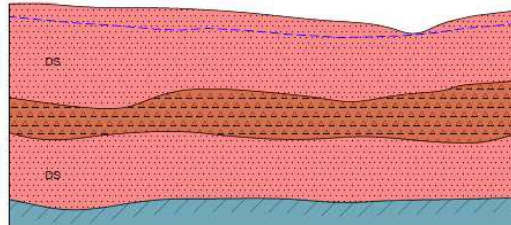
1A - Hedeslette



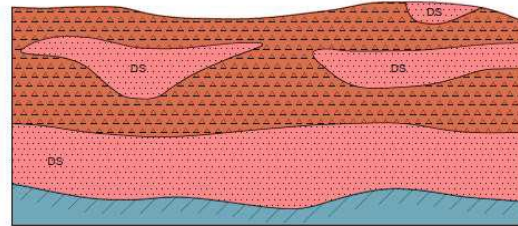
2A - "Øst Danmark"



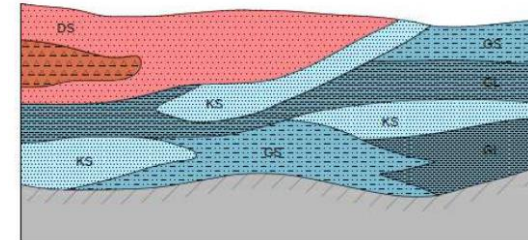
3C- Limfjorden/Djursland



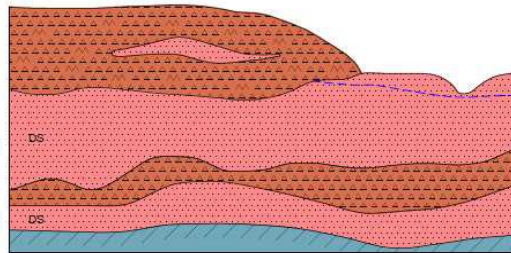
1B - Hedeslette



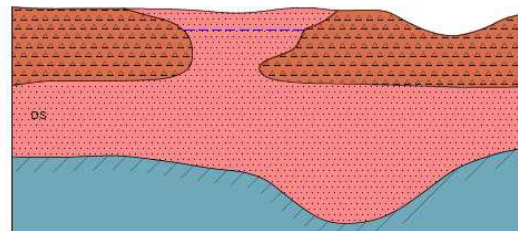
2B - "Øst Danmark"



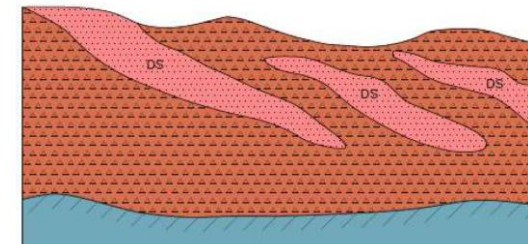
4 - Midtjylland



1C - Bakkeå



2C - "Århus"

