



Miljøministeriet
Naturstyrelsen

Kategorisering af klimarobuste risiko- vurderinger af jord- forureninger

Forprojekt

Titel:

Kategorisering af klimarobuste risikovurderinger af jordforureninger

Forfattere:

Sandra Roost, Orbicon A/S
Katerina Tsitonaki, Orbicon A/S
Jens Asger Andersen, Orbicon A/S
Jacob Birk Jensen, NIRAS A/S
Jacob Skødt Jensen, NIRAS A/S
Astrid Zeuthen Jeppesen, NIRAS A/S

Udgiver:

Naturstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø
www.nst.dk

År:

2016

ISBN nr.

87-7175-546-2

Ansvarsfraskrivelse:

Naturstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Naturstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Naturstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Naturstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

Indhold	3
Forord.....	5
Sammenfatning	6
Summary	11
1 Baggrund, formål og ramme.....	16
1.1 Baggrund	16
1.2 Projektets formål.....	16
1.3 Målgruppe	19
1.4 Strategi for projektet.....	19
1.5 Ramme og afgrænsning	20
1.6 Definitioner	23
2 Risikovurdering af jordforurening	25
2.1 Risikovurdering af jordforureninger	25
2.2 Typologier	27
2.3 Forureningsstoffer	31
3 Betydende klimaelementer	36
3.1 Antagelser og metode	36
3.2 Ændret vandbalance	37
3.3 Øget havvandstand og stormflodshøjde	43
3.4 Ændrede temperaturforhold	44
3.5 Menneskeskabte tiltag som følge af klimaforandringer	44
3.6 Opsummering af klimaforandringer og menneskabte tiltag.....	46
4 Risikoindikatorer til analyse af robusthed	47
4.1 Antagelser i forhold til risikoindikatorerne	47
4.2 Risikoindikatorer i forhold til klimaelementer og modelstoffer	48
4.3 Øvrige anvendte data til analyse af robusthed.....	56
4.4 Samlet vurdering af risikoindikatorer på lokalitetsniveau.....	56
5 Landsdækkende screening	59
5.1 Metoden til landsdækkende screening.....	59
5.2 Resultater og kortbilag	60
6 Test af den landsdækkende screening.....	73
6.1 Formål med testen	73
6.2 Metoden og udvælgelse af lokaliteter	73

6.3	Test af typologier og forureningsparametre	74
6.4	Test af klimaelementer	83
7	Konklusion og anbefalinger	88
7.1	Typologier	88
7.2	Forureningsparametre.....	89
7.3	Klimaelementerne.....	90
7.4	Opsamling	93
8	Perspektivering.....	100
8.1	Udvikling af et kategoriseringsværktøj	100
8.2	GIS-temaer og lokale modeller.....	100
8.3	Kortlægning af dræn og kloakker	101
8.4	Kort- eller langvarig påvirkning	101
8.5	Påvirkning fra flere klimaelementer	101
8.6	Påvirkning af robustheden af risikovurderinger over for indeklimate og kontaktrisiko ..	101
8.7	Håndtering af resultaterne	102
Bilag 1	Kvantificering af klimaændringer fra hovedkilder.....	105
Bilag 2	Risikomatricer for grundvand og overfladevand	110
Bilag 3	Klimaelementer	111
Bilag 4	Landsdækkende screening	112
Bilag 5	Gennemgang af testlokaliteter.....	115
Bilag 6	Terrænnært grundvandsspejl.....	123

Forord

Denne rapport er resultatet af et forprojekt under Miljø- og Fødevarerministeriets Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP). Projektet er gennemført af Region Syddanmark, Region Sjælland, Orbicon A/S og NIRAS A/S, som alle har medfinansieret projektet. Der er tale om et forprojekt, som omhandler kategorisering af klimarobuste risikovurderinger af jordforureninger. Formålet har været at skabe overblik over emnet og afprøve rammerne for et landsdækkende robusthedsindeks, som kan udpege, hvilke lokaliteter, der bør undersøges nærmere for at fremtidssikre risikovurderingen af jordforurening med de kommende klimaændringer.

Der er potentielt tre miljømæssige effekter i dette. For det første gælder det, at jo længere tid en forurening, som kan udgøre en risiko, får lov at ligge inden den bliver håndteret, jo mere kan den sprede sig, med u hensigtsmæssige konsekvenser for miljøet, særligt hvis risikoen er øget grundet et ændret klima. For det andet får man en større sikkerhed for, at de afværgeforanstaltninger, som man måtte udføre over for en forurening, er langtidssikrede. Såfremt disse afværgeforanstaltninger ikke er klimasikrede, er der risiko for, at et afværgeprojekt eller et afværgeanlæg er under- eller fejl dimensionerede i forhold til fremtidens forhold. Typisk vil dette først blive opdaget efter en periode, og der kan ske betydelig forureningsspredning i erkendelsesperioden og den efterfølgende periode med ombygning/re-design af anlægget til fremtidens forhold. For det tredje kan en sådan kategorisering af risikovurderinger være med til at sikre en mere fokuseret prioritering af regionernes indsats mod jordforurening.

Projektet er gennemført af en arbejdsgruppe, hvor der i projektets enkelte faser har været udpeget en koordinator, projektmedarbejdere og kvalitetssikrer. I forbindelse med projektet har der ligeledes været tilknyttet en styregruppe, som har deltaget i planlægningsmøder mellem projektparterne samt løbende mailkorrespondance, og styregruppen er dermed blevet inddraget i alle projektets faser. Der har ligeledes været tilknyttet en følgegruppe med repræsentanter fra regionerne, GEUS og kommunalt ansatte med erfaringer i klimatilpasningsplaner. Følgegruppen har deltaget i en workshop, hvor de har givet deres erfaringer med problemstillingen til projektet videre. Nedenfor er listet, hvem der har været tilknyttet projektet og deres rolle:

- Louise Grøndahl, Naturstyrelsen (styregruppe)
- Trine Korsgaard, Region Syddanmark (arbejdsgruppe og styregruppe)
- Jørn K. Pedersen, Region Syddanmark (arbejdsgruppe)
- Hanne Møller Jensen, Region Sjælland (arbejdsgruppe og styregruppe)
- Stella Agger, Region Sjælland (arbejdsgruppe)
- Tommy Bøg Nielsen, Region Sjælland (arbejdsgruppe)
- Sandra Roost, Orbicon A/S (arbejdsgruppe og styregruppe)
- Katerina Tsitonaki, Orbicon A/S (arbejdsgruppe)
- Jens Asger Andersen, Orbicon A/S (arbejdsgruppe)
- Jacob Birk Jensen, NIRAS A/S (arbejdsgruppe og styregruppe)
- Astrid Zeuthen Jeppesen, NIRAS A/S (arbejdsgruppe og styregruppe)
- Jacob Skødt Jensen, NIRAS A/S (arbejdsgruppe)
- Tommy Kofoed, Greve Kommune (følgegruppe)
- Susanne Nørgaard Marcussen, Kolding Kommune (følgegruppe)
- Helle Larson, Region Midtjylland (følgegruppe)
- Niels Døssing Overheu, Region Hovedstaden (følgegruppe)
- Hans Jørgen Henriksen, GEUS (følgegruppe)

Sammenfatning

Regionernes risikovurdering af jordforureninger er baseret på det aktuelle klima og spørgsmålet er, i hvilken grad ændringer i klimaet påvirker robustheden af de risikovurderinger, som foretages. Dette forprojekt har skabt overblik over problemets omfang og afprøvet rammerne for at kategorisere robustheden af risikovurderingerne på de kortlagte lokaliteter på landsplan i god, mellem og ringe robusthed.

Forprojektet er en del af en tre-trins proces, der skal udpege de lokaliteter, som udgør en grundvands- og/eller overfladevandsrisiko, og hvor klimaændringerne vurderes at kunne påvirke robustheden af risikovurderingerne. Trin 1 er en landsdækkende screening, hvor der inddrages eksisterende nationale data. Trin 2 er en mere lokal analyse, som inddrager lokalitetsspecifikke data, der skal tolkes. Trin 3 er en detailanalyse, hvor der evt. kan opstilles en lokal datamodel med hydrogeologi, stoftransport og kørsel af klimascenarier. Forprojektet omfatter trin 1 samt test af trin 2.

I forprojektet er der indsamlet data og gennemført en landsdækkende screening, hvor der indgår forureningsparametre, typologier og kritiske klimaelementer over for jordforurening (trin 1). Resultaterne fra den landsdækkende screening er efterfølgende testet i to kommuner med henblik på at vurdere resultatet af robustheden samt, hvorvidt der kan komme med anbefalinger til forbedring af den landsdækkende screening og anbefalinger til mere lokale analyser (trin 2).

Afgrænsning af projektet

Projektet er afgrænset til at omfatte lokaliteter, som ligger inden for områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og/eller inden for indvindingsoplande til almen vandforsyning samt potentiel overfladevanstruende lokaliteter. Det vil sige, at projektet ikke omfatter klimaændringernes påvirkning af risikoen for uacceptabel afdampning til indeklimaet eller øget kontaktrisiko. Derudover er projektet afgrænset til kun at medtage de negative effekter som følge af klimaændringerne. Det vil sige, at modsatte effekter, som kan være gunstige i forhold til robustheden, ikke er medtaget (f.eks. øget vandføring i et vandløb, som kan give en øget fortynding eller en ændret strømningsretning i grundvandsmagasinet).

Parametre i kategoriseringen

Den landsdækkende screening er baseret på en lang række eksisterende data. *Første delmål* har således været at foretage en opsamling på de eksisterende data og metoder, der er tilgængelige ud fra de forskellige scenarier, der foreligger for klimaændringerne.

Der er taget udgangspunkt i alle nuværende jordforureninger i Danmark, som er registreret som kortlagte lokaliteter på vidensniveau 1 og/eller 2. Der er, på baggrund af en konceptuel forståelse af mulige spredningsveje for forureninger, defineret tre typologier med variation i geologi, hydrogeologi og spredningsveje. Hver jordforurening tilknyttes et ud af ti mulige modelstoffer med tilhørende egenskaber i form af mobilitet, nedbrydningsforhold og forventet forureningsdybde under terræn ved de forskellige typologier.

Der er taget udgangspunkt i et spænd af klimaændringer for at udpege hvilke elementer, der er mest betydende i forhold til spredning og øget udvaskning af en jordforurening. Generelt øget nedbør og deraf øget grundvandsspejl og øget grundvandsdannelse samt højere havvandstand og temperatu-

rer og kraftigere og hyppigere ekstremhændelser omtales som elementer i denne rapport. Der er udvalgt følgende betydende klimaelementer:

- Øget grundvandsdannelse pga. risiko for øget udvaskning af forureningsflux.
- Hævet grundvandsspejl pga. risiko for øget udvaskning af forureningsflux, ændret afdræning, opfugtning af tørre lommer, ændrede redoxforhold, ændret slutreceptor og/eller ændrede strømningshastigheder og –retninger.
- Lokal oversvømmelse pga. risiko for øget udvaskning af forureningsflux og/eller overfladeafstrømning med forurenende stoffer.
- Oversvømmelse langs vandløb pga. risiko for øget udvaskning af forureningsflux og/eller overfladeafstrømning med forurenende stoffer.
- Havvandsstigning pga. risiko for øget forureningsflux og/eller overfladeafstrømning med forurenende stoffer.

Ud over klimaændringer indgår menneskabte tiltag som dræn, kloakker og ledningstraceer også i vurderingen. Klimatilpasning i form af LAR (Lokal Afledning af Regnvand) indgår ligeledes i robusthedsanalysen. Nedsivning af mere regnvand i forbindelse med LAR-projekter kan forårsage stigning i grundvandsspejlet og dermed samme øget risiko, som nævnt ovenfor med hævet grundvandsspejl.

Risikoindikatorer

Ved at kombinere modelstoffer og deres egenskaber med typologier samt de betydende klimaelementer, er der opstillet to risikomatricer. Risikomatricerne anvendes i dette projekt på hhv. lokaliteter med en grundvandsrisiko og lokaliteter med en overfladevandsrisiko til at vurdere robustheden af de tilhørende risikovurderinger. Kombinationerne af parametrene i disse matricer udgør de risikoindikatorer, som får betydning for, hvor robust en risikovurdering vurderes at være.

Påvirkningen på grund af øget grundvandsdannelse og hævet grundvandsspejl er inddelt i hhv. stor, mellem og lille. Det samme er foretaget for elementet LAR, da forudsætningerne for påvirkning af robustheden sidestilles med hævet grundvandsspejl.

Resultater fra den landsdækkende screening

Den landsdækkende screening omfatter godt 32.000 lokaliteter, der er kortlagt som forurenede eller mulig forurenede. Knap 12.000 er screenet ift. grundvandsrisiko indenfor OSD (områder med særlige drikkevandsinteresser) og/eller indvindingsoplande til almen vandforsyning, mens godt 3.000 lokaliteter er screenet ift. potentiel overfladevandsrisiko. De resterende lokaliteter ligger uden for disse grundvandsområder og udgør heller ikke en potentiel overfladevandsrisiko. De er dog medtaget for at opnå en vurdering af det samlede omfang af opgaven med at se på, hvor mange risikovurderingers robusthed, der vurderes at blive påvirket. For at kunne gøre dette, er forudsætningerne for grundvandslokaliteterne i et vist omfang koblet på disse lokaliteter også.

Andet delmål med projektet har været at skabe overblik over opgavens forventede omfang, dvs. hvor mange lokaliteter der forventes at blive u hensigtsmæssigt påvirket af klimaforandringer.

Resultatet af den landsdækkende screening er resulteret i, at henholdsvis 12 % af risikovurderingerne viser ringe robusthed, 54 % viser mellem robusthed og 34 % god robusthed som følge af klimaændringerne. Fordelingen af de 12.000 lokaliteter, som ligger inden for OSD og/eller indvindingsoplandene er stort set den samme. 67 % af de 3.000 lokaliteter med jordforurening udgør en potentiel overfladevandsrisiko viser ringe robusthed. Her skal det bemærkes, at der er medtaget lokaliteter, som er vurderet til at udgøre en potentiel overfladevandsrisiko. For grundvandslokaliteterne er alle lokaliteter inden for de geografiske områder, som dækker OSD og/eller indvindingsoplandene medtaget, og dette uden at tage hensyn til, hvorvidt der er vurderet en potentiel grundvandsrisiko fra lokaliteten eller ej.

Øget grundvandsdannelse er det eneste klimaelement, der påvirker lokaliteter med grundvandsrisiko i en sådan grad, at robustheden vurderes at være ringe. I forhold til lokaliteter, som udgør en risiko for overfladevand, er det tilstedeværelsen af LAR, som er udslagsgivende. Desuden giver oversvømmelse langs lavninger og vandløb samt havvandsstigninger en ringe robusthed af risikovurderingerne i forhold til overfladevand. Tendensen er den samme for de lokaliteter, som kommer igennem den landsdækkende screening med en mellem robust risikovurdering over for klimaændringerne.

Test af screeningsresultatet

Det *tredje delmål* har været at teste den landsdækkende screening i forhold til mere lokale forhold i henholdsvis Kolding Kommune og Greve Kommune. Formålet med testen var således at evaluere, hvorvidt screeningen af robustheden af risikovurderingerne var dækkende, herunder om data, parametre og den udarbejdede matrice med risikoindikatorer var fyldestgørende og retvisende i forhold til screeningsresultatet.

Samlet set er der god overensstemmelse mellem de landsdækkende resultater og de resultater der er opnået i lokale data. Grundlaget og forudsætningerne for typologier og modelstoffer med tilhørende egenskaber har vist sig, at være dækkende i forhold til det forventede niveau for en screening. Det vil sige, at de overensstemmelser, der var, bl.a. skyldes begrænsningen i modelstoffer. Denne begrænsning i antallet af modelstoffer gør, at der i flere tilfælde anvendes mere mobile modelstoffer end hvad der reelt er konstateret på lokaliteten. Dette giver en ringere robusthed, hvilket således blot underestimerer vurderingen af robustheden og dermed giver et mere konservativt resultat.

Det var muligt at teste øget grundvandsdannelse, hævet grundvandsspejl og LAR i de to testområder i Kolding og Greve kommuner. For de øvrige klimaelementer var det ikke muligt at udpege egnede lokaliteter til at teste disse. Men for de tre klimaelementer, som blev evalueret i forbindelse med testen i de to kommuner, viste resultatet af screeningen at give et retvisende billede af den forventede robusthed.

På baggrund af resultaterne fra den landsdækkende screening og testen i de to kommuner, har det *fjerde delmål* med projektet været at komme med anbefalinger til trin 2 og 3 i kategoriseringen, som evt. kan indgå i et egentligt screeningsværktøj.

Konklusion og anbefalinger

Generelt ses der en god overensstemmelse med de antagelser og forudsætninger, som ligger til grund for den landsdækkende screening af robustheden af risikovurderinger over for grundvand og overfladevand. Derfor vurderes den landsdækkende screening at give et troværdigt billede af robustheden af risikovurdering over for grundvand og/eller overfladevand på nationalt niveau samt omfanget af den forventede opgave.

For hvert delmål er der opstillet succeskriterier, som vurderes at være helt eller delvist opnået. Succeskriteriet for det første delmål, var at sikre at indsamlingen af eksisterende data omfattede alle relevante data og at kvaliteten var tilstrækkelig til at indgå i den landsdækkende screening. Succeskriteriet blev opnået, da en test af den landsdækkende screening viste, at omfanget og kvaliteten af data var tilstrækkelig til niveauet for den landsdækkende screening.

Succeskriteriet for det andet delmål var at give et generelt overblik over omfanget af risikovurderinger, der påvirkes af klimaændringerne samt give en frasortering af mindst 20 % af antallet af potentielle lokaliteter på landsplan, som vurderes at have en robust risikovurdering (grønne lokaliteter). Det har været muligt at udarbejde GIS-temaer og risikomatricer, som kunne indgå i screeningen og dermed give et overblik på landsplan. Den landsdækkende screening har vist, at det med de forud-

sætninger og data, der indgår i screeningen, så har det været muligt at frasortere 34 % af de kortlagte lokaliteter med en robust risikovurdering.

Det tredje delmål har været at teste den landsdækkende screening i to mindre områder og på baggrund heraf at komme med anbefalinger til forbedringer af screeningen i trin 1 samt anbefalinger til mere detaljeret analyse i trin 2 og evt. 3. Det har været muligt at opfylde succeskriteriet for validering af den landsdækkende screening. Det har endvidere også været muligt at give et vurdering af, hvor datagrundlaget i trin 1 kan forbedres samt hvilke data, der kan anvendes som input i trin 2 og 3. Det har dog ikke været muligt at foretage en yderligere frasortering af lokaliteter efter testen i pilotområderne således, at der var yderligere 20 % af lokaliteterne, som fik tildelt en robust risikovurdering.

På baggrund af arbejdet med at udpege forureningsparametre, typologier og klimaelementer, er der som del af det fjerde delmål opstillet anbefalinger til dels at forbedre den landsdækkende screening (trin 1) og dels til en mere lokal analyse (trin 2) og detailanalyse (trin 3). Sidstnævnte er dog ikke en del af dette forprojekt.