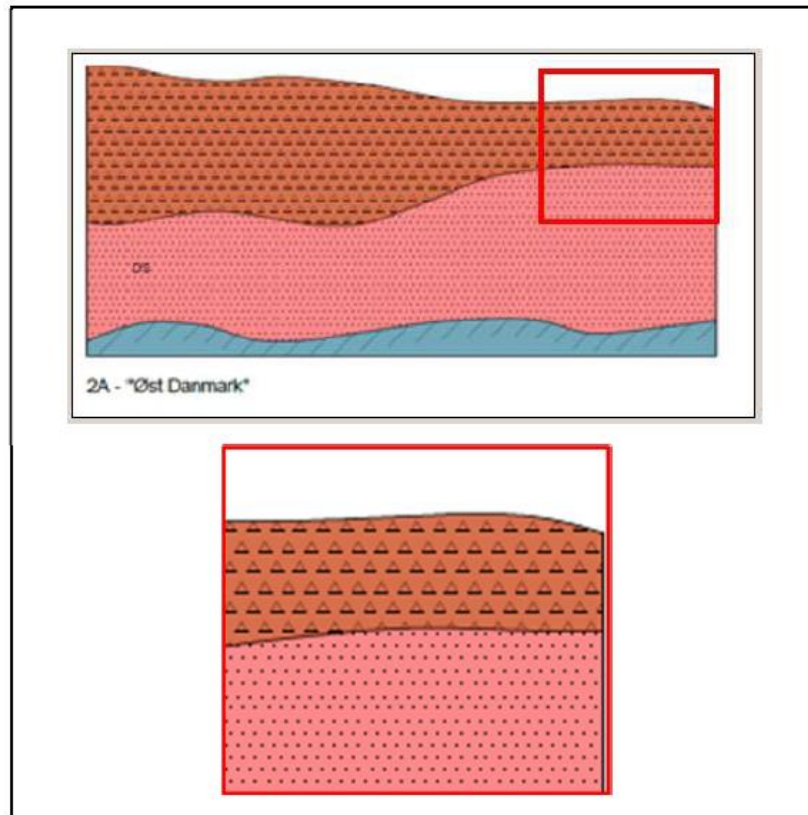


5 - Randmoræne

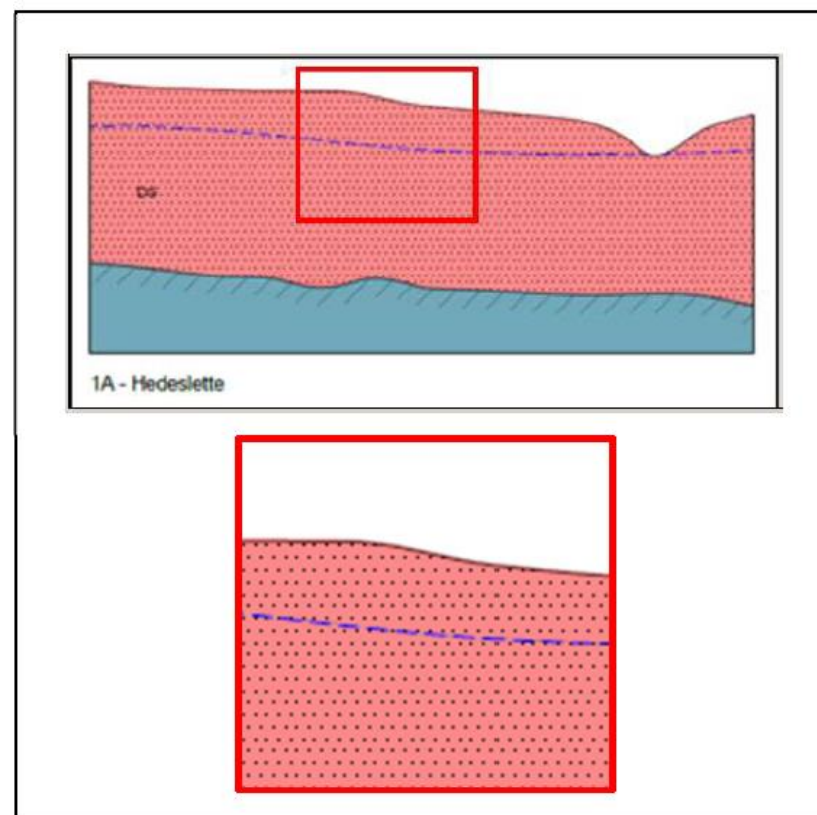
Konceptuelle modeller

Tilpasset lokale punktkilder