Parameter	Anbefaling til forbedring af grundlag for screening (trin 1)	Anbefaling til trin 2 og 3 jf. afsnit 1.2
Typologi	God overensstemmelse. Detailniveauet i tre overordnede typer vurderes tilstrækkelig til trin 1.	Data kan forbedres fra Jupiter, rapporter, DK model, lokale modeller mv.
Modelstoffer, mobilitet og nedbrydning	God overensstemmelse. Detailniveauet med 10 modelstoffer vurderes tilstrækkelig til trin 1.	I forbindelse med en detailanalyse, kan konkrete oplysninger om forureningsstofferne og deres egenskaber (mobilitet og nedbrydning inddrages) Derudover skal oplysninger om evt. aktiv eller udført afværge inddrages.
Forureningsdybder	De anvendte antagelser om forureningsdybder vurderes retvisende i forhold til trin 1.	Konkrete oplysninger fra de enkelte lokaliteter skal inddrages.
Øget grundvandsdannelse	Der er i screeningen anvendt en worst case klimascenario med maksimal nedbør (våd scenario). Et mere realistisk scenario kan anvendes. I screeningen er selv meget små ændringer i grundvandsdannelse 0-25% tildelt en effekt. Det vurderes at der burde sættes en nedre grænse, eks. 20% før ændringer tildeles en effekt.	Input fra lokale grundvandsmodeller kan forbedre datagrundlaget.
Hævet grundvandspejl	Anvendelse af et mere realistisk klimascenario og evt. anvendelse af en nedre grænse før stigningen tildeles en betydende effekt.	Input fra lokale grundvandsmodeller samt lokale oplysninger om kloak, dræn mv bør inddrages.

Parameter	Anbefaling til forbedring af grundlag for screening (trin 1)	Anbefaling til trin 2 og 3 jf. afsnit 1.2
Beregnet øvre grundvandsspejl	Der er i projektet udarbejdet en beregning af det øvre grundvandsspejl på baggrund af data i Jupiter. Det bør overvejes hvordan f.eks. regionernes pejledata fra byområder kan indarbejdes i det landsdækkende øvre grundvandsspejl.	I forbindelse med detailanalyser bør mere detaljerede pejledata fra regioner, kommuner, vandforsyninger m.fl. indarbejdes.
Lokal oversvømmelse	Ikke testet i trin 2. Etableringen af en ny landsdækkende højdemodel vil muliggøre en ny mere detaljeret udpegning af blue-spot områder.	Lokale modeller i byområder, hvor overfladevand er integreret med kloakker.
Oversvømmelse langs vandløb	Ikke testet i trin 2. Det ville være ønskeligt med en bedre landsdækkende metode, som ikke kun baserer sig på en højdemodel.	Lokale modeller i byområder, hvor overfladevand er integreret med kloakker.
Havvandsstigning	Ikke testet i trin 2. Data stammer fra kystdirektoratet og afhænger af, om de opdaterer deres skøn.	Lokale initiativer i klimatilpassningsplanerne skal inddrages.
LAR	Der er i projektet antaget at LAR anvendes i alle byområder, hvilket er en overdrivelse. Datagrundlag kan forbedres ved kortlægning af aktuelle klimatilpassningsplaner over hele landet.	Udpegede område i klimatilpassningsplanerne skal inddrages.

Perspektivering

Forprojektet har peget på flere udviklingsområder. Udvalgte af disse er listet nedenfor:

- Udvikling af et egentligt kategoriseringsværktøj, som kan automatisere den landsdækkende screening (trin 1). Derudover skal det være et dynamisk værktøj, så der kan ske en opdatering af inputparametrene såfremt der f.eks. kommer nye klimamodeller eller bliver behov for yderligere modelstoffer, klimaelementer mv. Derudover skal værktøjet kunne håndtere de data og forudsætninger, der skal indgå i analysen frem til trin 2, så det bliver muligt at foretage den lokale analyse ved hjælp af værktøjet også.
- I dette projekt er der håndteret og bearbejdet data, som kan anvendes af andre aktører, som arbejder med problemstillinger i forhold til klimaændringer, når der ses på påvirkningerne af vandsystemet.
- Dræn og kloakker har stor indflydelse på spredning af vandbåren forurening fra jordforureninger. Det vil sige, at en kortlægning af dræn og kloakker vil give en bedre forståelse af vandbalancen, når systemet påvirkes af klimaændringerne.
- Tidsperspektivet for påvirkningerne fra klimaelementerne bør vurderes. Der vil sandsynligvis være forskel på en langvarig påvirkning som f.eks. hævet grundvandsspejl og en kortvarig ekstrem hændelse som f.eks. havvandsstigninger på grund af stormflod.
- I projektet er klimaelementerne analyseret hver for sig. Der er ikke foretaget en vurdering af, hvorvidt påvirkningen fra flere klimaelementer vil give en større effekt på robustheden af risikovurderingerne.

Summary

Today, risk assessment of contaminated sites as performed by the Danish regions is based on the current climate conditions. It is unknown to what extent changes in climate will affect the robustness of the risk assessments carried out. This pilot project has elucidated the extent of the problem, as well as developed and tested a framework for categorizing the robustness of the risk assessments on registered contaminated sites in Denmark as high, fair or low with regard to climate change effects.

This pilot project is part of a three-step process for identify the contaminated sites, which pose a risk to groundwater or surface water bodies, for which climate changes are estimated to affect the robustness of the original risk assessment. Step 1 is a nationwide screening, which includes existing national data from the national databases. Step 2 is a more local scale analysis in which site-specific data are included and interpreted. Step 3 is a detailed analysis that includes a local scale model with information on hydrogeology, contaminant transport and climate scenarios. This pilot project only covers the first two steps of the planned 3-step process.

This project comprised of data collection and a nationwide screening that included data on contaminants, typologies (site geology) and critical climate elements (step 1). The results of the nationwide screening were subsequently verified by a local analysis (step 2) in two municipalities. The purpose was to evaluate the performance of the nationwide screening, with respect to evaluation of the robustness, as well as to give recommendations for improving the nationwide screening and identify data needs for a more local scale analysis (step 2).

Project Delineation

The project included contaminated sites in areas with specific drinking water interests (OSD) and / or within the catchment areas for public water supply, as well as contaminated sites that pose a risk to surface water bodies. This means that the project did not include the implications of climate change for indoor air or increased risk of contact with contaminated soil. In addition, the project focused solely on the negative effects caused by climate change. That is, effects of climate change that may reduce the risk posed to ground and surface water (eg. increased water flow in a stream and hence increased dilution or changes in flow direction away from the water supply) are not included.

Input parameters for the categorization of risk assessment robustness

The nationwide screening is based on a wide range of existing data in the national registers. *The first project objective* was to collect existing data and methodologies that are available for the various climate change scenarios.

To begin with, all registered contaminated sites in Denmark (V1 and V2) are included. Based on a conceptual understanding of contaminant transport, three types of sites (typologies) were defined with variations in geology, hydrogeology and migration pathways. Each contaminated site was assigned one out of ten possible model substances with associated characteristics in terms of mobility, degradation, and occurrence depth (m bgs) for the three typologies.

Based on a range of climate changes, the most important climate elements with regards to migration and increased leaching of soil contamination were identified. Climate changes include increased

precipitation, which results in a rise of the groundwater table and increased groundwater recharge, higher sea levels, increasing temperatures, and finally stronger and more frequent extreme events. The following climate elements were selected as the most significant:

- Increased groundwater recharge that results in increased contaminant leaching
- Raised groundwater table that results in increased contaminant leaching, change of drain conditions, moistening of dry pockets and thus contaminant mobilization, changing redox conditions, changes in end-receptor and / or changes in flow rates and directions.
- Local flooding which can cause increased contaminant leaching or increase the surface runoff of contaminants.
- Flooding along streams and lakes, which can cause increased contaminant leaching or increase the surface runoff of contaminants.
- Rise in seawater levels/flooding which can cause increased contaminant leaching or increase the surface runoff of contaminants. In this project only sudden rises due to storm surges are included

In addition to climate changes, man-made measures such as drains, sewers and utility lines were considered. Climate adaptation measures such as LAR (local drainage of rainwater) are also included in the robustness analysis. Infiltration of more rainwater in connection with LAR projects can cause a rise in the groundwater level and thus result in increased contaminant leaching as mentioned above.

Risk Indicators

We developed two matrices of risk indicators by combining the model substances and their properties with typologies and the significant climate elements. One matrix relates to contaminated sites that pose a risk to groundwater, while the other matrix relates to sites that pose a threat to surface waters. By combining the above parameters, the risk indicators represent the robustness of the current risk assessment to changes in climate conditions.

The impact of increased groundwater recharge and elevated groundwater tables were divided into three levels (large, medium and small). The same is done for the impact of man-made adaptations measures (LAR) as it is expected to have an effect parallel to elevated groundwater table.

Results from the nationwide screening

The nationwide screening included approximately 32,000 sites registered as contaminated or possibly contaminated. Almost 12,000 are registered as posing a potential threat to groundwater while 3,000 sites are registered as posing a potential threat to surface water.

The remaining sites are located outside zones of groundwater interest or surface water risk zones. However, these sites were also included in the initial steps of the screening in order to assess the overall scale of the task of evaluating at how many sites the current risk assessment would be affected by climate changes. Assessing the number of sites in which the risk assessment could be influenced by climate change was one of the projects *specific objectives*.

The result of the nationwide screening showed that 12% of the risk assessments have a low robustness, 54% is categorized as medium/fairly robust and 34% show a high robustness to climate change. The distribution of the 12,000 sites which are within zones of groundwater interest (OSD and / or abstraction areas) is essentially the same. About 67% of the 3,000 sites that are registered to pose a potential risk for surface water show a low robustness of the original risk assessment. It should be noted that the delineation of the nationwide screening for surface waters only included sites that have previously been assessed to pose an actual threat, while for groundwater, the screening included any site inside a zone of groundwater interest/abstraction, regardless of the actual risk.

Increased groundwater recharge is the only climate element that affects the risk assessment for groundwater sites to such an extent that the robustness is categorized as low. For sites that pose a risk to surface water climate adaptation projects (LAR) are the most critical climate element. In addition, flooding along streams as well as floods from rising sea level result in a low robustness of the original risk assessments.

Test results of the screening

The *third specific objective of the project* was to test the nationwide screening on a local scale at two municipalities (Kolding and Greve). The purpose of the test was to evaluate whether the nationwide screening of the robustness was comprehensive, and specifically whether the used data and input parameters were adequate and accurate.

Overall, there is good agreement between the nationwide screening results and the results achieved in the local scale test. The assumed typologies, model compounds, and their properties were found adequate to represent site conditions when taking into account screening purposes. In some cases, we found that the model compounds were more mobile than the actual contaminants. This underestimates the robustness of the original risk assessment and therefore provides a more conservative result.

The climate elements that were tested at local scale included increased groundwater recharge, elevated groundwater table and LAR (climate adaptation measures) in the municipalities. It was not possible to identify suitable sites to test the remaining climate elements. The local scale verification of the nationwide screening for the above three climate elements showed that the results of the screening gave a true and fair view of the expected robustness.

Based on the results from the nationwide screening and the local scale test in the two municipalities, *the fourth specific objective* of the project was to give recommendations for improving the nationwide screening and to identify data needs for the more local analysis. The aim is to build the foundation for an improved and finalised nationwide screening tool.

Conclusion and recommendations

In general, there was a good agreement between the assumptions, input parameters and results of the nationwide screening and the analysis of local data. Therefore, we conclude that the performed nationwide screening gives a reliable picture of the robustness of risk assessment in relation to groundwater and / or surface water risk, as well as to the extent of the expected task.

For each of the specific objectives the defined success criteria were either fully or partly achieved.

The success criterion for *the first specific objective* was to ensure that the collection of existing data included all relevant data and that the quality was sufficient to perform a nationwide screening. This was fulfilled as a test of the nationwide screening at local scale showed that the amount and quality of data were adequate.

For *the second specific objective*, the success criterion was to give a general estimate of the number of sites in which the current risk assessment would be affected by climate change, as well as sort out at least 20% of the potential sites nationwide, as sites with a high robustness of the risk assessment. The project succeeded in developing GIS themes and risk matrices that were included in the screening and provided a nationwide overview. The nationwide screening showed that with the initial assumptions and input data, it was possible to categorize 34% of the registered sites as sites with a highly robust risk assessment.

The *third specific objective* was to test the nationwide screening at two smaller areas and on this basis to make recommendations for improvement of the screening in step 1, and recommendations

for more detailed analysis in steps 2 and 3. It has been possible to meet the success criteria for the validation of the nationwide screening. It has also been possible to give an assessment of the how the input data in step 1 can be improved as well as what data that needs to be used as input in steps 2 and 3. However, it was not possible to make a further categorization of the sites to result into a higher number of sites with a robust risk assessment.

As part of the *fourth specific objective* recommendation for improving the nationwide screening (step 1) and partly the more localized analysis (step 2) and a detail analysis (step 3) are given as to input parameters (model substances, typologies and climate elements), see table below.

Parameter	Recommendations for improving the basis for screening (step 1)	Recommendation for steps 2 and 3, see chapter 1.2
Typologies	It is not necessary to improve the input data for the nationwide screening.	In a detailed analysis data on aquitard thickness can be obtained from a national model (DK –model) local models, Jupiter, etc.
Model substances mobility and degradation	It is not necessary to improve the input data for the purpose of the nationwide screening.	In connection with a detailed analysis the model substances assigned should be evaluated as to whether they correctly represent the mobility and degradation of the actual contamination. In addition, current and future remediation measures should be taken into account.
Contaminant Depths	A more systematic mapping of expected pollution depths could be carried out, but it not expected to affect the results of the screening significantly.	At the local level, actual pollution depths should be included in the analyses.
Increased groundwater recharge	The screening is based on a worst case climate scenario of maximum precipitation (wet scenario) A more realistic scenario could be used. In the screening even minor changes (0-20%) are considered to cause a significant effect. A bottom threshold below which no effects are considered should be applied.	Local groundwater models and climate data should be applied.
Elevated water table	Similarly to the increased recharge, use of a less wet scenario and a bottom threshold could be applied.	Local groundwater models and local information about location and depth of sewers, drainage, etc. should be applied.
Calculated upper water table	In this project, a calculation of the upper groundwater table was based on data from the national Jupiter database. Data from regional databases should be incorporated.	Data from regions, municipalities, water utilities with focus on urban areas should be included.
Local flooding	Not tested in step 2. The establishment of a new nationwide elevation model will enable a new more detailed identification of blue-spot	In urban areas, more detailed local models including information on drains and sewers could be applied.

	areas.	
Flooding along streams	Not tested in step 2. A better nationwide model not solely based on elevation data should be applied.	As mentioned above, more detailed hydraulic models, especially in urban areas, provide a more accurate picture of the extent of flooded areas along streams.
Rise in seawater levels/flooding	The Coast Directorate is responsible for updating the estimates of flooded area in case of storm surge.	Local information on dyke construction and other climate adaptation measures should be included.
LAR-local drainage of rainwater	In this project, it was assumed that climate adaptation in the form of local drainage of rainwater extends over all urban areas. This is an overestimation. Actual information on climate adaptation plans should be included.	Information from the actual local climate adaptation plans should be included.

Perspectives

This project, which has been defined as a pilot project, has identified several issues in which further work could be performed. The most important are listed below:

- Development of a final categorization tool that can automate the nationwide screening (step 1). This tool could be dynamic tool, in order to allow an update of the input parameters if, for example new climate models become available, or the need for new model substances or climate elements arises. In addition, it should be possible to directly integrate the tool in a step 2 local scale analysis
- This project collected and processed data that could be useful to other stakeholders/operators working with issues related to climate change and the impacts of the water cycle.
- Drainage and sewage systems have great influence on the migration of water-borne contamination from contaminated sites. A better mapping of drainage and sewers will provide a better understanding of the water balance, when the system is affected by climate change.
- The timeframe for the impact of climate elements should be considered. Different effects are expected by long-term changes such as elevated water tables and short-term events such rising sea levels due to storm surges.
- In this project each climate element was analyzed independently. There was no assessment of interrelated effects and combined effects on the robustness of risk assessments. This should be further explored.

1 Baggrund, formål og ramme

1.1 Baggrund

De danske regioner har ansvaret for den offentlige indsats i henhold til jordforureningsloven i forhold til opsporing, undersøgelse og oprensning af jordforureninger. Når en forurenede ejendom er undersøgt, vurderes behovet for oprensning på baggrund af konkrete vurderinger af, hvilke risici forureningen kan udgøre over for arealanvendelsen, grundvand og overfladevand.

En fyldestgørende vurdering af forureningens transportveje og skæbne kræver troværdige oplysninger om de lokale geologiske og hydrologiske forhold, herunder terrænforhold, grundvandsforhold (grundvandsspejl og strømningsretning og gradient), nedbør, afstrømning i vandløb, havvandstand etc. Traditionelt udføres risikovurderingen på baggrund af rammebetingelser gældende for det nuværende klima.

Regionernes undersøgelses- og oprensningsindsats vil strække sig over de næste mange år, og da mange af de nævnte rammebetingelser for risikovurderingerne forventes at ændre sig under fremtidens klimaforhold, er det nødvendigt at vurdere, hvordan betingelserne vil blive i fremtiden, og hvilken indvirkning de kan have på risikovurderingen, såfremt risikovurderingerne skal være robuste. I en nylig erfaringsopsamling af Miljøstyrelsen (2014a) er der argumenteret for, at de ændrede rammebetingelser som følge af klimaforandringer kan medføre betydelige ændringer for gamle lossepladers risiko i forhold til grundvand og overfladevand. Denne problemstilling vil med stor sandsynlighed også gælde for jordforureninger generelt.

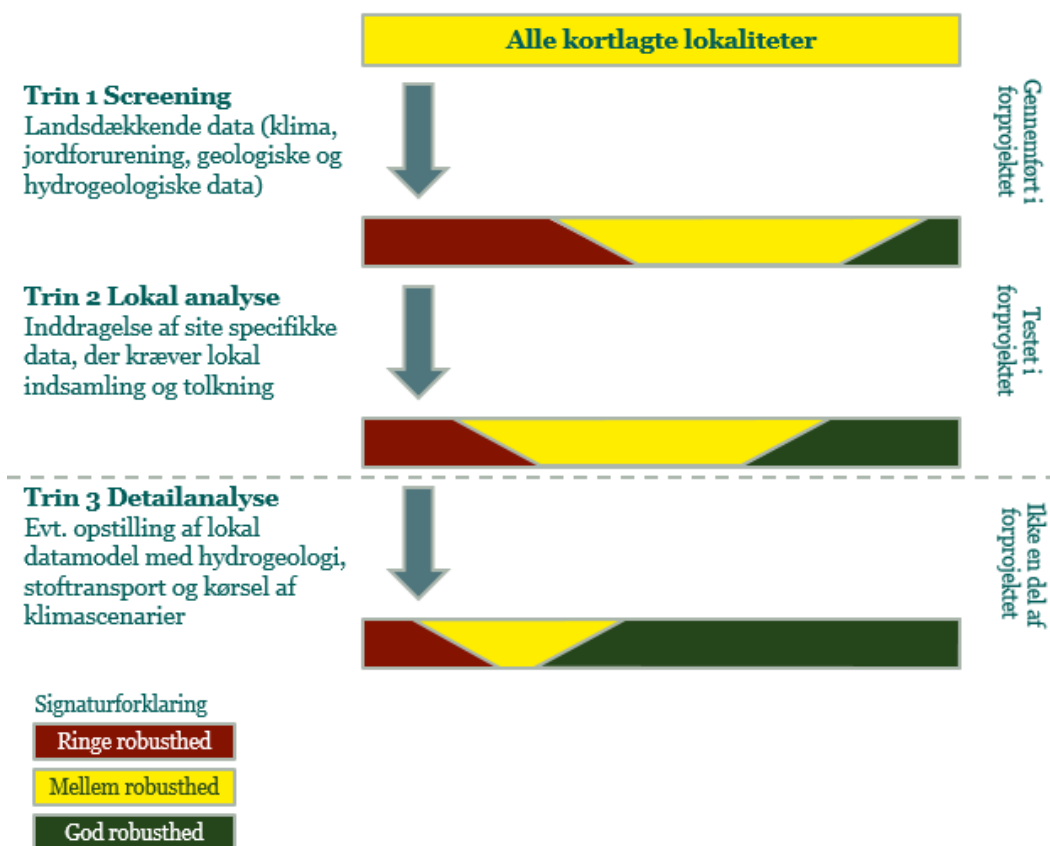
Udfordringen i at belyse klimarobustheden af risikovurderingerne af jordforureninger i Danmark er omfattende, både set i lyset af antallet af jordforureninger, som i 2014 udgøres af godt 32.000 kortlagte lokaliteter (Danske Regioner, 2014), og mængden og kvaliteten af de geologiske og hydrologiske data, der er nødvendige for at kunne foretage vurderingen.