Arketype for Østdanmark og
konceptuel model for lavpermeabel
lokalitet med lerdække

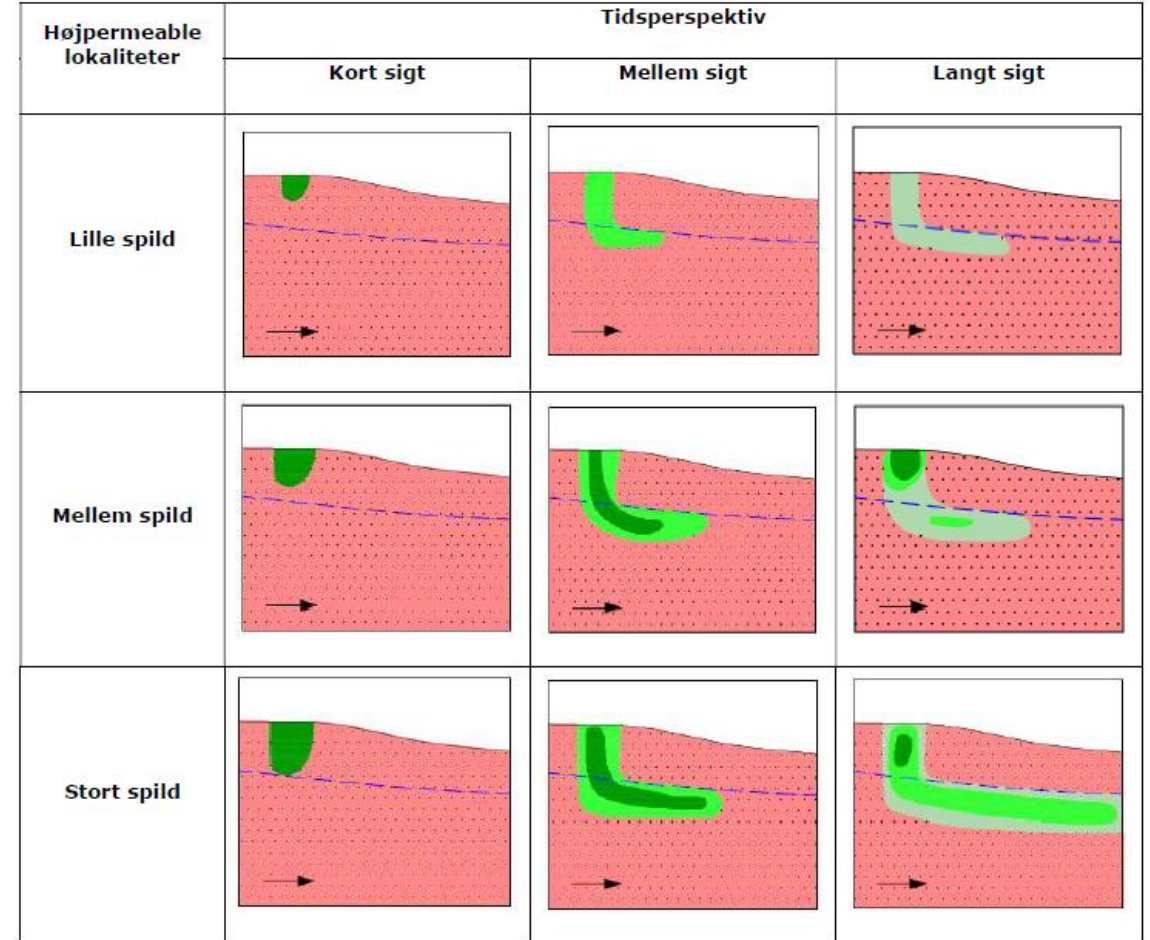
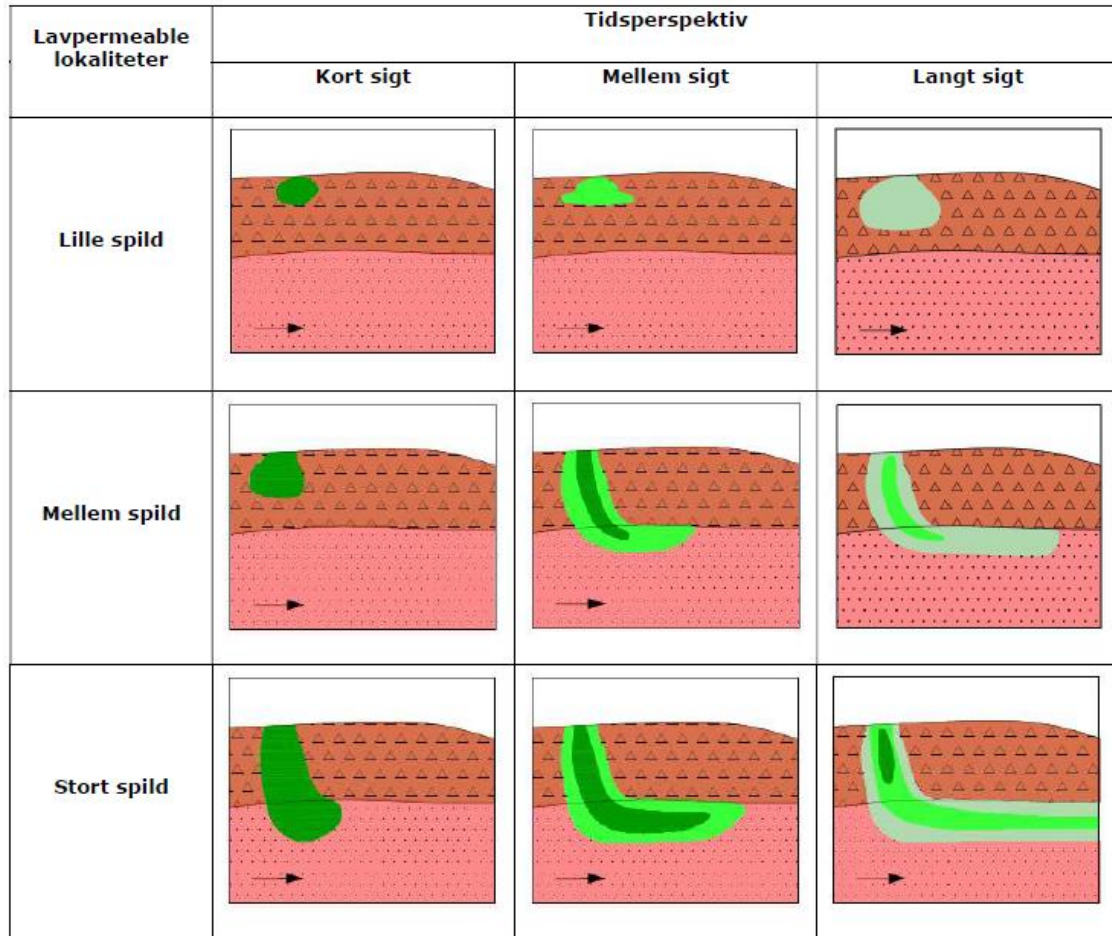