Dette projekt er et *forprojekt* til et egentligt landsdækkende værktøj, der på baggrund af reference- og klimaprognosticerede data, kan kategorisere de kortlagte jordforureninger i forhold til, hvor klimarobuste deres risikovurderinger forventes at være.

1.2 Projektets formål og delmål

Projektet er et forprojekt til et egentlig kategoriseringsværktøj. Visionen er et landsdækkende værktøj, der på baggrund af reference- og klimaprognosticerede data kan kategorisere de kortlagte jordforureninger i forhold til, hvor klimarobuste deres risikovurderinger forventes at være. I denne vision indgår en tre-trins-proces, som skitseret på nedenstående Figur 1.1, hvor man starter med en grov screening af mange lokaliteter på overordnet niveau, og trinvist forfiner processen med mere detaljerede data.

Til kategorisering af robustheden af risikovurderingerne på de kortlagte ejendomme, er formålet at opstille risikoindekatorer på baggrund af de processer, der indgår i risikovurderingerne samt de påvirkninger, som forventes at ske på grund af klimaændringerne. Dette ”robusthedsindeks” skal således give regionens sagsbehandler eller dennes rådgiver et fingerpeg om, hvilke sager der bør undersøges nærmere for at fremtidssikre risikovurderingen. Det kan også anvendes af private bygherrer, som gennemfører en frivillig indsats i forhold til jordforureninger.



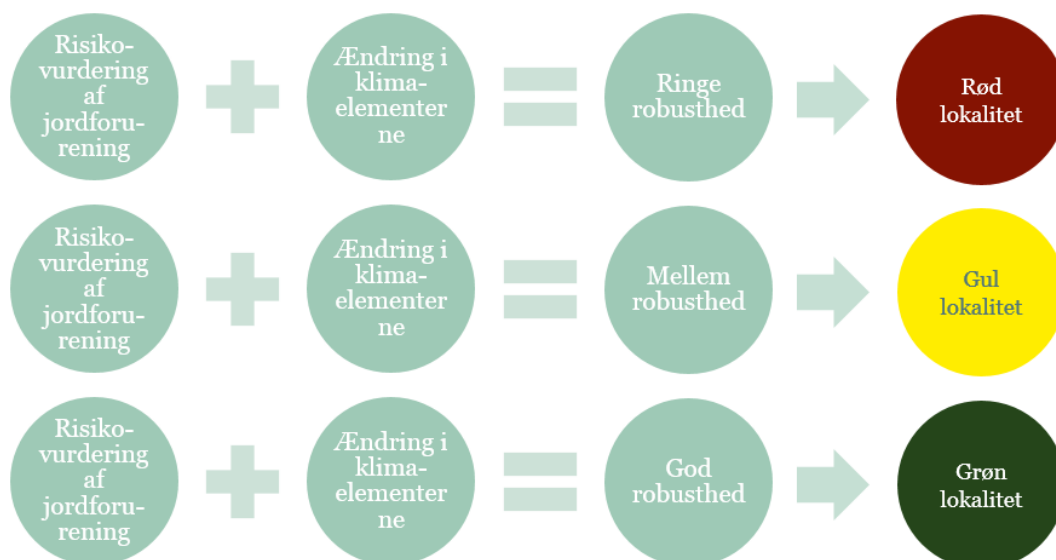
FIGUR 1.1 SKITSE AF TRINVIS UDPEGNING AF HVILKE LOKALITETERS RISIKOBILLEDE VIL ÆNDRE SIG I FREMTIDENS KLIMA.

I lyset af en forventet stor udfordring (mængden af forureninger og varierende kvalitet af data), er formålet med nærværende forprojekt således at skabe overblik over opgavens omfang og afprøve rammerne for et sådant robusthedsindeks.

Første delmål har været at foretage en opsamling på de eksisterende data og metoder, der er tilgængelige ud fra de scenarier, der foreligger for klimaændringerne. Dette er suppleret med de risikoindikatorer, som kan anvendes i en landsdækkende screening af robustheden af risikovurderinger af jordforureninger.

På grund af det store antal kortlagte lokaliteter, ca. 32.000, er et **andet delmål** at skabe overblik over opgavens forventede omfang – altså hvor mange lokaliteter der forventes at blive uhensigtsmæssigt påvirket af klimaforandringer. Dette svarer til trin 1 i ovenstående Figur 1.1, som viser en skitse af en trinvis udpegning af, hvilke lokaliteters risikobillede, som vil ændre sig i fremtidens klima. Efterhånden som der anvendes mere detaljerede data i på hinanden følgende trin, indsnævrer de gule lokaliteter, og flere lokaliteter vil kunne placeres i hhv. den røde og den grønne kategori.

Rød farve indikerer lokaliteter, der med worst case data i det enkelte trins detaljeringsniveau har ringe robusthed af risikovurderingerne på grund af klimaændringerne og dermed risikerer at få et forværret risikobillede i fremtiden. Grøn farve indikerer lokaliteter, der med stor sikkerhed har en risikovurdering med god robusthed og dermed ikke forventes at få en forværret risiko som følge af de fremtidige klimaændringer. Gul farve markerer de lokaliteter, for hvilke data er for usikre eller mindre kritiske, og dermed giver en mellem robusthed af risikovurderingen. Dette er illustreret i Figur 1.2.



FIGUR 1.2 INDELING AF LOKALITETER I DE TRE FARVER PÅ BAGGRUND AF, HVOR ROBUST RISIKOVURDERINGEN ER I FORHOLD TIL ÆNDRING I KLIMAELEMENTERNE.

I nærværende projekt er resultaterne fra trin 1 testet i to afgrænsede pilotområder med stor datatilgængelighed således, at rammerne for en lokal analyse i trin 2 kan kortlægges jf. Figur 1.1. Dette er projektets **tredje delmål**. Mens trin 3 ikke vil være inden for rammerne af forprojektet. Endelige skal resultatet af den landsdækkende screening og test i de to kommuner bidrage til anbefalinger til udvikling af et egentligt screeningsværktøj, hvilket er projektets **fjerde delmål**. I nedenstående Tabel 1.1 er vist en oversigt over projektets fire delmål og succeskriterier. I forbindelse med rapportens konklusion og anbefalinger er der foretaget en gennemgang af, hvorvidt succeskriterierne er blevet opfyldt (se afsnit 7).

Projektets mål	Succeskriterier
<p>Delmål 1</p> <p>Opsamling på eksisterende data, metoder og risikoindekser i forhold til jordforureninger.</p>	<p>Sikre, at der er indsamlet alle relevante data til screeningen i trin 1 samt at kvaliteten af data tilstrækkelig i forhold til anvendelse til risikovurderinger af jordforureninger.</p>
<p>Delmål 2</p> <p>Udarbejde et konservativt overblik over, hvor mange lokaliteter, der på landsplan kan forventes at få forværret risikobillede i et ændret klima (trin 1).</p>	<p>Mulighed for at udtale sig i generelle vendinger om, i hvilke områder, man kan forvente forværret risiko som følge af ændringer i de betydende klimaelementer.</p> <p>Sikker frasortering (grøn kategori) af mindst 20 % af antallet af potentielle lokaliteter på landsplan.</p>
<p>Delmål 3</p> <p>Opstilling og afprøvning af et robusthedsindeks på basis af eksisterende og tilgængelige data (trin 2) i konkrete pilotområder.</p>	<p>Validering af resultatet fra den landsdækkende screening på afgrænset geografi med mere detaljerede data.</p> <p>Der gives et overblik over, hvor anvendelige de anvendte data i screeningen i trin 1 er.</p> <p>Sikker frasortering (grøn kategori) i pilotområderne af <i>yderligere</i> mindst 20 % fra trin 1 til trin 2.</p>

Projektets mål	Succeskriterier
Delmål 4 Beskrive udfordringer i opstilling af værktøj.	Konkret arbejdsliste til udredning i forbindelse med landsdækkende implementering af screening i trin 2 og 3.

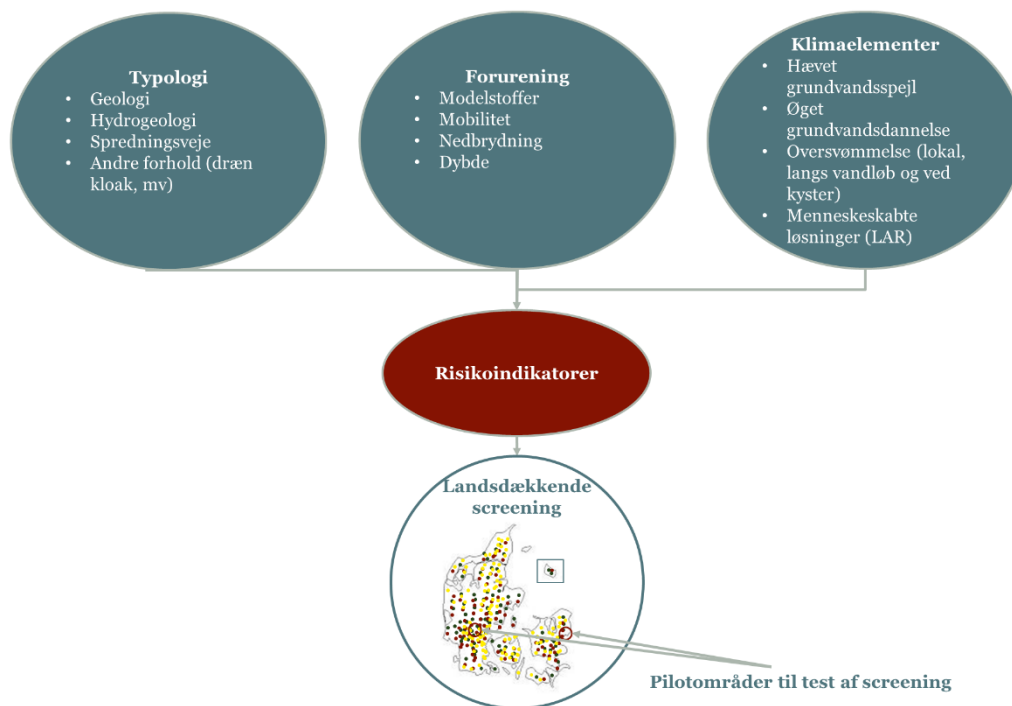
TABEL 1.1 MÅL OG SUCCESKRITERIER FOR FORPROJEKTET.

1.3 Målgruppe

Den primære målgruppe vil være regionerne, som har ansvaret for vurdering af jordforureningers risiko i forhold til arealanvendelsen, grundvand og overfladevand. Der er dog også andre aktører såsom kommuner og staten, som bl.a. udsteder påbud på grund af nye forureninger eller private bygherrer, der gennemfører anlægsprojekter på forurenede ejendomme, hvor resultaterne fra nærværende forprojekt vil kunne bidrage med at vurdere risikoen i forhold til fremtidige klimaændringer. Endelig sker der især i byområderne flere tiltag for at sikre mod klimapåvirkningerne, f.eks. LAR (lokal afledning af regnvand), som sandsynligvis også vil kunne have en vis indflydelse på risikobilledet for en jordforurening.

1.4 Strategi for projektet

Fra forurenede lokaliteter vil der ske en spredning af forureningen, som dels er styret af nogle processer, som potentielt påvirkes af klimaforandringerne og dels af de betydende transportveje fra lokaliteten til grundvand eller overfladevand. Strategien for gennemførelsen af projektet er illustreret i Figur 1.3 og kort gennemgået nedenfor. Projektet er gennemført i fire arbejdspakker.



FIGUR 1.3 SKITSE AF STRATEGI FOR GENNEMFØRELSE AF PROJEKTET.

Der er i den første arbejdspakke foretaget en identificering af, hvilke elementer, der har størst betydning for klimaforandringerne påvirkning af forureningsspredningen. Der er taget udgangspunkt i klimaforandringer vedrørende generelt øget nedbør, højere temperaturer og kraftigere og hyppigere ekstremhændelser. Disse vil blive vurderet i forhold til de typiske forureningsspredningsveje, der

forekommer på de forurenede lokaliteter inddelt efter simple geologiske og hydrogeologiske typologier.

De forurenede lokaliteter er i dette projekt groft fordelt i tre typologier baseret på de overordnede hydrogeologiske forhold og strømningsveje. Forureningsforholdene på lokaliteterne (stoffer og deres egenskaber) samt forureningens beliggenhed i forhold til grundvandsspejl (dybde) er også medtaget i analysen.

Herefter er der i den anden arbejdsopgave foretaget en vurdering af, hvilke risikoindikatorer, der kan anvendes til at vurdere robustheden af risikovurderingerne på de enkelte lokaliteter i forhold til de klimatiske responser, der er udpeget som værende af størst betydning. Risikoindikatorerne vil være en kombination af bl.a. forureningsforholdene på lokaliteten (stoffer og deres egenskaber), typologi, beliggenhed i forhold til grundvandsområder og overfladevand samt de udpegede klimaelementer, og deres forventede påvirkning.

På baggrund heraf er der i den tredje arbejdsopgave foretaget landsdækkende screening svarende til trin 1 i Figur 1.1. Denne screening giver et overblik over omfanget af lokaliteter, kortlagt efter jordforureningsloven, som vurderes at kunne blive påvirket af konsekvenserne af klimaændringerne. Derudover er der på landsplan angivet generelle tendenser og scenarier for konsekvenserne af klimaændringerne, og hvordan de kortlagte forurenede lokaliteter er placeret geografisk. Der er lokaliteter, som med sikkerhed kan vurderes ikke at blive påvirket af klimaændringerne og lokaliteter, som med sikkerhed vil blive påvirket af klimaændringerne. Herimellem vil der være lokaliteter, hvor robustheden vurderes at være mere usikker. Efter den tredje arbejdsopgave er resultaterne og det forudgående arbejde blevet præsenteret for følgegruppen, som har været repræsenteret af repræsentanter fra to af de øvrige regioner, fra de to testkommuner samt fra GEUS.

Endelig er der i den sidste arbejdsopgave foretaget en test af resultatet, hvor den landsdækkende screening er blevet evalueret i forhold typologier, forureningsparametrene, klimaelementerne samt de udpegede risikoindikatorer. Der er taget udgangspunkt i to pilotområder, som har detaljerede data om klimapåvirkningerne i de kommunale klimatilpasningsplaner, som pilotområderne er omfattet af. Robustheden er nuanceret i forhold til sikkerheden bag det vidensniveau, der kan opnås for den enkelte lokalitet.

Projektet er afsluttet med en perspektivering af screeningen, herunder mulighederne for udvikling af et egentlig kategoriseringsværktøj samt udpegnings af andre virksomhedsområder, hvor screeningen vil kunne anvendes. Dette kan f.eks. være i forbindelse med godkendelser efter miljøbeskyttelseslovens kap. 5, herunder basistilstandsrapporter for jord og grundvand mv.

1.5 Ramme og afgrænsning

1.5.1 Forurenede lokaliteter

Projektet omhandler lokaliteter, der er kortlagt efter jordforureningsloven på vidensniveau 1 (V1) og/eller vidensniveau 2 (V2). Det vil sige, der er tale om lokaliteter, hvor regionerne har taget stilling til kortlægningsgrundlaget i form af kritiske aktiviteter og/eller stoffer. Projektet omhandler derfor ikke lokaliserede lokaliteter, hvor der ikke er taget stilling til, hvorvidt aktiviteterne på lokaliteterne kan have forårsaget en potentiel forurening. Desuden er lokaliteter med igangværende virksomheder, der er reguleret efter miljøbeskyttelsesloven, ikke inden for dette projekts rammer, medmindre regionerne har foretaget en kortlægning efter jordforureningsloven.

Regionernes kortlægning af lokaliteterne er foretaget på baggrund af de punktkilder, som har været knyttet til aktiviteterne på ejendommen. En punktkilde i forhold til jordforurening kan således være nedgravede tanke, udendørs oplag, affedtningskar, utætte rør og spild mv.

Vurderingen af risikoen for jordforureninger på lokaliteter med en V1-kortlægning, vil tage udgangspunkt i de brancher og tilhørende aktiviteter, der er årsag til kortlægningen. For lokaliteter med en V2-kortlægning vil der blive taget udgangspunkt i de stoffer, der er årsag til kortlægningen, når risikoen skal vurderes i nærværende projekt.

Forprojektet vil tage udgangspunkt i spredningsveje og klimaændringers påvirkning i forhold til "almindelige" punktkilder, når der skal udpeges risikoindikatorer. Det vil sige, at der for kortlagte fyld- og lossepladser ikke tages højde for de mere komplekse geologiske og hydrogeologiske forhold, spredningsveje via dræn mv. som kan forekomme i lossepladsen eller risikoen for overfladeafstrømning, som vil kræve mere detaljeret viden end der er mulighed for at fremskaffe i forbindelse med nærværende screening. Fyld- og lossepladserne bliver screenet ud fra de indikatorer, der fastsættes ud fra de almindelige punktkilder, men de bliver pålagt en større usikkerhed for at tage højde for den kompleksitet, der er forbundet med disse lokaliteter. I Miljøstyrelsen, 2014a er der foretaget en gennemgang af klimaændringernes påvirkning i forhold til risikovurdering af lossepladser, som vil kunne indgå i en mere lokal analyse i trin 2 jf. Figur 1.1.

1.5.2 Afgrænsning i forhold til regionernes indsatsområder

Screening i forhold til klimaændringernes påvirkning af risikoen fra kortlagte lokaliteter vil tage udgangspunkt i mulige eller konstaterede forureninger, som er registreret med en mulig risiko for drikkevandsinteresser eller nærliggende overfladevand.

Der er foretaget en landsdækkende udpegning af områder, som forventes at blive påvirket af de betydende klimaelementer (se definitionen herpå i afsnit 1.5.3), og denne udpegning er uafhængig af, om der er risiko for forurening af grund- og/eller overfladevand fra de kortlagte lokaliteter.

Derudover er foretaget en geografisk afgrænsning i forhold til risikoen for grundvand ved at tage udgangspunkt i de udpegede områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsoplande til almene vandforsyninger uden for OSD. Denne afgrænsning er foretaget for at være så konservativ som mulig. Der er dog en vis sandsynlighed for at disse geografiske områder kan ændres som følge af ændret indvindingsstruktur, grundvandskortlægning mv.

Miljøstyrelsen har udviklet et værktøj til screening af overfladevandstruende forureninger, der er en konservativ screening af lokaliteter, som regionerne skal benytte til at skabe et overblik over den potentielle risiko for nærliggende overfladevand. Såfremt denne screening giver en overskridelse af kvalitetskravene, som er samlet i Miljøstyrelsen (2014c), er der en potentiel risiko for overfladevandet. Derfor vil lokaliteter, som udpeges med en potentiel risiko i overfladevandsscreeningsværktøjet indgå i nærværende projekt, i forhold til vurdering om hvorvidt klimaændringernes påvirkning vil påvirke robustheden af risikovurderingerne over for nærliggende overfladevand.

Regionerne udarbejder risikovurderinger på forskellige niveauer afhængig af vidensniveauet på den enkelte lokalitet. Når der er mistanke om potentielle aktiviteter på en lokalitet, som erfaringsmæssigt kan forårsage en forurening, udarbejdes der en historisk redegørelse for aktiviteter og stoffer, der kan have været anvendt. På baggrund heraf vurderer regionen, hvorvidt disse stoffer vil kunne udgøre en potentiel risiko. Herefter gennemføres der en indledende undersøgelse, hvor der typisk udføres enkelte borer for at be- eller afkræfte den formodede mistanke om forurening, som fremgår af den historiske redegørelse. Det er nu muligt at foretage en indledende vurdering af risikoen på baggrund af et begrænset datagrundlag. Såfremt der fortsat vurderes at være en risiko, gennemføres en mere omfattende undersøgelse, hvor forureningen ofte afgrænses på et mere detaljeret prøvetagningsniveau og herefter gennemføres en detaljeret risikovurdering. Der er naturligvis nuancer af de tre beskrevne faser, men det illustrerer den overordnede "fødekæde" i forhold til afklaring af en potentiel risiko (se Figur 1.4).



FIGUR 1.4 DET OVERORDNEDE FLOW FOR VURDERING AF RISIKOEN AF EN POTENTIEL ELLER KENDT JORDFORURENING FRA EN LOKALITET FORDELT PÅ DATAGRUNDLAGET FOR DE ENKELTE FASER.

Klimaændringer og deres afledte effekter kan påvirke forureningsspredning og dermed indeklimatepåvirkning. Risikoen for forurening af indeklimaet fra forurenede lokaliteter indgår ikke i dette projekt, som kun vedrører risikoen for forurening af grund- og overfladevand. Effekter af klimaændringer på indeklima er undersøgt af Sørensen et al. (2012) og opsummeres kort her. De stigende temperaturer vil føre til øget afdampning. Imidlertid er der tale om relativt beskedne ændringer (mindre end en størrelsesorden). Et hævet grundvandsspejl kan ligeledes føre til øget afdampning, hvis der er tale om en grundvandsbåren forurening. På den anden side vil et stigende grundvandsspejl kunne skabe mættede forhold omkring en kilde, som tidligere lå i umættet zone og derved bevirke en mindre afdampning.

I betragtning af den usikkerhed, som generelt vil være knyttet til risikovurderingerne og det tilhørende datagrundlag, vurderes de klimabetingede vandspejls- og temperaturstigninger og den potentielt øgede afdampning således ikke at forøge risikoen for indeklimatepåvirkning markant (Sørensen et al., 2012). For lokaliteter, hvor forureningen udgør en risiko for arealanvendelsen, er der med den begrundelse ikke foretaget en vurdering af, hvor robuste disse risikovurderinger er i forhold til klimaændringerne i nærværende projekt.

Klimaændringerne kan dog ændre risikoforholdene markant i de tilfælde, hvor de påvirker spredningsveje, således at forureningen spredes til andre lokaliteter end den lokalitet, som risikovurderingen oprindeligt omfatter. Her er det især utætte kloakker, ledningstraceer og drænsystemer, som ved oversvømmelse eller hævet grundvandsspejl kan komme i kontakt med forurenede grundvand og transportere forureningen til naboejendomme og forårsage en indeklimatepåvirkning et sted, hvor dette ikke er forventet.

1.5.3 Klimatiske ændringer

Der er observeret en stigning i både nedbør og temperatur siden målingerne begyndte omkring 1870 i Danmark. I nærværende projekt betragtes som udgangspunkt klimatiske ændringer fra perioden 1975-2050. Udgangspunktet er ikke klart defineret, da risikovurderingen af punktkilder er udarbejdet løbende siden ca. slutningen af 1980'erne. Derudover er niveauet for risikovurderingerne også forskellig, både i forhold til udviklingen gennem tiden, men også i forhold til grundlaget for en udført undersøgelse (indledende eller afgrænsende undersøgelser). År 1975 er valgt som skillelinje, bl.a. pga. at miljøbeskyttelsesloven trådte i kraft i 1974. Det vil sige at klimaændringernes påvirkning af risikovurderingerne i nærværende projekt generelt ses over en periode på 75 år, men ved anvendelse af diverse dataudtræk til selve screeningen i Kapitel 5 vil disse dataudtræk ikke blive interpoleret til en 75 års periode, men blot blive anvendt som de er. Vurderingen er her, at fejlkilden ved afvigelse fra en 75 års periode er lille i forhold til f.eks. valg af scenarier og klimamodel.

Der er så vidt muligt taget udgangspunkt i de nyeste prognoser fra IPCC's femte hovedrapport (AR5), som udkom i 2013. Udledningen af drivhusgasser antages her at kunne variere mellem et såkaldt RCP2.5 og et RCP8.5 scenarie, som er henholdsvis det laveste og det højeste scenarie. Hvert

af disse scenarier er repræsenteret ved en middelværdi og et tilhørende usikkerhedsinterval for valg af parametre og modeller i de bagvedliggende beregninger.

De anvendte scenarier for klimaændringer på temperatur, havvandsniveau og nedbør er udtrukket som middelværdier fra RCP8.5 scenariet (se også bilag 1). Valget af det højeste scenarie er gjort for at sikre, at der screenes for alle tænkelige udfald af klimaændringer.

De anvendte klimaændringers effekt på grundvandsdannelse og grundvandsspejl er taget fra et projekt (KFT, 2012), som baserer sig på det tidligere anvendte A1B udledningsscenario (bilag 1). Der er ikke udført opdaterede beregninger af grundvandsdannelse og grundvandsspejl med de nye RCP scenarier, og det er derfor valgt at anvende de tilgængelige data fra KFT (2012). A1B scenariet er et mere moderat udledningsscenario. Til gengæld har der været fokuseret på selve klimaændringsudtrækkene på den mest "våde" klimamodel i KFT (2012), som tilsvarende giver de største ændringer, så der er også her screener for det størst tænkelige udfald af klimaændringer. Vurderingen er her, at valget af klimamodel har større betydning for de beregnede grundvandsdannelser og grundvandsstande end valget af udledningsscenario (KFT, 2012).

Der har i projektet ikke været fokus på de modsatrettede effekter, såfremt det kan give en positiv effekt. En ændring af strømningsretning i grundvandet kan f.eks. godt betyde, at forureningen ikke længere truer en aktuel indvinding, da fanen nu trækkes i en anden retning. I en sådan situation vil risikovurdering fortsat være robust i forhold til det niveau, som den blev udført på.

Jordforureningers påvirkning af vandløb og søer vurderes ud fra vandføringen og fortyndingen, hvorved det er klimaændringernes indflydelse herpå, der vurderes. Kyster og fjorde kan bl.a. vurderes i forhold til havstigninger og oversvømmelser som følge af klimaændringerne. Jordforureningers påvirkning af søer vurderes ud fra modellerede fortyndinger, hvori der indgår flere faktorer, som ikke direkte kan kobles med klimapåvirkningerne på en simpel måde.

1.6 Definitioner

I dette afsnit er der foretaget en opsamling på flere af de begreber, der anvendes igennem denne rapport.

1.6.1 Risikovurdering af jordforurening

Når der er gennemført en forureningsundersøgelse, vil der blive udarbejdet en risikovurdering af den forurening, som er på den pågældende lokalitet. En indsats kan være i forhold til grundvandet, arealanvendelsen eller nærliggende overfladevand. En risikovurdering er således en vurdering af de miljø- og sundhedsmæssige konsekvenser af en forurening (Miljøstyrelsen 1998).

Risikovurdering tager udgangspunkt i konkrete situationer og bygger bl.a. på de forurenede stoffer, der er konstateret på lokaliteten samt de spredningsveje, der er i en aktuel situation. Den bygger således på resultaterne af de udførte undersøgelser, herunder art og omfang af forureningen samt områdets geologiske, hydrogeologiske og hydrologiske forhold. Den indeholder en farlighedsvurdering af de stoffer, der er konstateret og en sårbarhedsvurdering i form af gennemgang af mulige spredningsveje (Miljøstyrelsen, 1998).

1.6.2 Konceptuel model og typologier

En *konceptuel model* er en formuleret hypotese for, hvordan et system eller en proces virker. Det vil sige, at en konceptuel model er en kombineret beskrivelse af det, man ved, og det man tror. En konceptuel model kan i princippet opstilles på alle vidensniveauer – men detaljeringsgraden vil selvfølgelig i høj grad være afhængig af datagrundlaget (Tuxen, 2009). En konceptuel model indeholder således både en hypotese for lokalitetens hydrogeologiske billede (*typologi*), forureningsforhold, samt hypoteser for hvilke processer, der foregår på lokaliteten (herunder spredningsveje, nedbrydning, sorption osv.)

En typologi er således i dette projekt et billede af lokalitetens geologi og hydrogeologi, hvor de vigtigste transportveje for vandet er beskrevet. Typologien indeholder ikke oplysningerne om forureningstypen eller processer, men sætter den fysiske ramme for disse.

I nærværende projekt er der defineret meget simple typologier, der kan beskrive en risiko i forhold til det førstkomende betydende magasin. Disse vurderes i forhold til øvre grundvandsspejl, som dels kan henføres til et hængende vandspejl, som kan skyldes ikke sammenhængende grundvand i "lommer" i moræneleren eller til et egentligt magasin. På baggrund af de tilgængelige data er det ikke muligt at skelne mellem dette. Derfor antages det, at der er mættede forhold under det øvre grundvandsspejl, velvidende at kan forekomme umættet zone under f.eks. et lokalt hængende vandspejl.

1.6.3 Spredningsveje

Med det menes transportveje for forureningen. I dette projekt fokuseres på *stoffets transport i vand* som det primære medie til forureningsspredning. Der er ikke medtages strømning af fri fase forurening, da der ikke vil være tilgængelige data herfor i forbindelse med niveauet for screeningen i nærværende projekt.

1.6.4 Betydende klimaelementer og afledte effekter

Med termen klimaelementer, menes de klimatiske ændringer og deres *direkte effekter* på vandbalancen. Det vil sige øget nedbør og deraf øget grundvandsspejl samt øget grundvandsdannelse. Tilsvarende er den øgede havvandstand og øgede temperaturer også betydende elementer. Endelig vil kraftigere og hyppigere ekstremhændelser medføre oversvømmelser på land fra både havet, vandløb, og lokal overfladisk afstrømning.

De *afledte effekter* af den øgede nedbør er ændret afdræning, opfugtning af tørre lommer, ændrede redoxforhold, og ændrede strømningshastigheder og -retninger, som kan føre til en øget udvaskning og en ændring af slutreceptor og dermed en ændret risikovurdering. Det er dermed resultatet af klimapåvirkningen på forureningsbilledet på lokaliteten.

Det samlede overblik over disse klimaændringer og deres direkte effekter på vandbalancen samt afledte effekter på udvaskningen er illustreret på figur 3.1.

1.6.5 Risikoindikatorer

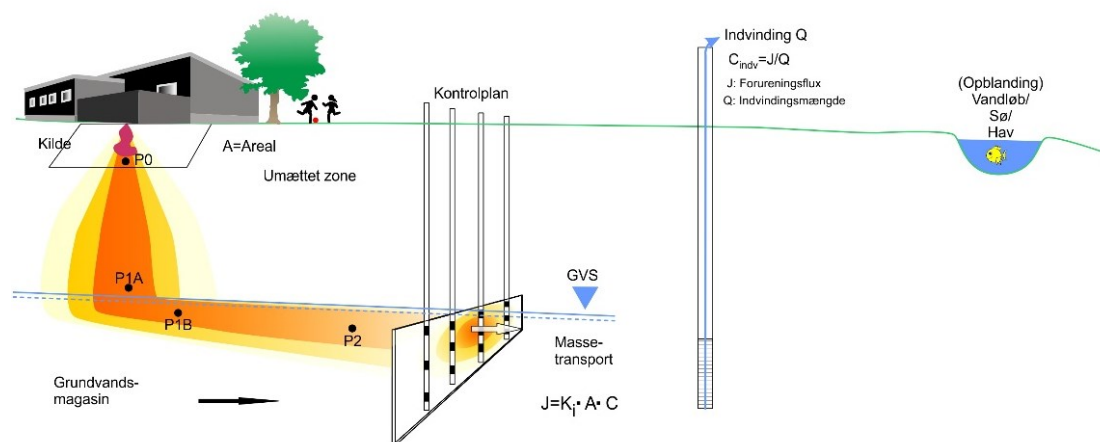
Risikoindikatorer er en kombination af forhold (typologi, forureningstype og elementer), der påvirker forureningsspredning fra en given lokalitet på en måde, hvor den oprindelige risikovurdering for lokaliteten bliver mindre robust. Disse indikatorer er indbygget i en matrice, som skal bidrage med en scoring i forhold til, hvor meget de enkelte forhold vurderes at påvirke hinanden. Der er opstillet en risikomatrice for lokaliteter med jordforureninger, som vurderes at påvirke grundvandet og lokaliteter med jordforureninger, som vurderes at påvirke nærliggende overfladevand. Matricen er vedlagt i bilag 2.

2 Risikovurdering af jordforurening

Dette afsnit beskriver, hvilke elementer, der indgår i en risikovurdering af jordforurening, som truer grundvand eller nærliggende overfladevand. Der er derfor først foretaget en kort gennemgang af de processer, der indgår i en vurdering af forureningen. Herefter er der en beskrivelse af de valgte typologier, som skal anvendes til at beskrive de geologiske og hydrogeologiske elementer samt mulige spredningsveje for forureningen. Endelig er der en kort gennemgang af de modelstoffer med tilhørende egenskaber, som skal indgå i den landsdækkende screening.

2.1 Risikovurdering af jordforureninger

En risikovurdering er ofte bygget op omkring en konceptuel forståelse af forureningssituationen på den enkelte lokalitet. Figur 2.1 viser en almindelig konceptuel model for spredning af forurening fra en punktkilde, der er beliggende i den umættede zone på en lokalitet. Der regnes typisk med to spredningsmekanismer; lodret forureningstransport gennem umættet zone til grundvandsspejlet og vandret transport med grundvandets strømning.



FIGUR 2.1 GENEREL KONCEPTUEL MODEL FOR RISIKOVURDERING AF GRUNDVANDSFORURENING FRA EN PUNKTKILDE PÅ LOKALSALA. P1A, P1B OG P2 REPRÆSENTERER KONTROL-PUNKTER, SOM TYPISK ANVENDES I RISIKOVURDERING. DEN VERTIKALE FLUX FRA KILDEN KAN BEREGNES VED AT GANGE (DEL)AREAL (A) MED NETTOINFILTRATIONEN (I) OG EN ANTAGET VANDKONCENTRATIONEN (C) FOR AREALET, JF LIGNINGEN $J=I \cdot A \cdot C$. FLUXEN KAN OGSÅ BEREGNES VED ET KONTROPLAN I FANEN JF. LIGNINGEN $J=K \cdot A \cdot C$, HVOR K ER LEDNINGSEVNE I KONTROPLANEN, A ER KONTROPLANENS AREAL OG C ER KONCENTRATIONEN I KONTROPLANEN. FLUXEN KAN FORTYNDEN I INDVINDINGS-MÆNGDEN (Q) I TILFÆLDET AF AT SLUTRECEPTOREN ER ET MÅLFAST VANDLØB KAN FORURENINGS-FLUXE OPBLANDES I VANDLØBET (MILJØSTYRELSEN 2014E)

Overordnet anvendes der fire tilgange til risikovurdering af jordforureninger:

- Risikovurdering baseret på koncentration jf. Miljøstyrelsens vejledning nr. 6, 1998 (Miljøstyrelsen, 1998) og JAGG-modellen. Resultatet, som er en beregning af forureningskoncentrationer i grundvandszonen i et kontrolpunkt, eks. P1B eller P2, kan herefter sammenlignes med grundvandskvalitetskriterier for det pågældende stof.

- På højere vidensniveauer kan det være hensigtsmæssigt at nuancere risikovurderingen ved ikke kun at beregne koncentrationen, men også af fluxen af forureningskomponenter. Denne type risikovurdering baseres på massestrømmen, hvor fluxen fra lokaliteten fortynnes op i det årligt indvundne grundvandsvolumen på en faktisk eller fiktiv kildeplads. Princippet er, at kvalitetskriteriet skal være overholdt i indvundet grundvand (Miljøstyrelsen 2011b).
- Miljøstyrelsens screeningsværktøj til overfladevandstruende forureninger. Principperne herfor er beskrevet i Miljøstyrelsen 2014d.
- Konkret vurdering af risiko for påvirkning af overfladevand, når der foreligger mere detaljerede data for en specifik lokalitet, f.eks. prøvetagning i overfladevandet, mere avancerede målinger af vandføring eller lignende.

Der knytter sig mange usikkerheder til beskrivelsen af udvaskningen for en lokalitet; fra usikkerheder på parameterværdier til usikkerheder i den konceptuelle beskrivelse. Derudover kan der være usikkerhed knyttet til parametre og konceptuel forståelse af transporten og processer i grundvandsmagasinet. De vigtigste parameterusikkerheder ved risikovurdering samt omfanget af denne usikkerhed, som bygger på erfaring fra risikovurderinger, fremgår af i Tabel 2.1.

Parameter	Kommentar	Usikkerhed i (størrelsesorden)
Infiltration (I)	Infiltration er et centralt element i risikovurdering. Oftest anvendes der konservative opslagsværdier for denne, baseret på nettonedbørsdata. Befæstelsesgrad og overfladetype er helt afgørende for infiltrationens størrelse, men er ofte overset i beregningerne.	1
Koncentration (C)	Det kan være svært at vurdere om de tilgængelige værdier for koncentration af forurenede stoffer er repræsentative for arealet. Dette vil afhænge af undersøgelsesgrundlaget.	1-2
Fri fase	Tilstedeværelse af fri fase kan betyde at den forventede forureningsmasse er meget større end hidtil antaget. Det kan dog være svært at fastslå og kvantificere mængden af fri fase. Usikkerheden på massebestemmelsen har ofte kun en lille indflydelse på massestrøm/resulterende koncentration i GV men har stor betydning for påvirkningens varighed.	2-3
Areal (A)	En præcis kortlægning af forureningsarealet kræver uforholdsvis mange prøver. Det er derfor ofte tale om et estimat.	0,5-1
Strømningsretning	Når risikovurdering udføres for konkret indvinding eller slutreceptor, er viden om strømningsretningen afgørende. Beliggenhed nær grundvandsskel samt ændringer i grundvandsspejl kan påvirke denne.	-
Horisontal ledningsevne	Denne parameter har betydning for, hvor hurtigt forureningen spreder sig. Kan variere med flere størrelsesordener.	1-4
Vertikal ledningsevne	Denne parameter har betydning for, hvor hurtigt nedsvivning sker til det underliggende magasin. Sprækker og linser i et dæklag kan forårsage store variationer.	1-4

Parameter	Kommentar	Usikkerhed i (størrelsesorden)
Nedbrydning	Oftest overses nedbrydning i forbindelse med risikovurderingen pga. vanskeligheder i påvisning og kvantificering af nedbrydningsraten. Effekten afhænger af opholdstiden i det betragtede system.	2
Sorption	Sorption er afgørende for forureningsstofferne tilbageholdelse. Der anvendes oftest opslagsværdier for forskellige geologiske medier og stoffer.	1

TABEL 2.1
USIKKERHEDER I RISIKOVURDERING AF JORDFORURENINGER JF. ORBICONS ERFARINGER.