Arketype for Hedeslette og
konceptuel model for højpermeabel
lokalitet



Konceptuelle modeller – eksempler

Illustration og eksemplificering af tidsperspektiv

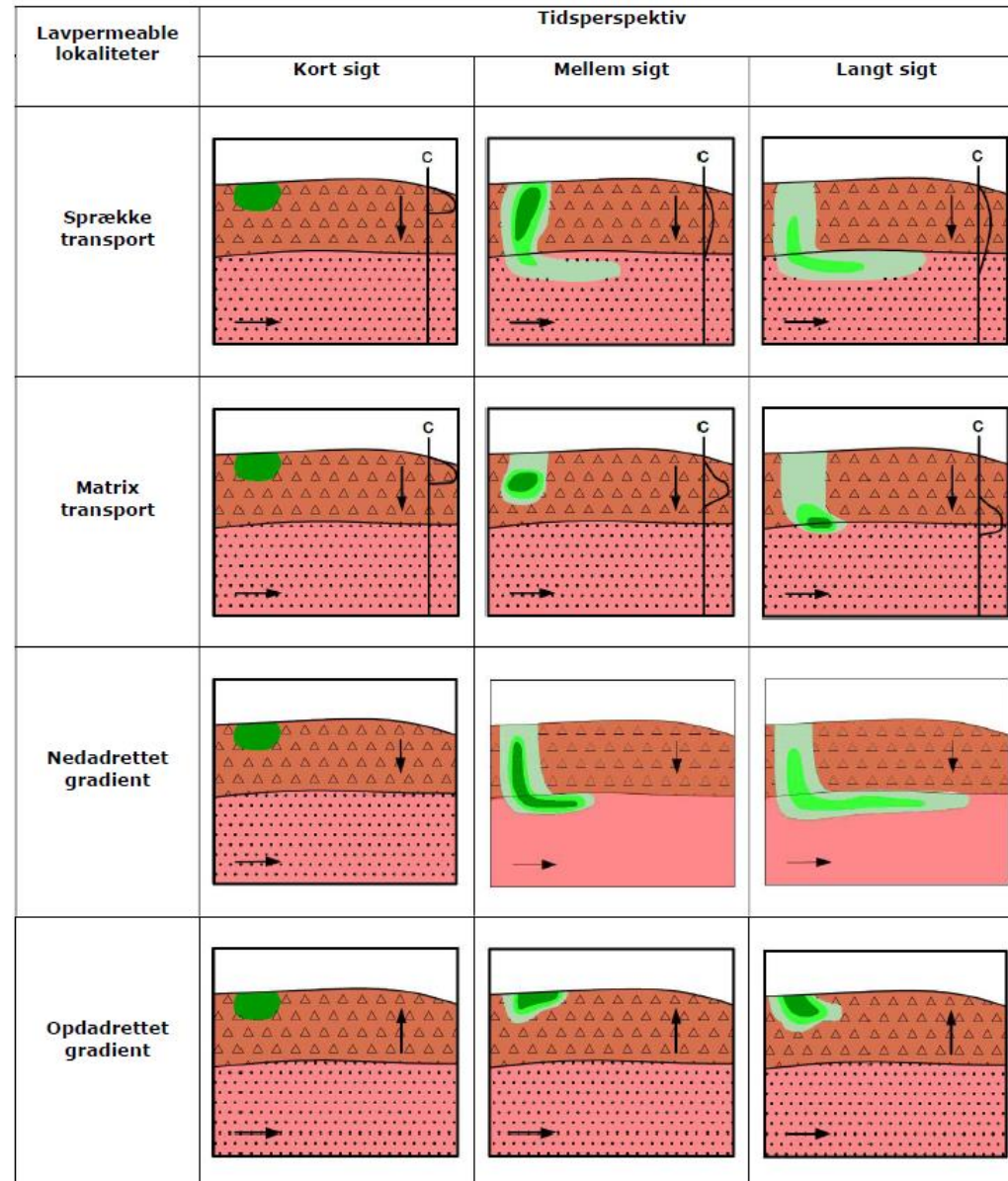


Konceptuelle modeller - eksempler

Geologi og hydrogeologi

Lavpermeable lokaliteter

- Sprækketransport
- Matrixtransport
- Opadrettet/nedadrettet gradient

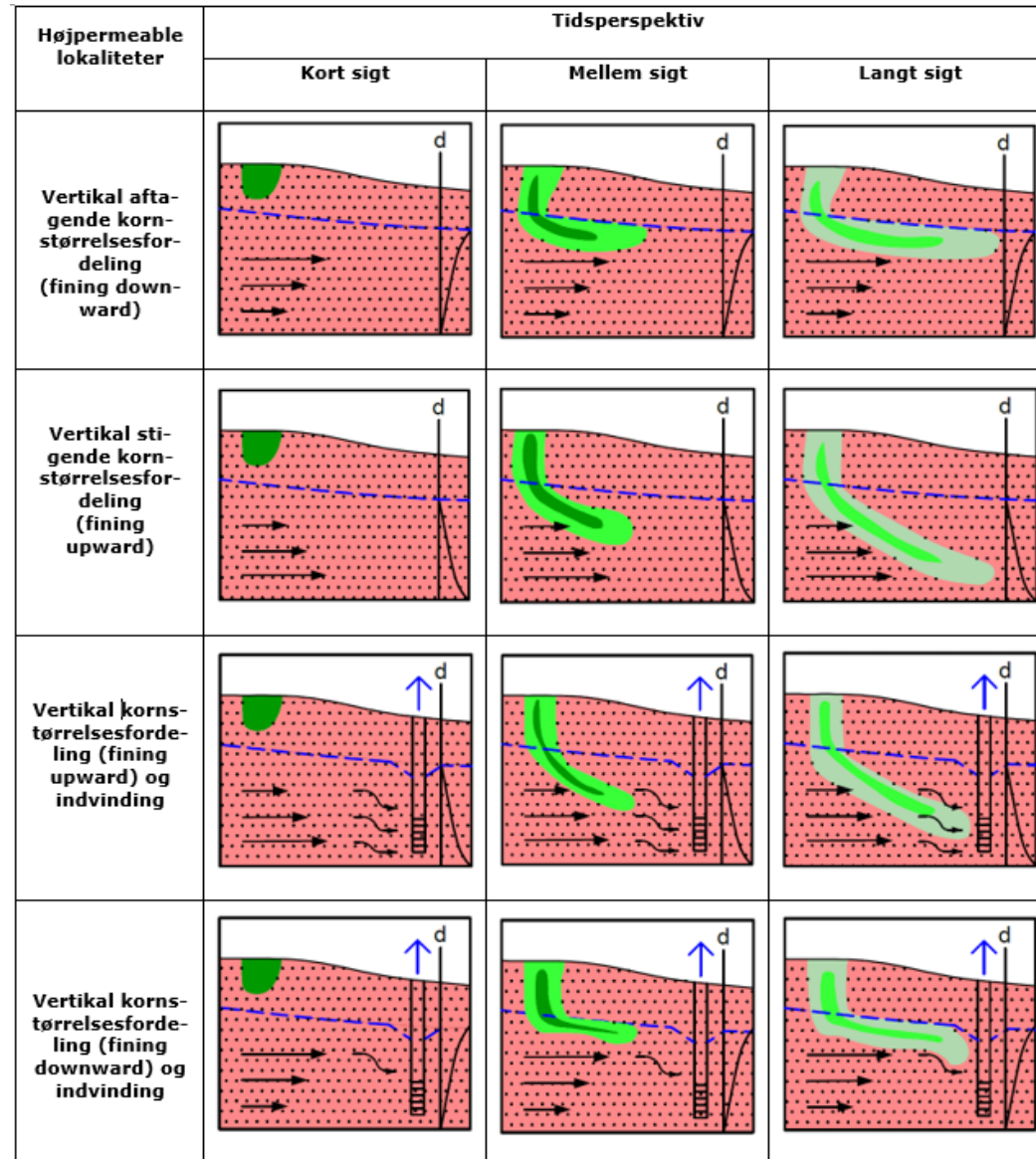


Konceptuelle modeller - eksempler

Geologi og hydrogeologi

Højpermeable lokaliteter

- Vertikal kornstørrelsesfordeling (fining upward/downward)
- Indvinding

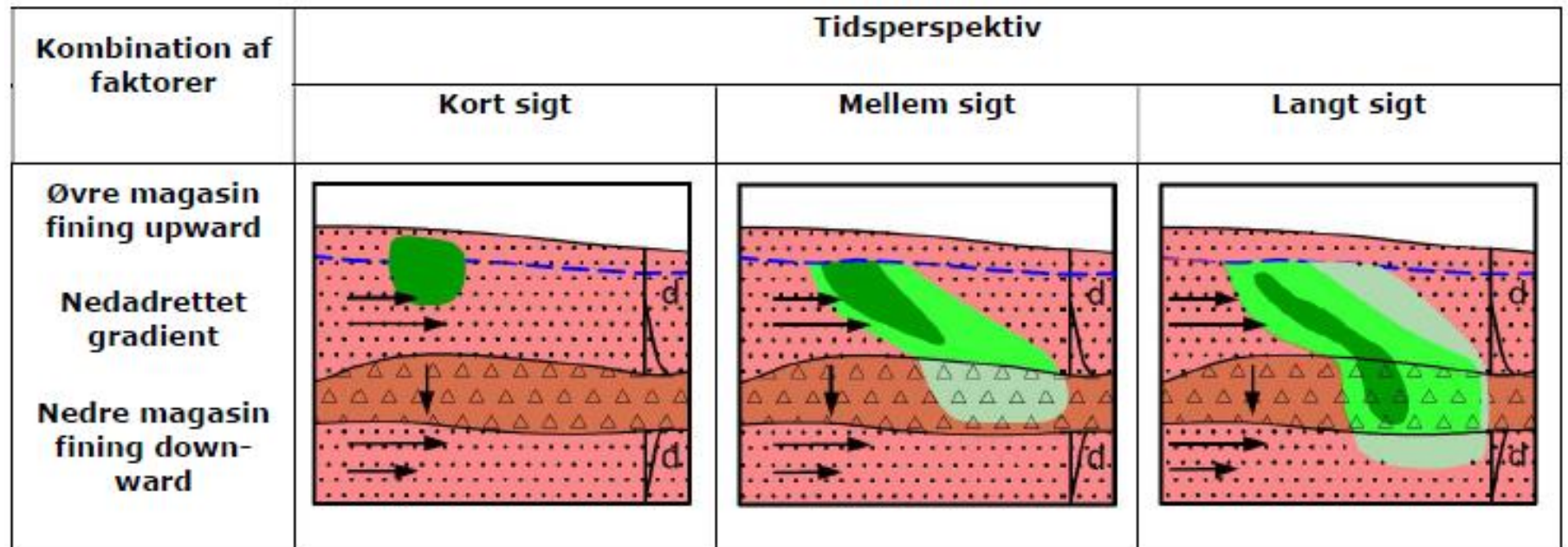