2.2 Typologier

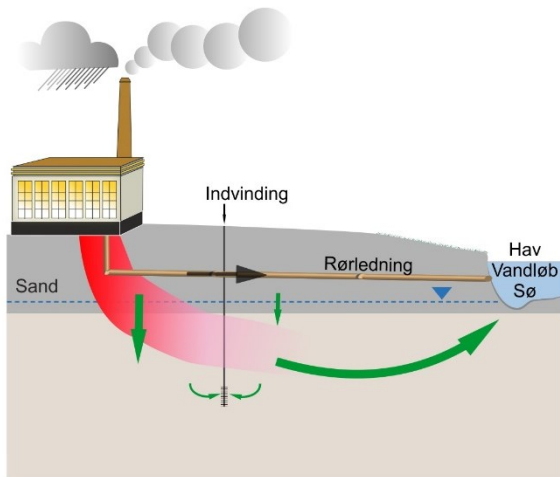
I forbindelse med risikovurdering af jordforureninger opstilles der ofte en konceptuel model. Denne tager udgangspunkt i nogle generelle typologier, som viser lokalitetens geologi og hydrogeologi, hvor de vigtigste transportveje for vandet er beskrevet. En definition på konceptuel model og typologi er nærmere beskrevet i afsnit 1.6.2. Ud fra disse typologier kan der udpeges transportveje, som anvendes i forbindelse med vurdering i forhold til påvirkning fra klimaændringerne. Der er i to tidligere projekter (Miljøstyrelsen 2014a og 2015) udpeget nogle generelle typologier for lossepladser og andre forureningskilder, der truer overfladevand.

I nærværende projekt skal der gennemføres en *screening*, som skal inddele de gennemførte risikovurderinger i tre kategorier (ringe, mellem og god) jf. afsnit 1.4. Da der er tale om en screening, er der valgt simple typologier, som vil kunne repræsentere de geologiske og hydrogeologiske forhold til det førstkommende betydende grundvandsmagasin og nærliggende overfladevand. Der er tale om en grov forsimpning, da tanken er at samle størstedelen af lokaliteterne i Danmark i få typologityper for at bevare den overordnede tilgang.

Der er således valgt at opstille tre typologier, som skal anvendes i forbindelse med screening af risikovurderingernes robusthed. Der er valgt tre geologiske hovedtyper, som på en forsimplet måde repræsenterer de overordnede forhold i Danmark. Hovedtyperne er inspireret af tidligere projekter (Miljøstyrelsen 2011a), men yderligere forsimplet, idet fokus i nærværende projekt er på de øverste hydrogeologiske lag, hvor de fleste forureninger ofte ligger, og hvor det forventes at klimaændringerne påvirker mest.

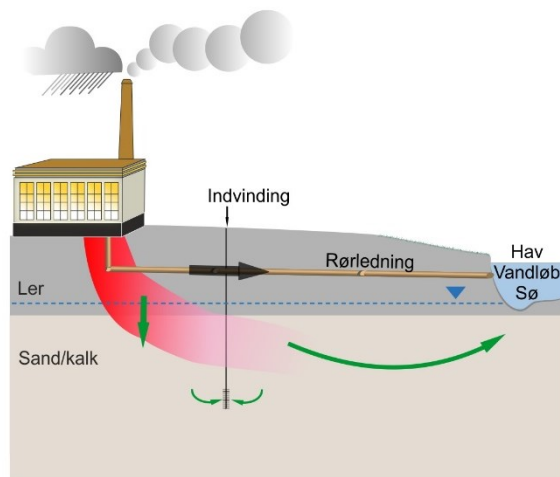
Ved alle typologier er der opstillet en mulig nærliggende overfladevandstype; vandløb/sø eller kyst/fjord/hav. I nærheden af kysterne er der ofte begrænsede drikkevandsinteresser og det vurderes, at der sjældent vil være en risiko for påvirkning af grundvandsinteresserne, når forurenede lokaliteter ligger kystnært. Der kan dog være enkelte steder, hvor en kystnær lokalitet vil ligge inden for et opland til en almen vandforsyning. Ses der bort fra en grundvandsrisiko fra kystnære lokaliteter og sammenholder det med, at der i disse områder, vil være størst risiko for øget oversvømmelse som følge af klimapåvirkningerne (stormflod), vil valget af typologi ikke have nogen betydning for robustheden af risikovurderingen i disse områder. Det vil udelukkende være følgerne af oversvømmelsen, der vil kunne have indflydelse på robustheden af risikoen over for overfladevandet (kysten, fjorden el.lign.).

Typologi 1



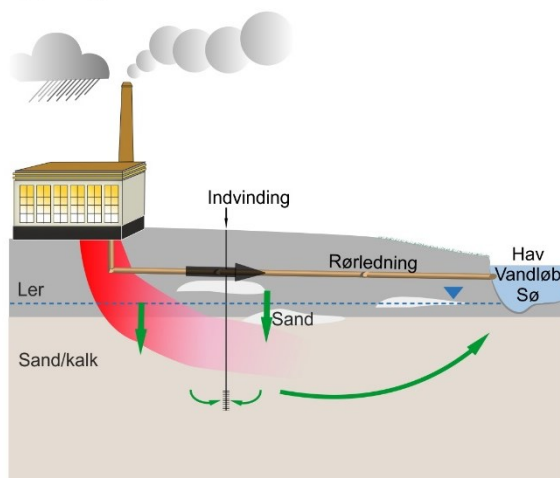
Sand/kalkmagasin uden dæklag, med indvinding fra forskellige dybder

Typologi 2



Kalk- eller sandmagasin overlejret af opsprækket moræneler med forskellig lagtykkelse.

Typologi 3



Kalk- eller sandmagasin overlejret af opsprækket moræneler af varierende tykkelse med flere indslag af sand

FIGUR 2.2
TYPOLOGIER SOM INDGÅR I DEN LANDSDÆKKENDE SCREENING.

Som det fremgår af Figur 2.2 er der defineret tre typologier. Kort med de tre typologier er vist i Bilag 3.9:

2.2.1 Typologi 1

Sand/kalkmagasin uden dæklag og med indvinding fra forskellige dybder. Denne type geologi findes regionalt udbredt i Jylland vest for hovedopholdslinjen (sandmagasiner), og tillige lokalt i resten af landet som større eller mindre vinduer i lerdæklagene. Som det fremgår af Figur 2.2 er den interessante stoftransport i forhold til risikovurdering af jordforurening, overordnet vertikal i de øvre lag for denne type lokaliteter. Der kan naturligvis forekomme mere komplekse strømningsmønstre, f.eks. nær vandskel eller udstrømningsområder. Men det vurderes ikke muligt at lade disse betragtninger indgå på nærværende screeningsniveau. Den vertikale stoftransport vil ud fra en overordnet betragtning repræsentere worst case scenariet for forureningsspredningen og vil dermed være en konservativ betragtning i forhold til vurdering af robustheden.

2.2.2 Typologi 2

Kalk- eller sandmagasin overlejret af opsprækket moræneler med forskellig lagtykkelse. Dæklaget er gennemgående. Moræneler er den mest udbredte dæklagsstype i Danmark og findes dermed både som dæklag over grundvandsmagasiner af sand og kalk. Sandmagasiner findes udbredt øst for sidste istids hovedopholdslinje (østlige og nordlige Jylland, Fyn og NØ-V Sjælland) samt i bakkeøerne i Midt- og Vestjylland og på Bornholm. Grundvandsmagasiner, bestående af kalk, findes særligt på det østlige og sydlige Sjælland samt i det nordlige Jylland. I denne hovedtype kan der ofte være etableret dræn for at komme af med overskydende vand. For lokaliteter med denne typologi foregår der både vertikal og horisontal (terrænnær) stoftransport. I de tilfælde, hvor der er installeret dræn, er den terrænnære stoftransport større (Miljøstyrelsen 2011a).

2.2.3 Typologi 3

Kalk- eller sandmagasin overlejret af opsprækket moræneler af varierende tykkelse med flere indslag af sand, som i nogle tilfælde skaber direkte forbindelse til det underliggende grundvandsmagasin. Denne hovedtype er en variant af ovenstående typologi 2, hvor der forekommer sandvinduer eller skråtstillede flager i morænelerslaget nedenunder. For lokaliteter med typologi 3 foregår der både vertikal og horisontal (terrænnær) stoftransport.

Ved alle typologier er det valgt at placere forureningen i både den mættede og umættede zone for at kunne diskutere betydningen af ændringer i vandspejlsniveau, se afsnit 3.2.2. Forureningens placering i den umættede eller mættede zone har betydning for både forureningens spredning i jord, vand og poreluft og forureningens skæbne, da processer som nedbrydning og sorption kan være redoxsensitive.

Screeningen gennemføres i forhold til det øvre grundvandsspejl, der dels kan henføres til et hængende vandspejl, som kan skyldes ikke sammenhængende grundvand i ”lommer” i moræneleren og dels til et egentligt magasin. På baggrund af de tilgængelige data er det ikke muligt at skelne mellem disse to former for vandspejl. Derfor antages det, at der er mættede forhold under det øvre grundvandsspejl, velvidende at der kan forekomme umættet zone under f.eks. et lokalt hængende vandspejl.

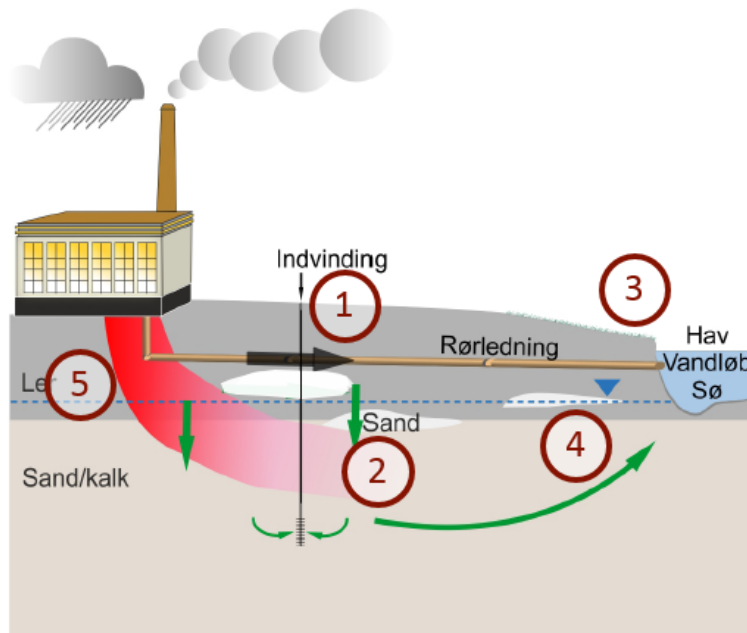
Generelt er der ved alle typologier antaget, at der på lokaliteten generelt findes rørledninger i form af kloak, regnvandsledninger eller dræn. Disse rørledninger og traceer kan sprede forureningen horisontalt mod en nærliggende overfladerecipient. Da langt de fleste forurenede lokaliteter ligger i industriområder eller i byområder, vurderes tilstedeværelse af dræn, kloakker og lignende at være en rimelig antagelse. Der kan dog forekomme ikke-kloakerede områder i det åbne land på grund af de geologiske forhold (typisk sandjorder), hvorved antagelsen om dræn, kloakker og lignende ikke vil være retvisende. Antallet af lokaliteter uden dræn, kloakker og lignende i typologi 3, vurderes at være meget lav og derfor ikke af betydning ift. en landsdækkende screening.

2.2.4 Spredningsveje

Spredningsvejene for forurening er markeret på Figur 2.2. For hver typologi er den/de vigtigste transportveje markeret med grønne pile. Når der ses på spredningsveje i de tre typologier er dette vist som stoffets spredning via vandets transport. Forureningsspredning i poreluft ligger uden for projektets ramme og er kort diskuteret i afsnit 1.5.2.

Nedenfor er opsummeret de mulige spredningsveje, som kan indgå i en risikovurdering af grundvandstruende og/eller overfladevandstruende forureninger. Disse er vist i Figur 1.1 og Figur 2.3 og er efterfølgende uddybet i forhold til de tre typologier, som er beskrevet i afsnit 1.6.2 og afsnit 2.2.

1. Stoftransport via drænrør og grøfter og kloakker/regnvandsledninger (terrænnær stoftransport). I byområder forekommer der oftest kloakker, mens der i det åbne land oftest er tale om dræn. De fleste punktkilder, undtagen lossepladser, ligger dog i by- og industriområder, hvorfor det vurderes, at kloakkerne vil være den primære terrænnære spredningsvej. Det skal bemærkes, at spredning via dræn er mere direkte end øvrige ledningstracéer, da der i sidstnævnte er tale om indsivning i utætte ledninger og transport via ledningsgrave
2. Nedsivning til underliggende grundvand og transport til indvindingsboring.
3. Overfladisk stoftransport (terrænnær stoftransport) til overfladerecipient.
4. Stoftransport via terrænnært grundvand til recipient eller til dybereliggende grundvand, når der forekommer et vindue i dæklaget.
5. Diffusiv transport i moræneler.



FIGUR 2.3 FEM MULIGE SPREDNINGSVEJE.

Ad 1

På mange lerede lokaliteter (typologi 2 og i nogle tilfælde typologi 3) er der etableret drænløsninger til afledning af regnvand. Kloakker og regnvandsledninger er også ofte en vigtig spredningsvej for forureninger på lokaliteter, hvor der ellers ikke forekommer terrænnært grundvand.

Nøgleparametre for vurdering af stoftransport via drænrør og grøfter er:

- Tilstedeværelse af dræn/grøfter på og evt. nedstrøms lokaliteten.
- Skaber dræn/grøfter kontakt mellem de mulige kildeområder og overfladevand?
- Kan øget grundvandsspejl resultere i, at kloaksystemet virker som spredningsvej for grundvandsbåren forurening?
- Kan sandfyldte ledningstraceer udgøre nye spredningsveje - særligt i områder med lerede jordlagsforhold? (Sørensen et al., 2012).

Ad 2

Nedsivning til underliggende grundvand ved hjælp af nedbør er en af de vigtigste transportveje for forureningsspredning til underliggende grundvandsmagasiner. Risikovurderingen af jordforurening over for grundvandet udføres ofte baseret på denne transportvej. Denne spredningsvej kan påvirkes af klimatiske ændringer, så som øget nettonedbør, eller ekstremregnhændelser, der mætter jordmatrixen, se afsnit 3. Ved type 1 lokaliteter vil hovedparten af stoftransport foregå ad den vej.

Ad 3

I forhold til overfladisk stoftransport er forventningen, at den oftest optræder i forbindelse med igangværende virksomheders aktiviteter. Det er her, at der kan forekomme ”nye” mobile spild, som kan medføre en stoftransport mod nærliggende overfladevand. Igangværende virksomheder kortlægges dog som udgangspunkt ikke på V1, da de er omfattet af miljøbeskyttelsesloven og forurening herfra vil kunne imødegås med påbud. På de V1-kortlagte lokaliteter, som er omfattet af regionens offentlige indsats, og hvor der skal igangsættes indledende undersøgelser, stammer et evt. overfladespild oftest fra kilder, som ikke længere er i drift, hvorved der forventes at være sket en stor nedbrydning og fortynding, som begrænser forureningsstyrken og -mobiliteten. Derfor vil de V1-kortlagte lokaliteter oftest ikke længere give anledning til en væsentlig overfladisk stoftransport mod nærliggende overfladevand. Der kan dog være undtagelser, som f.eks. ikke tømte olieudskillelere, som løber over i regnevej, overjordiske tanke, som ikke anvendes længere, men som ikke er tømt for produkt og kraftig overfladespild på ubefæstede skrånende arealer eller arealer med fyldjord. Derfor indgår stoftransport via overfladeafstrømning i den konceptuelle model (Miljøstyrelsen 2015).

Ad 4

Stoftransport via det terrænnære grundvand kan forekomme på sandede lokaliteter, som i typologi 1 eller igennem sandlinser som i typologi 3. Denne transportvej kan være med til at sprede forureningen til nærliggende overfladevand. Derudover kan horisontal spredning i de øvre jordlag resultere i en påvirkning af det dybereliggende grundvand, hvis der forekommer hydraulisk kontakt længere væk fra punktkilden.

Ad 5.

Diffusiv transport er en vigtig proces for spredning af forureningsstoffer i punktkilder i moræneler. Processen er langsom og stofferne spredes over meget korte afstande. Diffusion giver anledning til langsom udvaskning, idet der kan ophobes store mængder af et stof i jordlommer, som ikke har god hydraulisk kontakt til det øvrige system.

2.3 Forureningsstoffer

I et tidligere projekt (Miljøstyrelsen 2014c) er der på de forurenede lokaliteter i Danmark registreret 1.640 stoffer ved en gennemgang af regionernes nationale jordforureningsdatabase, DK Jord. Gennemgangen af stofferne er foretaget i forbindelse med screening af overfladevandstruende forureninger. I projektet blev disse stoffer reduceret til en bruttostofliste på 337 stoffer. Heraf er der identificeret 232 kritiske stoffer, som udgør en nettostofliste, hvor alle stoffer er allokeret et miljøkvalitetskrav. Der er tale om kritiske stoffer i forhold til overfladevand, som dog også vurderes at være de samme stoffer, som kan antages at være kritiske over for grundvand, da der er tale om mobile

persistente stoffer. Derfor arbejdes der i nærværende projekt videre med denne definition på kritiske stoffer.

På lokaliteter med en V1-kortlægning er der ikke en konkret viden om stoffer. Derfor tages der udgangspunkt i det arbejde, der er foretaget i det tidligere projekt (Miljøstyrelsen 2014c), hvor der for hver branche og aktivitet er koblet potentielle stoffer på. Disse stoffer vil herefter repræsentere forureningsforholdene på lokaliteter med en V1-kortlægning. Denne betragtning er ligeledes foretaget på lokaliteter med en V2-kortlægning således, at der både screenes på de konkrete stoffer, der er indberettet i forbindelse med V2-kortlægningen og på de potentielle stoffer, der kan være på baggrund af branchen og/eller aktiviteten. Dette er foretaget for et opnå en mere konservativ screening.

I (Miljøstyrelsen 2014c) er der ligeledes defineret 16 modelstoffer for de miljøfremmede stoffer og 3 supplerende stoffer, som repræsenterer perkolatstofferne i lossepladser. En opgørelse viser, at hovedparten af de stoffer, der er årsag til kortlægning på V1 (på baggrund af branche/aktivitet med stofgruppen tilknyttet) og til kortlægning på V2, tilhører stofgruppen med chlorerede opløsningsmidler svarende til 44 % af de kortlagte lokaliteter (Miljøstyrelsen 2014c). Der er flere af modelstofferne, som tilhører samme stofgruppe. Der er derfor valgt i nærværende screening at reducere antallet af modelstoffer til 9 stoffer således, at hver stofgruppe er repræsenteret. I forhold til den landsdækkende screening vurderes det tilstrækkeligt med ét stof, som repræsenterer hver stofgruppe, da de egenskaber, der skal tilknyttes ikke afviger væsentligt fra de andre stoffer inden for samme stofgruppe.

Der er valgt at skelne mellem mobile og immobile metaller. De immobile metaller (bly, cadmium, kobber, nikkel, og zink) vurderes yderst sjældent at udgøre en risiko for grundvandet. Den påvirkning, der kan forekomme af overfladevand, vil skyldes overfladeafstrømning i forbindelse med oversvømmelse. Såfremt en oversvømmelse forårsager mobilisering af partiklerne med immobile metaller, vurderes påvirkningen dog at være minimal i forhold til andre faktorer, som kommer i spil. Det kan bl.a. være vej og tagvand, som også indeholde tungmetaller og andre forbindelser der vil ende i overfladevandet. Det er derfor valgt, forud for den landsdækkende screening, at foretage en frasortering af de lokaliteter, som udelukkende er forurenede eller hvor der er mistanke om forurening med immobile metaller. I screeningen der dermed kun medtaget de mobile metaller.

Derudover er det valgt at samle to modelstoffer i en gruppe, benævnt "Andet", da disse ifølge Miljøstyrelsen 2014c kun sjældent er årsag til kortlægning. De vil således ikke blive vurderet hver for sig i forhold til risikoindikatorer i forbindelse med den landsdækkende screening. I stedet vil det være stoffer, man skal se nærmere på i lokale analyser.

I nedenstående Tabel 2.2 er angivet, hvilket modelstof, der vil indgå i den landsdækkende screening. I parentes er angivet de modelstoffer fra Miljøstyrelsen 2014c, som er lagt ind under det valgte modelstof.

Type	Modelstof (Modelstof som indgår i samme stofgruppe)	Stofgruppe	Kommentar
1	MTBE	Polære opløsningsmidler	Repræsenterer en række forskellige vandopløselige opløsningsmidler (16 parametre), dog med forskellige egenskaber. MTBE er en almindelig forekommende forureningskomponent ved benzinforureninger (tilsætningsstof i benzin), men stoffets skæbne er anderledes end for oliekulbrinter. MTBE er mobilt i grundvand og dermed potentielt risikostof.
2	Trichlorethylen (1,1,1-trichlorethan og chloroform, 2,6-dichlorphenol)	Chlorerede opløsningsmidler og chlorphenoler	Repræsenterer 10 umættede chlorerede kulbrinter indberettet til DK-jord som kortlægningsgrundlag, samt en række chlor og nitrophenoler. TCE er en almindelig forekommende forureningskomponent, som ofte findes sammen med en række af nedbrydningsprodukter, som dichlorethylen og vinylchlorid og er også selv et nedbrydningsprodukt af PCE (perchlorethylen /tetrachlorethylen). Chlorerede opløsningsmidler og chlorphenoler er mobile i grundvand og er ikke nedbrydelig under aerobe forhold.
3	Dieselolie	Olie- og benzinerprodukter	Repræsenterer 12 forskellige typer olieprodukter, der er indberettet til DK-jord som kortlægningsgrundlag. Diesel har olieculbrinter i kogepunktsinterval C 10 -C 25, og såfremt der ses bort fra aromatiske kulbrinter eller NSO-forbindelser, kan stoffet forventes at repræsentere fanelængden (afstandskriteriet) og fluxen i grundvand for gruppen.
4	Fluoranthen	PAH'er	Repræsenterer de vandopløselige PAH-forbindelser. Fluoranthen er en almindelig forekommende forureningskomponent ved forureninger med PAH'er, som findes sammen med en række af andre PAH'er. Der findes et kvalitetskriterium i forhold til grundvand og overfladevand. Fluoranthen er forholdsvis mobil i grundvand i forhold til mange andre PAH'er. I denne gruppe (i alt 57 parametre) er dog medtaget en række tunge kulbrinter som ellers ikke vil blive medtaget i nettostofflisten, herunder DDT'er og tributyltinforbindelser som har lave vandopløseligheder, men endnu lavere kvalitetskrav i overfladevand.

Type	Modelstof (Modelstof som indgår i samme stofgruppe)	Stofgruppe	Kommentar
5	Arsen	Mobile metaller (og halvmetaller)	Repræsenterer en række toksiske metaller (16 parametre) Metallerne kan mobiliseres ved ændringer i redoxforhold. Arsen er mere mobil ved reducerede forhold mens chrom er mere mobil ved oxiderede forhold.
6	Benzen (phenoler)	BTEX'er og lignende Phenoler	Repræsenterer en række aromatiske kulbrinter (TEX), C 9 -C 10 aromater, styren og benzin, som er indberettet til DK-jord som kortlægningsgrundlag (i alt 19 parametre). Derudover repræsenteres phenoler af samme modelstof. Benzen er en almindelig forekommende forureningskomponent. Benzen og phenoler er mobile i grundvand, og nedbrydelig under aerobe forhold, dog i begrænset omfang under anaerobe.
7	Mechlorprop (Atrazin)	Pesticider	Repræsenterer en række pesticider med mange forskellige egenskaber (6 parametre). Mechlorprop er en almindelig forekommende forureningskomponent ved punktkildeforureninger med pesticider (vaskepladser, lossepladser) som ofte findes sammen med en række af andre pesticider. Mechlorprop er mobil i grundvand og er nedbrydelig under aerobe forhold.
9	Lossepladsperkolat	Lossepladsperkolat	Lossepladsperkolat kan indeholde en række uorganiske forbindelser, samt adskillige af ovenstående miljøfremmede stoffer. I dette projekt er lossepladsperkolat et stof der forventes at være mobil og ikke nedbrydeligt.
10	Andet (chlorbenzen og 4-nonylphenol og cyanid)	Andet	Denne gruppe repræsenterer stoffer, som enten kun sjældent er årsag til kortlægning eller vurderes at være immobile i forhold til en grundvandstransport. De vil indgå som en gennemsnitlig stofgruppe i den landsdækkende screening. Der vil herefter skulle en lokal analyse til vurdering af de enkelte stoffer.

TABEL 2.2

MODELSTOFFER, SOM INDGÅR I DEN LANDSDÆKKENDE SCREENING. I PARENTES ER ANGIVET DE MODELSTOFFER FRA MILJØSTYRELSEN 2014C, SOM REPRÆSENTERES AF DET VALGTE STOF I NÆRVÆRENDE LANDSDÆKKENDE SCREENING.

Ovenstående modelstoffer vil indgå i vurderingen af de risikoindikatorer, der skal medtages i den landsdækkende screening. Effekterne fra de klimaelementer, som modelstofferne skal vurderes i forhold til, vil være afhængig af stoffernes egenskaber, herunder mobilitet, forventet dybde og nedbrydningsforhold. Det kan f.eks. være i forhold til stigning i grundvandsspejlet, som vil være af-

hængig af i hvilken dybde man typisk finder en forurening med det aktuelle modelstof. Dette er listet i nedenstående Tabel 2.3.

Type	Modelstof	Mobilitet	Nedbrydningsforhold	Forventet dybde i typologi 1	Forventet dybde i typologi 2 og 3	Bemærkning
1	MTBE	Meget mobilt i vand og LNAPL	Aerob	3 til under gvs	3 til under gvs	Meget mobilt stof der udvaskes med regnvandet og optræder oftest som grundvandsforurening.
2	Trichlorethylen	Meget mobilt i vand og DNAPL	Anaerob	5 til under gvs	4-10	Ofte ophobes forureningen under redoxgrænsen i lerede lokaliteter, da spredning i de øverste lag sker igennem sprækker.
3	Dieselolie	Mobilt i vand og LNAPL	Aerob	3- under gvs	3-8	Forurening optræder oftest fra 3-4 m hvor tankens bund var.
4	Fluoranthren	Mobilt i vand	Aerob	0-3m	0-3	Forurening med PAH'er optræder i de øverste jordlag.
5	Arsen	Mindre mobil, mobilitet er redoxsensitiv	Ikke nedbrydeligt	2-5	0,5-5	Forurening med metaller optræder oftest i de øverste jordlag.
6	Benzen	Meget mobilt i vand og LNAPL	Aerob	3- under gvs	3-10	Forurening optræder oftest fra 3-4 m hvor tankens bund var.
7	Mechlorprop	Meget mobilt i vand	Aerob	1- under gvs	1-8	Ofte ophobes forureningen under redoxgrænsen i lerede lokaliteter, da spredning i de øverste lag sker igennem sprækker.
8	Lossepladsperkolat	Mobilt i vand	Ikke nedbrydeligt			Der tildeles ingen dybde, da kun risiko for overfladevand
	Andet	Mobilt i vand	-			Der anføres ingen dybde.

TABEL 2.3 OVERSIGT OVER EGENKABER FOR MODELSTOFFER OG FORVENTET DYBDE, SOM SKAL VURDERES I FORHOLD TIL EFFEKTER FRA KLIMAELEMENTERNE. LNAPL = LIGHT NON-AQUEOUS PHASE LIQUID OG DNAPL = DENSE NON-AQUEOUS PHASE LIQUID.

3 Betydende klimaelementer

I dette kapitel er der en gennemgang af de betydende klimaelementer, som har indflydelse på vurderingen af klimaforandringerne påvirkning af forureningsspredning fra jordforureninger, som vurderes at kunne påvirke grundvandet og nærliggende overfladevand. Der er taget udgangspunkt i det spænd af klimaforandringer, som er beskrevet i henholdsvis DMI (2014) og KFT (2012) – dvs. generelt øget nedbør og deraf øget grundvandsspejl og øget grundvandsdannelse samt højere havvandstand og temperaturer og kraftigere og hyppigere ekstremhændelser. I afsnit 1.6.4 er der en mere uddybende definition på klimaelementerne og de afledte effekter heraf.

I projektet om klimapåvirkning på lossepladser (Miljøstyrelsen, 2014d) er der identificeret en lang række elementer, der kan være betydende for en vurdering af klimaforandringerne påvirkning af forureningsspredningen til grundvand og overfladevand fra lossepladser. Disse elementer er tilsvarende relevante i forhold til punktkilder generelt, og er gengivet i en redigeret form i nedenstående tekst og illustreret i figur 3.1.

Med henblik på den videre kategorisering i afsnit 4 og 5 er der lagt stort fokus på at kvantificere elementerne.

3.1 Antagelser og metode

I den endelige analyse af risikovurderingernes robusthed over for klimaændringerne, er det relevant at vurdere, hvilken periode, der skal betragtes. Mange jordforureninger vurderes at være sket i årene efter 2. verdenskrig, mens udarbejdelsen af gældende risikovurderinger af jordforureningerne først tog fart efter indførelsen af miljøbeskyttelsesloven (Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse nr. 372 af 13/06/1973) omkring 1974 og vedtagelsen af jordforureningsloven (Bekendtgørelse af lov om forurennet jord nr. 370 af 02/06/1999) i 2000. Tilsvarende repræsenterer år 2050 en forventelig deadline, hvor langt den største del af regionernes indsats forventes at være gennemført. Fokusperioden er derfor 1975-2050. I praksis repræsenterer diverse tilgængelige dataudtræk, som benyttes i dette projekt, de forskellige perioder. Disse dataudtræk er ikke interpoleret til den valgte fokusperiode, da det vurderes, at usikkerheden ved forskelle i perioder er væsentlig mindre end de øvrige usikkerheder i denne screening.

De helt basale klimaændringer beregnet af DMI (2014) og KFT (2012) er vist i bilag 1, hvor ændringerne også er omregnet til den valgte fokusperiode.

I kvantificeringen af klimaændringer indgår en række usikkerheder og naturlige variationer (DMI, 2014; KFT, 2012). De største usikkerheder er valget af klimamodel og udledningsscenario.

I KFT (2012) inddeles de ni valgte kombinationer af globale og regionale klimamodeller i henholdsvis en "våd", en "median" og en "tør" klimamodel, som resulterer i henholdsvis relativt store, middel og små kvantitative ændringer af grundvandsdannelse og grundvandsspejl. Den mest robuste screening af disse elementer vil således kunne opnås ved anvendelse af kvantitative ændringer fra en våd klimamodel.

De beregnede ændringer af havniveau, nedbør og temperatur er mere følsomme over for det valgte udledningsscenario, som i DMI (2014) varierer mellem RCP2.6 og RCP8.5, som repræsenterer henholdsvis det laveste og højeste udslip af drivhusgasser. Den mest robuste screening af disse elementer vil således kunne opnås ved anvendelse af kvantitative ændringer fra scenariet med det højeste udslip af drivhusgasser (RCP8.5).

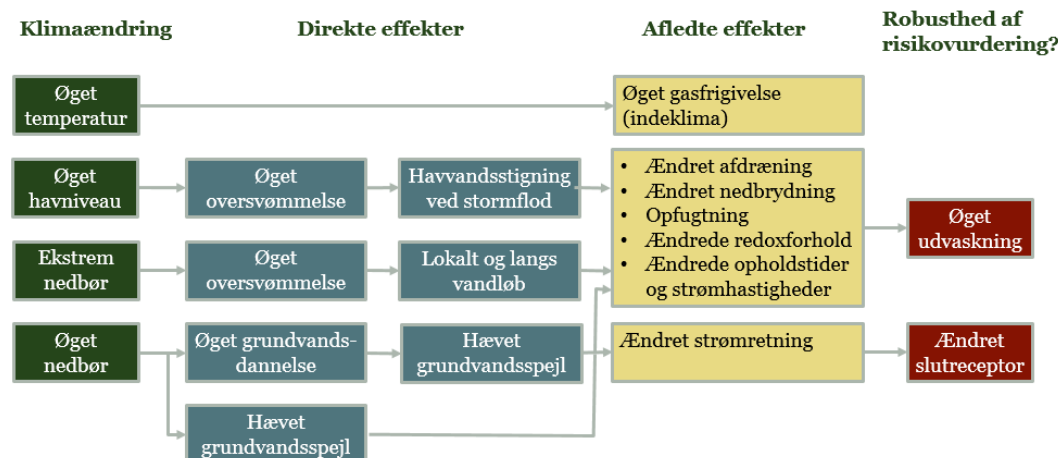
I kvantificeringen af grundvandsdannelse og grundvandsspejl er de beregnede ændringer fra klimamodellerne efterfølgende anvendt i den nationale vandressourcemodel (DK-modellen) for at kunne udtrække disse variable. Usikkerheden på de beregnede ændringer i grundvandsdannelse og grundvandsspejl øges, som følge af de mange parametre i vandressourcemodellen, hvor analyser har vist (KFT, 2012), at det primært er den hydrauliske ledningsevne i de øvre jordlag samt rodzonedybden, som er følsomme ved kvantificeringen i vandressourcemodellen.

Herudover er der store geografiske variationer i de beregnede effekter af klimaændringerne. Det er igen særligt kvantificeringen af grundvandsdannelse og grundvandsspejl fra den nationale vandressourcemodel, der viser store geografiske variationer (KFT, 2012), mens de beregnede ændringer af havniveau, nedbør og temperatur med klimamodellerne viser mindre geografisk variation (DMI, 2014).

3.2 Ændret vandbalance

Den generelt øgede nedbør og hyppigere forekomst af ekstremregn vil have betydning for vandbalancen. Hvordan et givent system reagerer på de ændrede forhold afhænger af en lang række faktorer – ikke mindst de geologiske – og nogle af ændringerne kan have modsatrettede konsekvenser i forhold til udvaskning fra punktkilder. Det kan således være meget svært at gennemskue, hvad den samlede effekt bliver.

Effekterne af klimaændringerne på resten af vandbalancen, og dermed for de relevante elementer i den videre robusthedsanalyse, er illustreret på nedenstående flowdiagram (Figur 3.1). Figuren viser f.eks., at den øgede nedbør giver risiko for øget oversvømmelser og øget grundvandsdannelse/grundvandsspejl, som direkte eller via afledte effekter kan medføre en øget udvaskning af forureningen. De direkte effekter er noget der umiddelbart vil kunne observere og ved vil ske, mens de afledte effekter er sværere at observere og mere usikre. Det som i sidste ende vil kunne ændre på robustheden af vores risikovurdering er enten en øget udvaskning eller en ændring af slutreceptoren, som er det der skal screenes for. I de nedenstående afsnit er redegjort for alle de viste elementer i flowdiagrammet.



FIGUR 3.1 FLOWDIAGRAM MED KLIMAÆNDRINGER (GRØN) OG DERES DIREKTE EFFEKTER PÅ VANDBALANCEN (BLÅ) OG DE HERAF FØLGENDE AFLEDTE EFFEKTER PÅ UDVASKNINGEN FRA PUNKTILDER (GUL), SOM KAN PÅVIRKE ROBUSTHEDEN AF RISIKOVURDERINGEN (RØD).

Det er ikke muligt at estimere detaljerede ændringer i vandbalancen, herunder tærskler for processer. Med ordet tærskel menes her, at en ligevægt tipper til en anden side på baggrund af selv en lille ændring. Det kan f.eks. være, at et vandløb går fra at afgive vand til grundvandet til i stedet at blive grundvandsfødt, fordi grundvandsspejlet stiger en lille smule og gradienten dermed skifter retning, eller at en drænledning bliver aktiv grundet ændring i grundvandsspejl.

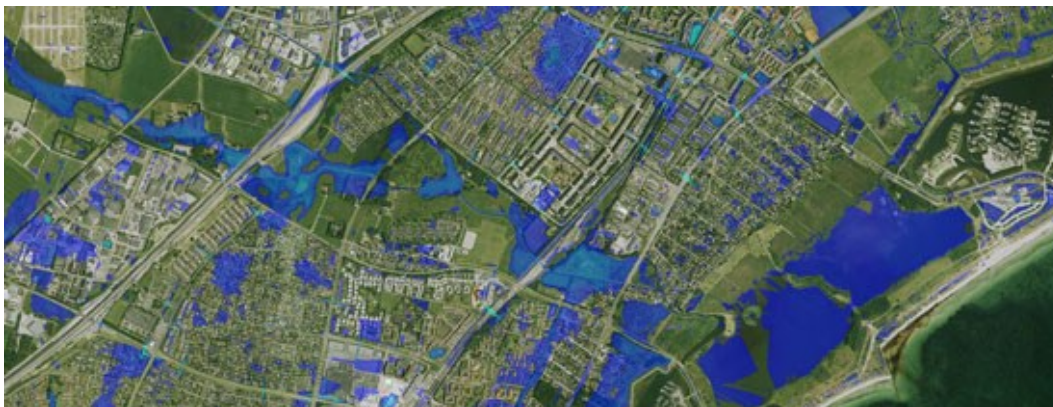
Øget nedbør

Nedbøren er det primære element som ændres i vandbalancen, og da nedbøren er det drivende element i vandbalancen vil denne ændring forplante sig til resten af vandkredsløbet.

Nedbøren i Danmark vil ifølge DMI (2014) stige med gennemsnitligt ca. 3,6 % i perioden 2000 – 2050, som vist i bilag 1. Dette tal indeholder, som de fleste klimaberegninger, en betydelig usikkerhed, og dækker også over betydelige geografiske variationer samt både årstidsvariationer årlige variationer. Sommernedbøren forventes ikke at stige, men kan tværtimod være faldende. Den primære grundvandsdannelse og udvaskning sker i Danmark om vinteren, hvor stigningen i nedbøren er estimeret til mellem 3 og 16 % for perioden 2000 til 2050 (DMI, 2014 – se også bilag 1).

Nedbøren er i sig selv ikke et afgørende element i den videre robusthedsanalyse, da det er effekterne fra nedbøren på henholdsvis grundvandsdannelsen og grundvandsspejlet, som er af betydning.

Effekten af den ekstreme nedbør illustreres ofte på såkaldte blue-spot kort, som vist på Figur 3-2. Nedbøren fordeles her ud over en højdemodel, og samler sig i afløbsløse lavninger i landskabet samt i de sammenhængende vandløbs- og søsystemer. Metoden er relativ simpel og tager ikke forbehold for nedsivning, afdræning og øvrige rørforbindelser, som i de mere detaljerede fysisk baserede strømningsmodeller, men er en effektiv tilgang til at få vist de mest oversvømmelsestruede områder ved en given ekstremregn.