Konceptuelle modeller - eksempler

Geologi og hydrogeologi – lav- og højpermeabel

Kombination af faktorer

- Høj og lavpermeable forhold
- Vertikal kornstørrelsesfordeling (fining upward/downward)
- Nedadrettet gradient



Guideline for risk assessment

Generelt

- Bruge data (regionale og lokale)
- Vurdere tidsperspektiv og risiko for forskudt tyngdepunkt
- GrundRisk
- Massetransport – masseflux

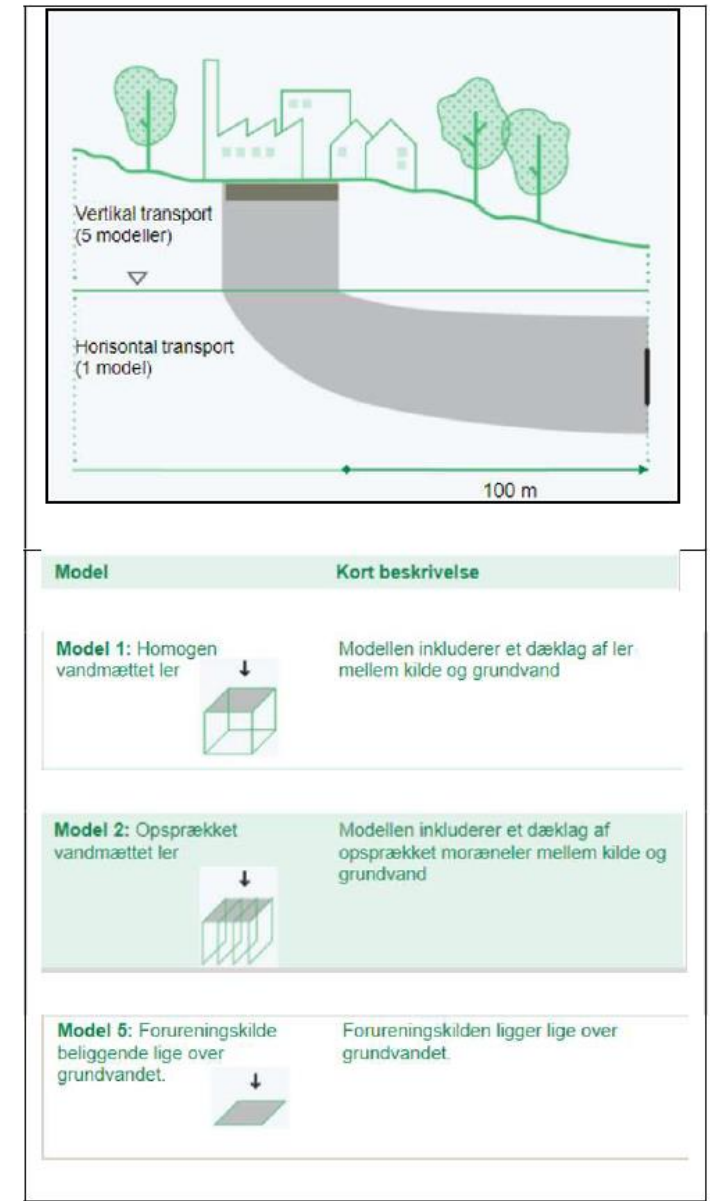
- Vurdering af risiko 100 m nedstrøms punktkilde
- Masseflux vurderes i forhold til grundvandsressource hhv. konkret indvinding

Indledende undersøgelser

- Lavpermeable lokaliteter
- Højpermeable lokaliteter

Videregående undersøgelser

- Lavpermeable lokaliteter
- Højpermeable lokaliteter



GrundRisk (Miljøstyrelsen 2020)

Risikovurdering - Indledende undersøgelser

- Lavpermeable lokaliteter

Der skelnes mellem, om vandprøver er udtaget fra lerdække (1) eller fra underliggende grundvandsmagasin (2).

Vurdering af vandprøver fra lerdække (1):

- Vurdering af tykkelse af lerdække, tidshorisont (hvornår var punktkilden aktiv) samt vertikale gradienter i risikovurdering
- Beregning af vertikal masseflux ved brug af nedsivning og koncentration
- Vurdering af risiko for forskudt tyngdepunkt (vertikalt gennem lerdække)

Vurdering af vandprøver fra underliggende grundvandsmagasin (2):

- Estimering af horisontal masseflux (simpel beregning på baggrund af eksisterende viden)
- Vurdering af risiko for forskudt tyngdepunkt (horisontalt i underliggende magasin)
- Vurdering af kildestyrke i overliggende lerlag

Risikovurdering masseflux

Indledende undersøgelser - Lavpermeable lokaliteter

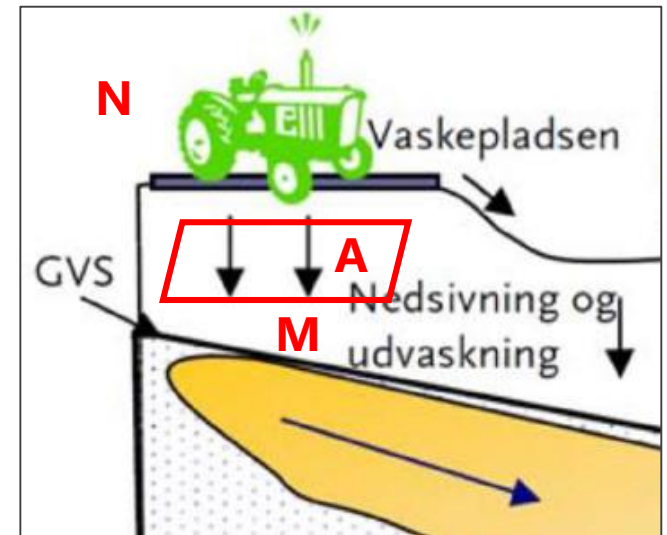
Beregning af vertikal masseflux

- Vandprøver fra lerdække/mindre afgrænsede sekundære magasiner

$$M = C * A * N$$

Hvor:

- C er målt koncentration af pesticider/nedbrydningsprodukter ved punktkilde. Beregning for 1 eller flere parametre herunder specifikke stoffer eller sum af pesticider. Evt. bestemmes C ved gennemsnit af flere boringer.
- Areal A som koncentration C fra boring/boringer repræsenterer. Kan være område med f.eks. vaskeplads, gårdsplads mv.
- Grundvandsdannelse/infiltration (N) til underliggende magasin. Hentes om muligt fra statens grundvandskortlægning.



Miljøstyrelsen, 2011

Risikovurdering forskudt tyngdepunkt

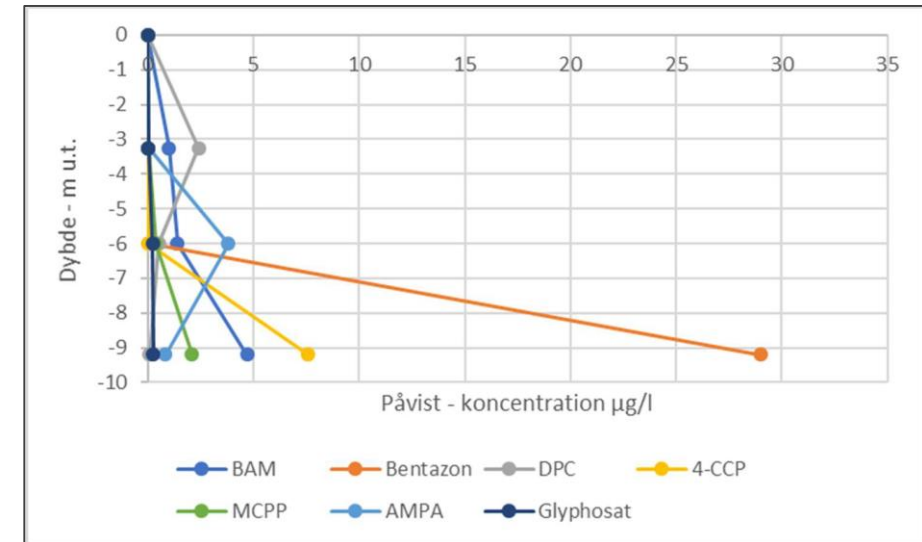
Indledende undersøgelser - lavpermeable lokaliteter