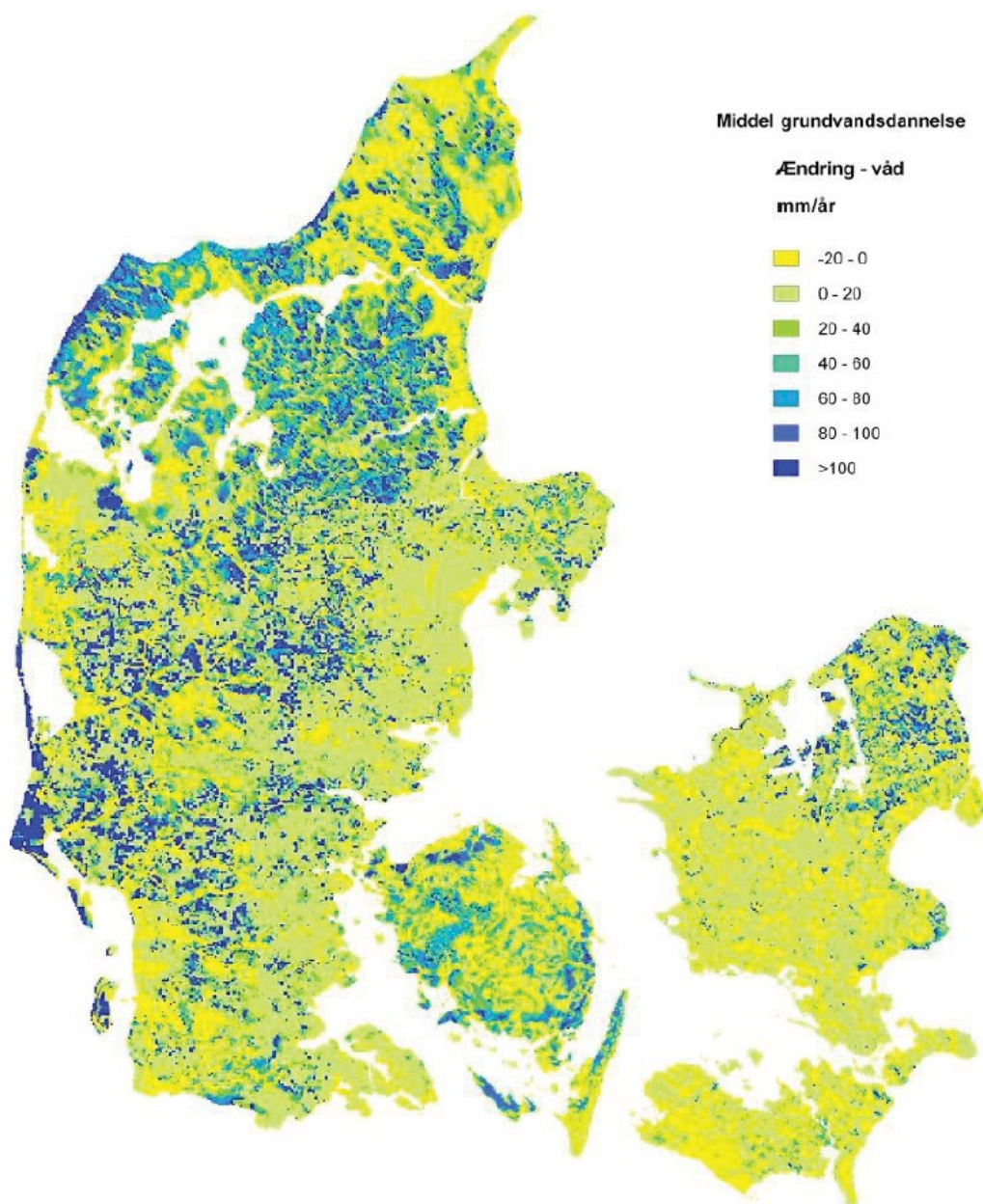


FIGUR 3-2 EKSEMPEL PÅ EN BLUE-SPOT ILLUSTRATION AF OVERSVØMMELSESTRUDE OMRÅDER VED EKSTREM NEDBØR (KILDE: NIRAS).

3.2.1 Øget grundvandsdannelse

Den gennemsnitlige grundvandsdannelse til det øverste frie grundvandsspejl i Danmark er i KFT, 2014 (2013) estimeret til mellem 10 og 400 mm/år med betydelige år til år-variationer samt geografiske variationer, som vist i bilag 1. Vurderingen er foretaget på baggrund af den nationale grundvandsmodel DK-modellen.

Ændringen af den gennemsnitlige grundvandsdannelse er estimeret til ca. +30 mm/år for fokusperioden 1975 til 2050 med udgangspunkt i en såkaldt våd klimamodel (se bilag 1), hvilket igen dækker over betydelige usikkerheder og både geografiske variationer samt år til år-variationer. De geografiske variationer dækker således over små negative ændringer til positive ændringer på mere end 100 mm/år, som illustreret på nedenstående Figur 3.3. De store ændringer i grundvandsdannelsen sker hovedsageligt på sandjorder i Nordsjælland samt Nord- og Vestjylland.

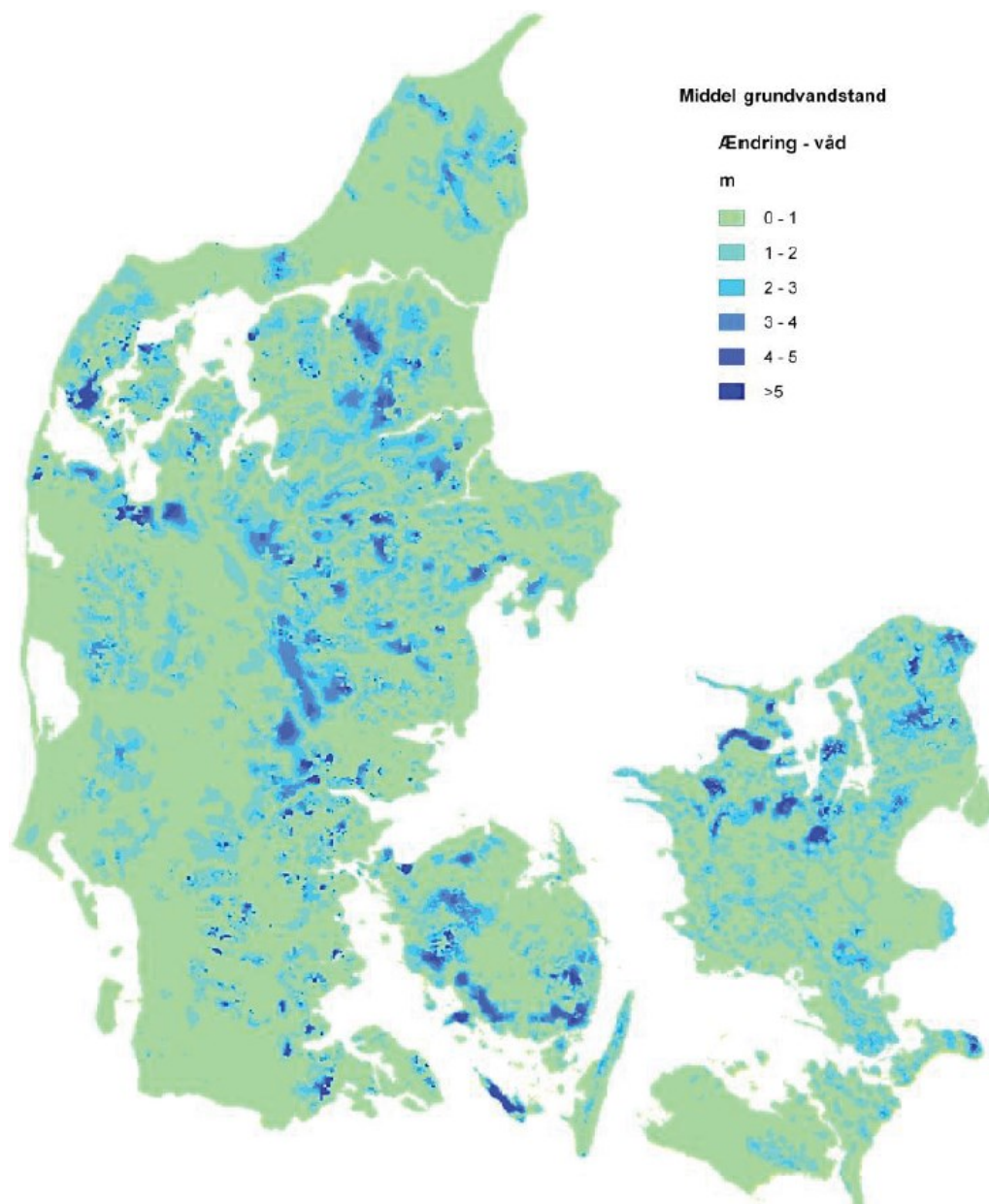


FIGUR 3.3 EKSEMPEL PÅ GEOGRAFISK VARIATION I ÆNDRINGEN AF GRUNDVANDDANNELSEN FOR DET ØVERSTE MAGASIN I DANMARK I SCENARIET MED DEN "VÅDE" MODEL (KFT, 2014).

Den øgede grundvandsdannelse vurderes at være et af de helt centrale elementer i den videre robusthedsanalyse.

3.2.2 Hævet grundvandsspejl

Den generelt øgede grundvandsdannelse medfører en stigning i grundvandsspejlet. Simuleringer heraf for danske forhold er vist på nedenstående Figur 3.4 og er vurderingen af den gennemsnitlige stigning baseret på en tabel for hele Danmark, som vist i bilag 1.



FIGUR 3.4 GEOGRAFISK VARIATION I ÆNDRINGEN AF DEN ØVRE GRUNDVANDSSPEJL I DANMARK I SCENARIET MED DEN "VÅDE" MODEL (KFT, 2012).

Estimaterne på Figur 3.4 er behæftet med en stor usikkerhed og dækker over betydelige geografiske og tidslige variationer. I de mest konservative estimater, med brug af den såkaldte "våde" klimamodel, er den gennemsnitlige stigning i grundvandsspejlet skønnet til 0,75 m for fokusperioden 1975-2050. De geografiske variationer i denne gennemsnitlige ændring varierer fra små negative ændringer (stigning i grundvandsspejl) til positive ændringer (sænkning af grundvandsspejl) på mere end 1 m. De største ændringer i grundvandsspejlet ses i landskabets højderygge, hvor den umættede zone er dyb.

Ændringer i grundvandsspejlet har stor betydning for de kemiske og strømningsmæssige processer omkring punktkilden, som beskrevet i nedenstående, og vurderes derfor også at være et af de helt centrale elementer i den videre robusthedsanalyse.

De konkrete grundvandsstigninger afhænger af faktorer såsom den lokale geologi, den fremtidige fordampning og mulighed for overfladevandsafstrømning og afdræning. Disse faktorer er ikke beskrevet i detaljer i DK-modellen som beregningerne er baseret på.

Hydrologiske modeller som DK-modellen, har generelt svært ved at simulere den terrænnære grundvandsstand. I nærværende screening er der derfor benyttet en interpolation af målte potentialer, som beskrevet i Bilag 6. Interpolationen anvender tilgængelige data fra den landsdækkende Jupiter database samt overfladevandskoter fra søer og vandløb. Metoden er begrænset af de tilgængelige data og har en typisk usikkerhed på nogle meter. I testområdet omkring Kolding by ses dog også mere kritiske afvigelser på mere end 10 m fra mere detaljerede opmålinger i dette område (Bilag 6).

Ændret slutreceptor

Slutreceptoren for en forureningsfane kan enten være en indvindingsboring, et vandløb, en sø eller havet, som har hver deres vandkvalitetskrav. Slutreceptoren for en forureningsfane kan ændres, hvis f.eks. et forhøjet grundvandsspejl medfører, at der skabes hydraulisk kontakt til et nærliggende vandløb eller en sø. Kloakker og dræn kan medvirke til denne kontakt. Klimaændringerne kan således medføre, at der opstår en helt ny risikovurderingssituation, hvilket som vist i Figur 3.1 er afgørende for den endelige robusthedsvurdering.

Det er svært at forudsige ændringer i slutreceptorer på det nuværende vidensgrundlag i nærværende analyse, men eventuelle ændringer i slutreceptoren er uden tvivl et vigtigt element i en robusthedsanalyse på en mere detaljeret skala.

Ændret afdræning

Hvis grundvandsspejlet stiger, kan det medføre, at gamle tørlagte dræn reaktiveres. Dette vil ændre transportvejen for forureningen markant, og kan i værste fald medføre direkte kortslutning mellem forureningsfanen og slutreceptoren. Udvasningen af forurening via dræn til vandløb vil f.eks. være højere, end hvis forureningen tager strømningsvejen igennem jorden til vandløbet.

De fleste punktkilder er lokaliseret i byområder, hvor der er færre dræn, men hvor der i stedet er kloakker, som også kan fungere som dræn for grundvandet. Undtagelsen er lossepladser, som ofte er placeret i landområder, hvor dræn skal tænkes ind.

Opfugtning af tørre lommer

En afledt effekt af det hævede grundvandsspejl er, at tidligere tørre områder i kildezonen kan blive opfugtet. Sker dette, vil det kunne medføre en øget udvasning af forurenende stoffer.

Som for afdræningen er det i praksis svært at tage dette element med i robusthedsanalysen, da det kræver detaljeret viden om kildezonen placering, tilstedeværelse af dræn m.v., men en opfugtning af tørre lommer er betydende for udvasningen.

Ændrede redoxforhold

En anden afledt effekt af stigningen i grundvandsspejlet er, at redoxforholdene i en punktkildes kemiske profil vil kunne ændres markant. Ved stigende grundvandsspejl vil en eventuel umættet zone under kildezonen blive tyndere. Den tyndere umættede zone vil betyde, at de meget forureningsreducerende processer der sker her (især aerob nedbrydning) vil blive mindre betydende for mange forureningskomponenter. Visse stoffer (f.eks. chlorerede opløsningsmidler) nedbrydes dog bedst under anaerobe forhold. Andre stoffer, såsom metaller, kan være redoxsensitive. f.eks. er de oxiderede former af chrom og arsen mere mobile end de reducerede.

En anden konsekvens af et højere grundvandsspejl er, at forureningsfanen vil ligge mere terrænnært, hvor det omkringliggende grundvand sandsynligvis vil være mindre reduceret end ved en dybereliggende forureningsfane. Dette vil betyde, at gradienten i redoxforholdet hen over randen af forureningsfanen vil være større.

De ændrede redoxforhold har kun en mindre betydning for den videre robusthedsanalyse på screeningsniveau, men på lokalt niveau og især ved meget kraftige forureninger af redoxsensitive stoffer bør der være fokus på denne effekt.

Ændrede strømningshastigheder og –retninger samt opholdstider

Ændringer af grundvandsdannelsen og grundvandsspejlet vil medføre en afledt effekt i form af ændringer i grundvandets gradientforhold og dermed strømningshastighed, og –retning samt opholdstid i grundvandszonen, inden det når frem til slutreceptoren.

Når kilden er placeret i den mættede zone kan det medføre at gradienten og dermed strømhastigheden øges og opholdstiden mindskes. Disse forhold vil medføre en hurtigere udvaskning fra kildezonen. Når kilden er placeret i den umættede zone har det ingen betydning.

Der er ikke lavet estimater på klimaændringernes påvirkning af strømningshastigheder og –retninger samt opholdstider i grundvandet. Forureningsfanerne vil bl.a. øges med øget grundvandsdannelse og øget grundvandsstrømning. Særlig kritisk vil det være, når strømningsetningerne ændres radikalt og medfører at slutreceptoren ændres, men som beskrevet i ovenstående afsnit om slutreceptoren, så ligger en undersøgelse af disse detaljerede forhold uden for nærværende screening.

I områder med kunstig høj infiltration i forbindelse med LAR vil både strømningshastighed og –retning samt opholdstid ændre sig mere markant, som beskrevet i afsnit 3.5.1.

Øget udvaskning

De afledte effekter på Figur 3.1 vil i mange tilfælde føre til en øget udvaskning, hvilket i sig selv er med til at påvirke robustheden af den eksisterende risikovurdering.

Den øgede grundvandsdannelse medfører, at en større mængde vand vil sive igennem den enkelte punktkilde. Dette vil formentlig medføre en øget forureningsflux, da fluxen er et produkt af vandgennemstrømningen og koncentrationen af forureningsstoffer. Dog kan meget store vandgennemstrømninger i ekstrem-situationer måske betyde, at koncentrationerne falder og dermed, at den samlede forureningsflux ikke øges proportionalt med den øgede grundvandsdannelse. En yderligere konsekvens af en øget forureningsudvaskning er, at varigheden af påvirkningen reduceres.

Det skal i denne henseende erindres, at det er afgørende, hvor permeabel kildezonen er. Hvis der er meget lav vertikal permeabilitet, som ved typologierne 2 og 3, kan der kun forventes en begrænset ændring i udvaskningen til det dybere grundvand. Yderligere vil menneskeskabte spredningsveje, som f.eks. dræn og kloakker, være en faktor, som påvirker fluxen ud af lokaliteten.

Fremtidens nedbørmønster forventes i større grad at være præget af ekstremhændelser og længere tørkeperioder, og det er sandsynligt, at lerjorder ikke i samme grad vil kunne optage den ekstreme nedbør, som derfor vil løbe af på overfladen.

Der findes ingen umiddelbart tilgængelige estimater af ændret udvaskning som følge af klimaændringer, men som det fremgår af Figur 3.1, er ændringer i udvaskningen den størrelse som i sidste ende er betydende for om risikovurderingen er robust eller ej. En konservativ tilgang til en estimering af ændringer i udvaskningen kunne være, at fluxen øges proportionalt med stigningen i grundvandsdannelsen og stigningen i grundvandsspejlet.

3.2.3 Oversvømmelse

Lokal oversvømmelse

I de vådere perioder i vinterhalvåret, eller særligt i forbindelse med ekstremhændelser om sommeren, vil den øgede nedbør kunne medføre, at en kildezone oversvømmes ved overfladenær tilstrømning fra den nedbør som falder lokalt. Om sommeren, hvor jorden er tør, vil infiltrationskapaciteten ofte være lav og en stor del af nedbøren vil strømme af overfladisk eller via rørledninger. Alternativt kan det resultere i at nedrivningsområdet samt infiltrationen og dermed udvaskningen bliver større, hvilket igen kan medføre bredere forureningsfaner. Desuden kan oversvømmelserne medføre, at iltmættet vand siver ned over en reduceret zone og dermed påvirker udvaskningen. I landområder er det særligt lossepladser langs vandløb og søer, som kan udsættes for disse oversvømmelser.

I byområder med høj befæstelsesgrad strømmer en stor del af nedbøren af på overfladen eller overfladenært i rørlægninger og ledningsgrave, og en øget nedbør vil her kunne medføre oversvømmelse af punktkilder, som ikke før har været oversvømmet. Kommunernes klimatilpasning skal bl.a. medvirke til at forhindre dette.

Lokale oversvømmelser fra ekstremregn bør således være et element, som indgår i den videre robusthedsanalyse.

Oversvømmelse af arealer langs vandløb

Ved ekstremhændelser kan vandløb gå over deres bredder, og de lavtliggende arealer langs vandløbet vil blive oversvømmet. Dette kan potentielt medføre en øget udvaskning af forurenende stoffer fra de punktkilder, som ligger i de oversvømmede områder, og dermed medføre en stor puls af disse stoffer i vandløbet efterfølgende eller som nedsivning i mindre lokale lavninger i landskabet. Typisk vil jordbunden langs med vandløbene være vandmættet i forvejen, og det meste af det vand, som oversvømmer de omkringliggende arealer, vil derfor strømme overfladisk tilbage til vandløbet igen, når vandstanden falder i vandløbet.