Vurdering for forskudt tyngdepunkt (vertikalt gennem lerdække)

Opmærksomhedspunkter, som kan gennemgås, hvis data foreligger:

- Geologi og hydrogeologi
- Koncentration og forurenings sammensætning
- Evt. vertikale koncentrationsgradienter
- Tidsperspektiv – hvornår var punktkilden i drift
- Vurdering af opholdstid for forurenings spredning

Eksempel: Optegning af vertikale koncentrationsprofiler ved indledende undersøgelse på lavpermeabel lokalitet



Strømnings hastigheden v og tidsforløbet t for gennembrud af pesticider ved matrixtransport gennem lerlag:

$$v = N/e_{\text{eff}}$$

$$t = h/v$$

N : Nettonedbør, e_{eff} : Effektiv porøsitet (oftest tabelværdi), h er tykkelse af lerlag

OBS på sprækketransport som giver et hurtigere gennembrud

Risikovurdering

Indledende undersøgelser – højpermeable lokaliteter

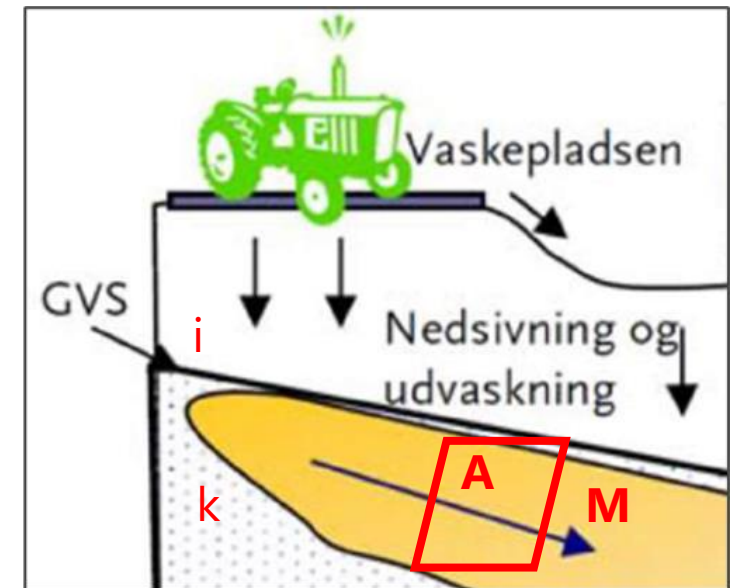
Der er opstillet forslag til metode for risikovurdering jf. følgende punkter:

- Estimering af horisontal masseflux (simpel beregning på baggrund af eksisterende viden)
- Vurdering af risiko for forskudt tyngdepunkt (horisontalt i underliggende magasin)
- Vurdering af kildestyrke i overliggende umættet zone (såfremt der forekommer et tyndt dæklag eller umættet sand).

Estimat for masseflux (Darcy's lov):

$$M = C * Q = C * k * A * i$$

C: Målt koncentration, Q vandflow gennem tværsnitsareal,
A: areal ved bredde og dybde, k: hydraulisk ledningsevne (tabel)
i: hydraulisk gradient (pejledata eller regionalt potentialekort)



Miljøstyrelsen, 2011

Risikovurdering

Videregående – lavpermeable lokaliteter

De skeles mellem om vandprøver er udtaget fra lerdække (1) eller fra underliggende grundvandsmagasin (2).

Vurdering af vandprøver fra lerdække (1):

- Optegning af vertikale koncentrationsprofiler med henblik på vurdering af transportmekanismer (matrix eller sprækketransport) og forskudte tyngdepunkter.
- Beregning og/eller modellering af vertikal masseflux ved brug af nedsivning og koncentration.
- Endvidere indgår tykkelse af lerdække, tidshorisont (hvornår var punktkilden aktiv) samt vertikale gradienter i risikovurdering.

Vurdering af vandprøver fra underliggende grundvandsmagasin (2):

- Vurdering af afgrænsning og spredningsmønster af forurening i grundvandsmagasin.
- Evt. bestemmelse af horisontal masseflux gennem kontrolplan (transektmetoden).
- Tykkelse af overliggende lerdække, tidshorisont (hvornår var punktkilden aktiv), vurdering af tidshorisont for udvaskning fra overliggende lerdække, vertikale gradienter i risikovurdering og potentiale for fanedykning.

Risikovurdering

Videregående – højpermeable lokaliteter

Risikovurderingen omfatter:

- Vurdering af afgrænsning og spredningsmønstre af forurening i grundvandsmagasin.
- Endvidere indgår tidshorisont (hvornår var punktkilden aktiv), vertikale gradienter, risiko for fanedykning i risikovurdering.

Detaljeret risikovurdering pga. større datagrundlag: Analysedata, geokemi, geologiske og hydrogeologiske oplysninger inkl. målinger af hydraulisk ledningsevne, pejleserier, datalogging af boringer og oplysninger om indvindingsforhold (boringer, vandmængder, driftsforhold, indvindingsopland mv.).

Er der udført prøvetagning langs strømningsretningen ved undersøgelsen, vurderes resultaterne i forhold til fortynding, nedbrydning mv. samt evt. forekomst af forskudt tyngdepunkt.

Estimat af masseflux ved f.eks. transektmetode.

Risikovurdering - Masseflux

Videregående undersøgelser – højpermeable lokaliteter

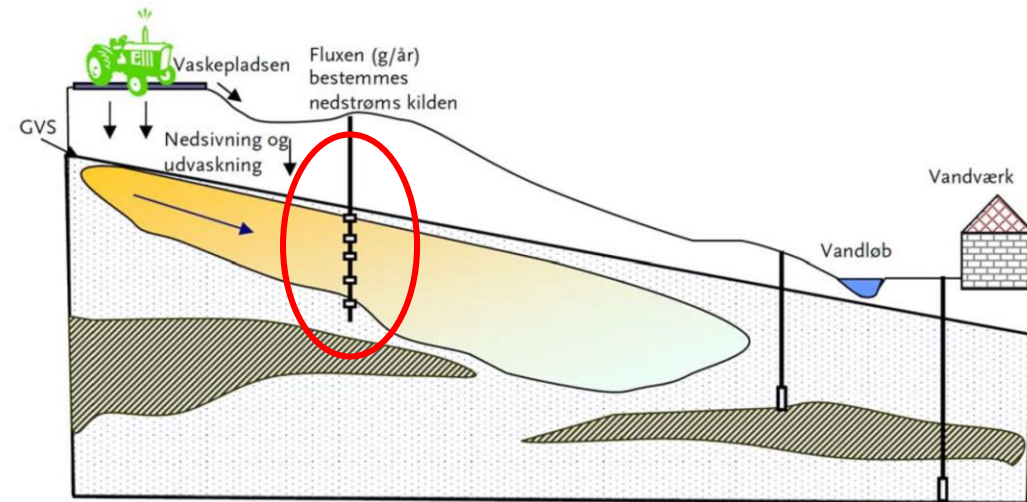
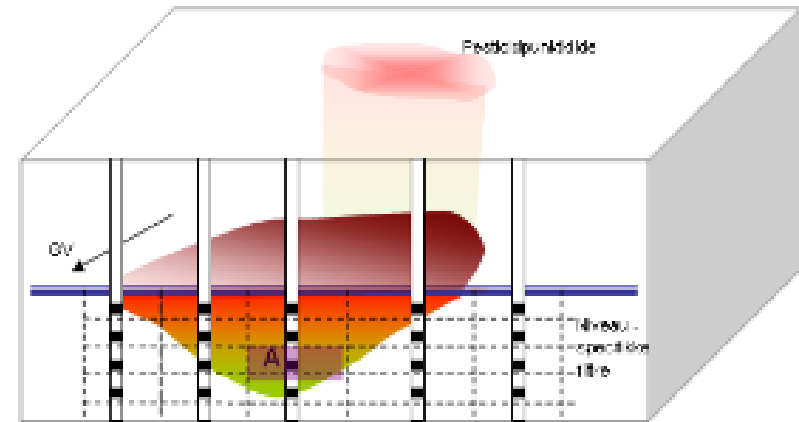
Masseflux – transektmetoden

$$M = C_1 * Q_1 + C_2 * Q_2 + \dots + C_x * Q_x$$

Hvor $Q_1 = k_1 * A_1 * i$

GSI MASSFLUX TOOLKIT (freeware)

Fokus på bestemmelse af gradient og hydraulisk ledningsevne k for lokalitet



Princip i bestemmelse af masseflux ved transektmetoden. Konceptuel model for fluxbestemmelse ved pesticidpunktkilder (Miljøstyrelsen, 2011)

Perspektiver og implementering

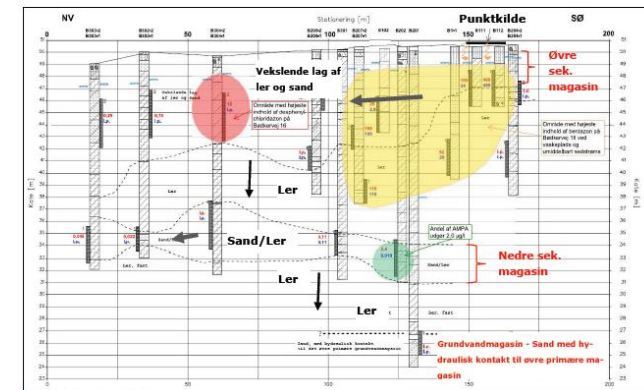
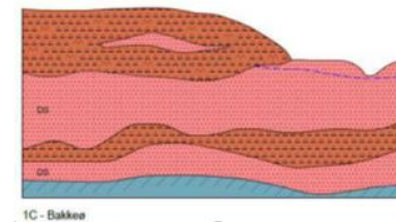
Har RM ændret undersøgelsestilgang grundet projekt

Bruger flere ressourcer på IU/VG arbejde, da pesticid undersøgelser kræver geologisk/hydrogeologisk forståelse i ikke kun terrænnære lag.

- Indledende undersøgelser flere dybe boringer
- Dybe boringer (sammenhængende velydende magasin)

Konceptuel forståelse vigtigt

- Start opsættelse af forståelsesmodel ud fra Arketyper
- Uddybes med indkommen data → Konceptuel model



Undersøgelsesmetoder til bedre forståelse af geologi/hydrologi

- Geofysik (område med kompliceret geologi, til hjælp ved boringsplacering)
- Geoprobe (HPT, Slugtest, vandprøvetagning i flere intervaller)
- Boringer (evt. niveauspecifik prøvetagning, "sigtekornsanalyser")

Perspektiver og implementering

Forventningsafstemning vedr. opgaver, et godt samarbejde mellem Rådgiver og Region. Giver bedst value for money.

- Resultaterne fra rapporten inddrages aktivt.
- Arketyper/konceptuelle modeller bruges altid i risikovurderingen.

Har vi lært noget??

- Geologien er afgørende for risikovurderingen. Det kan dog ikke på baggrund af geologi (arketype) på forhånd afgøres om pesticidforurening udgør en risiko eller ej
- Den grundlæggende geologiske forståelse fra rapporten er også relevant for andre stoffer end pesticider