Den forventede stigning i ekstrem vandføring i danske vandløb er beregnet i Naturstyrelsen (2014), og viser, at størrelsen på disse hændelser fra 2015 til 2050 i gennemsnit vil øges med ca. 50 % i den sydøstlige del af Danmark med lerjorder, mens der kun ses en svag stigning i Midt- og Nordjylland med de sandede jorder. Det er ikke estimeret, hvilke arealer der konkret vil blive oversvømmet ved fordoblingen af ekstremvandføringen i den sydøstlige del af Danmark.

Oversvømmelse i byområder, som ligger nedstrøms i vandløbssystemerne ved havet, vil sandsynligvis være den mest relevante problemstilling at medtage i den videre robusthedsanalyse. I landområder er det igen primært lossepladser langs med vandløbene, som er mest relevant, mens der kan være mange punktkilder koncentreret i byområderne langs med vandløbet. Her vil der være mange af effekter på Figur 3.1. i spil samtidig, da der både kan være oversvømmelser fra havet og vandløb samt fra opstigende grundvand og overfyldte kloakker.

Oversvømmelser fra vandløb vurderes at være et element, som bør indgå i den videre robusthedsanalyse.

Ændret medianminimum i vandløb

Selvom nettonedbøren og dermed vandføringen i vandløb generelt forventes at stige, betyder det ikke nødvendigvis, at medianminimumsvandføringen også vil stige, idet der forventes mere ujævne vejr-situationer og således også perioder med tørke, ligesom der forventes øgede markvandingsbehov som følge af stigende temperatur og fordampning.

I Miljøstyrelsens værktøj til screening af potentielt overfladevandstruende forureninger anvendes medianminimumsvandføringen som worst-case situation for fortynding af en forureningsfane i vandløbet (Miljøstyrelsen, 2014d). Det betyder, at hvis medianminimumsvandføringen falder, så mindskes fortyndingen, og de resulterende koncentrationer vil blive højere, og selv en uændret forureningsflux fra lokaliteten kan ændres fra at være "uproblematisk" til at give en uønsket påvirkning. En periodevis reduceret nedbør kan dog også mindske udvaskningen fra punktkilden, så i et vist omfang forventes de negative effekter af lavere medianminimumsvandføring at blive opvejet af lavere indsivning fra grundvandszonen.

De seneste beregninger i Naturstyrelsen (2013d) viser en stigning i medianminimumsvandføringen frem mod 2050 på stort set alle lokaliteter i Danmark med et gennemsnit på omkring en faktor 1,2. Selvom der er en betydelig variation mellem de forskellige klimamodeller, synes problemstillingen omkring et fald i medianminimumsvandføringen derfor at være begrænset ifølge Naturstyrelsen (2013d).

Ændringer i medianminimum skal derfor ikke indgå i den videre robusthedsanalyse.

3.3 Øget havvandstand og stormflodshøjde

En stor del af de danske byer er beliggende ved havet, og tilsvarende findes der mange punktkilder tæt ved havet, som vil kunne blive oversvømmet ved havspejlsstigninger med en diffus udvaskning

af de forurenende stoffer til følge. Flere byer ved havet ligger desuden ved udmundingen af vandløb, som også kan bidrage med oversvømmelser.

Den forventede havspejlsstigning i Danmark fra 1975 til 2050 er ifølge DMI (2014) ca. 0,375 m baseret på det mest ekstreme scenarie for udledning af drivhusgasser (se bilag 1). Dette medfører en forrykning af tærskelværdien for de nuværende 10, 50 og 100 års stormflodshændelser. Hertil kommer, at ændrede vindmønstre forventes at øge stormflodshøjden langs den jyske vestkyst med ca. 0,15 m for denne periode, mens der ikke forventes øget stormflodshøjde i resten af Danmark (DMI, 2014).

Ændringer i havvandstanden kan indgå i den videre robusthedsanalyse, som en del af den forventede stigning i højeste grundvandsspejl, mens oversvømmelser fra stormfloder bør inddrages som et oversvømmelseskort for hele Danmark baseret på det estimerede niveau af en 50 eller 100 års hændelse i år 2050.

3.4 Ændrede temperaturforhold

Generelt forventes højere temperaturer som følge af klimaændringerne. For at vurdere, om der er tale om væsentlige påvirkninger, kunne man se på sager i f.eks. Holland og Nordtyskland, hvor temperaturen er sammenlignelig med det der forventes vil indtræffe med klimaændringerne i Danmark i år 2050. Også vandløbenes temperatur vil stige, og dermed vil det naturlige iltindhold falde. Det kan betyde, at det eventuelle iltforbrug, der kan være fra omsætning af forureningsstoffer, der siver ud i vandløb, kan blive mere kritisk i forhold til økosystemet.

Det mest konservative estimat i DMI (2014), baseret på den maksimale udledning af drivhusgasser, viser en forventet stigning i den gennemsnitlige temperatur i Danmark på ca. 2,5 C i fokusperioden 1975 til 2050.

En sådan stigning kan påvirke spredningen af flygtige komponenter i gasfasen, som beskrevet i afsnit 1.5.2 Der er dog tale om beskedne ændringer, da diffusionskoefficienten stiger med kun 20-30 % for en temperaturstigning på 5 grader. I betragtning af den usikkerhed, som generelt vil være knyttet til risikovurderingerne og det tilhørende datagrundlag, vurderes den klimabetingede øgning i afdampning ikke at forøge risikoen markant (Sørensen et al., 2012).

De ændrede temperaturforhold vurderes ikke at være et element, som skal indgå i robusthedsanalysen.

3.5 Menneskeskabte tiltag som følge af klimaforandringer

Allerede i dag iværksættes mange tiltag som følge af klimaforandringer, f.eks. i forbindelse med de kommunale klimatilpasningsplaner. Ændringerne kan være indførelse af LAR-løsninger, etablering af sluser og dæmninger, tiltag til tilbageholdelse af overfladevand fra landbrugsarealer og byområder, ændret indvindingsstruktur m.m.

Herudover skal kommunerne også iværksætte vandhandleplaner i relation til implementeringen af vandrammedirektivet, hvor mange af de samme tiltag vil komme i spil. Det gælder bl.a. genetablering af oprindelige vandløb, åbning af dæmninger, nedsat grødeskæring i vandløb, oprettelse af vådområder, ændret indvindingsstruktur m.v.

Alle disse menneskeskabte tiltag kan have en afledt effekt på risikovurderingen for punktkilder. De vil generelt have en lokal effekt, modsat klimaændringerne, som har en regional og global effekt. F.eks. vil lukning af dræn, ændring af indvindingsstrukturen eller etablering af LAR hver især have store lokale effekter på vandkredsløbet, som radikalt vil kunne ændre risikovurderingen for den enkelte punktkilde.

3.5.1 LAR

Etablering af LAR-løsninger i byområder er i kraftig vækst - særligt i de kommuner, hvor der kan opnås en tilbagebetaling af tilslutningsafgiften ved etablering af LAR. LAR er i denne rapport defineret som forskellige lokale nedsivningsløsninger. Byområder rummer også den største koncentra-

tion af punktkilder, og der kan derfor ofte være et sammenfald mellem etablering af LAR og punktkilder.

LAR vil typisk medføre en stigning af det øvre grundvandsspejl på 0,5 – 3 m, hvor sandjorde estimeres at kunne give stigninger op til 0,5 m og de mest lerede jorde estimeres at kunne give stigninger op til 3 m (Orbicon, 2014). Hvis der ligger punktkilder i nærområdet til infiltrationspunktet, kan der ske en øget udvaskning af disse punktkilder:

1. I de tilfælde, hvor punktkilden er placeret i den umættede zone, og infiltration medfører en grundvandsstigning op i kildezonen, vil der ske en væsentlig forøgelse af udvaskningen som følge af den øgede opløsning af de forurenende stoffer.
2. I de tilfælde, hvor punktkilden er placeret i den umættede zone, og hvor grundvandet ikke stiger op i kildezonen, men der blot sker en øget gennemstrømning i den umættede kildezone fra LAR infiltrationen, vil den samlede udvaskning øges.
3. I de tilfælde, hvor punktkilden i forvejen er placeret i den mættede zone, vil der ske en let øget udvaskning af punktkilden, som følge af de øgede gradienter på grundvandsspejlet.

En anden effekt af den øgede infiltration kan være øget tilførsel af ilt, som både kan medvirke til at nedbryde forurening og til at flytte redoxgrænsen.

På lerede jorder, som i Østdanmark, vil størstedelen af det infiltrerede vand fra LAR strømme af via dræn og højtliggende sandlinser til nærliggende vandløb. På sandede jorder, som i Vestjylland, vil det infiltrerede vand i højere grad strømme ned til det primære magasin, og her fra ende op i vandindvinding, vandløb eller i havet (jf. Figur 2-3).

I forbindelse med etablering af LAR-anlæg anbefales normalt ikke en nedsivning på kortlagte ejendomme med mobile forureninger. Punkt 2 i listen ovenover forsøges dermed typisk elimineret i forbindelse med planlægningen af nedsivning på det lokale plan.

LAR vurderes at være et element som skal indgå i den videre robusthedsanalyse.

3.5.2 Dræn, kloakker, ledningstraceer, sluser og dæmninger

Størstedelen af landbrugsjorden i Østdanmark er kunstigt drænet med åbne drængrøfter eller drænrør, som ligger ca. 1 m nede i jorden. Herudover vil kloakker og ledningstraceer i byområder også kunne fungere som dræn, da kloakker sjældent er helt tætte, og tilbagefyldt i ledningsgravene typisk har højere permeabilitet end den omkringliggende jord. Sammen med etablering af sluser og dæmninger udgør afdræningen en menneskeskabt manipulation af det øvre grundvand, som kan have stor betydning for udvaskningen af forurenende stoffer fra punktkilder.

Selvom grundvandsdannelsen øges med klimaændringerne, vil det resulterende grundvandsspejl mange steder ikke ændres tilsvarende, da dræn i området lægger et loft på, hvor meget grundvandsspejlet kan øges. Det vil oftest være i områder nær søer, åer og havet, hvor grundvandsspejlet i forvejen er tæt på terrænen, at de allerede etablerede dræn sætter et loft på grundvandsstigningen – medmindre der også sker en tilsvarende vandstandsstigning i recipienterne, hvorved drænene helt mister deres funktion. Længere væk fra disse overfladerecipienter, i de grundvandsdannende områder, hvor den umættede zone er langt større end 1 m., vil der derimod godt kunne ske en grundvandsstigning.

Hvis der ikke allerede er etableret dræn i et område, som anvendes til landbrug eller anden aktiv benyttelse, og grundvandsspejlet stiger, vil der ofte, som konsekvens heraf, blive etableret dræn i området. Tilsvarende vil udbygning af dæmninger og sluser, som værn mod oversvømmelser fra primært havet og sekundært vandløb, påvirke den overfladiske dræning af områder, og vil derfor ofte medføre en ændring af denne drænstruktur.

Omvendt er flere af virkemidlerne i vandplanerne fokuseret på at forsinke afstrømningen fra et opland via genslyngning af vandløb, mini-vådområder, nedsat grødeskæring i vandløb m.v. Sådanne tiltag kan lokalt medføre en markant stigning af grundvandsspejlet, som igen kan medføre en øget udvaskning fra de punktkilder, som findes i nærområdet.

Der er ikke tilgængelige kvantitative estimater på den potentielle effekt af dræn, kloakker, sluser og dæmninger i forhold til risikovurdering af punktkilder. Samlet set vurderes det dog, at dræn og kloakker vil kunne have en stor lokal effekt på risikovurderingen af punktkilder, særligt i de tilfælde, hvor grundvandsspejlet ved punktkilden p.t. ligger lige under drænniveauet eller i den nederste del af kildezonen. Herudover vil etablering af nye dræn, kloakker, sluser og dæmninger i et område med punktkilder også kunne ændre væsentligt på udvaskningen af forurenende stoffer herfra.

Herudover er rørledninger, som dræn og kloakker, også en afgørende transportvej ved oversvømmelser fra hav og vandløb samt ved ekstremregn.

I robusthedsanalysen er det antaget, at der eksisterer rørledninger i form af kloak, regnvandsledninger eller dræn ved alle lokaliteter, se afsnit 2.2.

3.6 Opsummering af klimaforandringer og menneskabte tiltag

De estimerede klimaændringer fra 1975 til 2050, i forhold til de elementer som er gennemgået i afsnit 3.2-3.5, viser som det mest afgørende for den videre robusthedsanalyse, at grundvandsdannelsen vil øges med gennemsnitligt 30 mm/år og at grundvandsspejlet vil øges med gennemsnitligt 0,75 m/år, og at disse værdier dækker over en betydelig geografisk variation.

De menneskeskabte tiltag kan få en stor lokal påvirkning, hvor det særligt er etableringen af LAR i byområder med mange punktkilder, som kan accelerere udvaskningen af forurenende stoffer til grundvandet og andre receptorer. I byområder vurderes effekten fra LAR at kunne påvirke risikovurderingen mere end de generelle klimaændringer.

Etablering, vedligeholdelse og lukning af dræn i landområder, kan også udgøre en væsentlig lokal påvirkning af risikovurderingen. I byerne har kloakker og ledningstraceer den samme funktion, idet de som regel er utætte og virker som dræn for det overfladenære grundvand. Det er svært at kvantificere den specifikke effekt på risikovurderingen af punktkilder ved ændring af dræn, kloakker, ledningstraceer, dæmninger og sluser, men generelt vurderes de at have en større lokal påvirkning end de generelle klimaændringer.

Tabel 3 viser opsummerende de klimaelementer, som det er besluttet skal indgå i den videre robusthedsanalyse. Der er taget udgangspunkt i de direkte effekter, som vurderes at have indflydelse på risikovurderingerne af jordforurening påvirkning over for grundvand overfladevand. Der er som tidligere nævnt ikke medtaget øgede temperaturer og den generelle havspejlsstigning. Der er ligeledes ikke direkte medtaget påvirkningen af spredningsvejene på grund af kloakker, ledningstraceer og dræn, som i stedet vil indgå i de øvrige elementers påvirkning på spredningsvejene.

Element	Kommentar
Øget grundvandsdannelse	Stor geografisk variation.
Hævet grundvandsspejl	Kan både øge udvaskningen og medføre ændret slutreceptor.
Lokal oversvømmelse	Lokal kortvarig effekt i lavninger ved ekstremregn.
Oversvømmelse langs vandløb	Lokal kortvarig effekt langs vandløb.
Øget oversvømmelse fra havet ved stormflod	Lokal kortvarig effekt langs kyster.
LAR	Meget lokal effekt i byer.

TABEL 3 ELEMENTER SOM VIL INDGÅ I ROBUSTHEDSANALYSEN

4 Risikoindikatorer til analyse af robusthed

Risikoindikatorer er en kombination af de forhold, der påvirker forureningsspredning fra en given lokalitet på en måde, hvor den oprindelige risikovurdering for lokaliteten kan blive mindre robust. Indikatorerne tager udgangspunkt i de udpegede typologier og spredningsveje (se afsnit 2.2), modelstoffer og deres egenskaber (se afsnit 2.3) samt de betydende klimaelementer (se afsnit 3), der er udpeget i nærværende projekt. I dette afsnit er der for hvert klimaelement beskrevet, hvorledes robustheden af risikovurderingerne som følge af klimaændringerne, vurderes ud fra typologien og stofferne på lokaliteten. Der ud over er der en beskrivelse af, hvorledes den samlede robusthed af risikovurderingen for den enkelte lokalitet vurderes, da der kan være flere klimaelementer og stoffer i spil på en lokalitet.

4.1 Antagelser i forhold til risikoindikatorerne

Ud over at vurdere klimaelementerne i forhold til stoffer, typologi og spredningsveje, som beskrevet i afsnit 2, er der andre faktorer, som også spiller ind i forhold til fastsættelse af risikoindikatorerne. Det drejer sig om, hvorledes det terrænnære grundvand og tilstedeværelsen af dræn, kloakker mv. har indflydelse på spredningsvejene, hvilket er beskrevet i nedenstående afsnit.

4.1.1 Terrænnært grundvand

Når der gennemføres de første undersøgelser af en jordforurening, er det ofte det terrænnære grundvand, som prøvetages med henblik på at vurdere, hvorvidt der kan forekomme en grundvandsbåren forurening, som vil kunne udgøre en risiko for grundvand og/eller overfladevand. Efterfølgende forureningsundersøgelser kan udvides til de underliggende magasiner for at kvalificere den vurderede risiko. I forbindelse med forureningsundersøgelser kan terrænnært grundvand enten være et egentligt magasin eller ikke-sammenhængende grundvand i sandlommer eller lignende med et hængende grundvandsspejl. Når der er tale om grundvand i f.eks. sandlommer, kan der forekomme en umættet zone under det hængende grundvandsspejl.

I forbindelse med nærværende screening har det dog ikke været muligt at frembringe et datagrundlag for terrænnært grundvand, som kan belyse om grundvandsspejlet kan henføres til et magasin eller der er tale om et hængende grundvandsspejl. Derfor er der i screeningen taget udgangspunkt i det øverste grundvandsspejl, hvorunder der antages at være mættede forhold. Kortlægningen af det øverste grundvandsspejl er beskrevet i bilag 6. Der ses således bort fra muligheden for umættet zone under det øvre grundvandsspejl. Det vurderes, at være en acceptabel antagelse, da det er det mest konservative scenarie i forhold til risikovurdering af grundvandstruende forurening. På visse lokaliteter, hvor der findes en umættet zone under forureningen, vil denne zone reducere risikoen for grundvandet, da fluxreducerende processer som sorption og nedbrydning forekommer her.

4.1.2 Dræn, kloakker mv.

Terrænnært kan forholdene omkring dræn, kloakker, ledningstraceer mv. være afgørende for vandets videre spredningsvejene (se afsnit 2.2.4 og afsnit 3.5.2).

Der er flere erfaringer med, at kloakker ofte har en drænende effekt i byer pga. utætheder og andre beskadigelser. Jo ældre kloakker, jo mere utætte er de som regel. Dette, sammenholdt med de omkringliggende ledningstraceer, som oftest er opbygget med sand og grus, gør, at der sker en dræning i de øverste jordlag i byområderne, som kan have indflydelse på spredning af forureningen og infiltrationen af regnvand. Vandbalance-studier med hydrologiske modeller i Københavnsområdet har vist, at der årligt bortledes ca. 10 mio. m³ grundvand i kloakker til Avedøre renseanlæg på Vestegnen (Naturstyrelsen, 2014b) og tilsvarende store mængder til Lynetten renseanlæg på Amager (Naturstyrelsen, 2015).

Dræn forekommer oftest i landområderne, bl.a. til afdræning af lerede jorder i landbrugsområder. I industriområder uden for byerne antages der at være et ledningsnet svarende til, hvad man vil kunne finde i byområderne, og dermed antages det, at der også uden for byområder er en drænende effekt, som beskrevet ovenfor.

Endelig forudsættes lossepladser at være opbygget med dræn eller tilsvarende for at opnå en så konservativ vurdering som muligt, især med henblik på spredning af forurening til nærliggende overfladevand.

Antallet af øvrige punktkilder uden for byområderne vil således være begrænset. Der vil her være tale om landbrugsejendomme uden kloakering og mindre virksomheder. Dog vil der i et eller andet omfang være et ledningsnet på disse ejendomme, som kan være til håndtering af spildevand, afledning fra vaskepladser mv.

Samlet betyder det, at der i nærværende screening antages at være terrænnære dræn i landområder og kloakker i byområder.

4.2 Risikoindikatorer i forhold til klimaelementer og modelstoffer

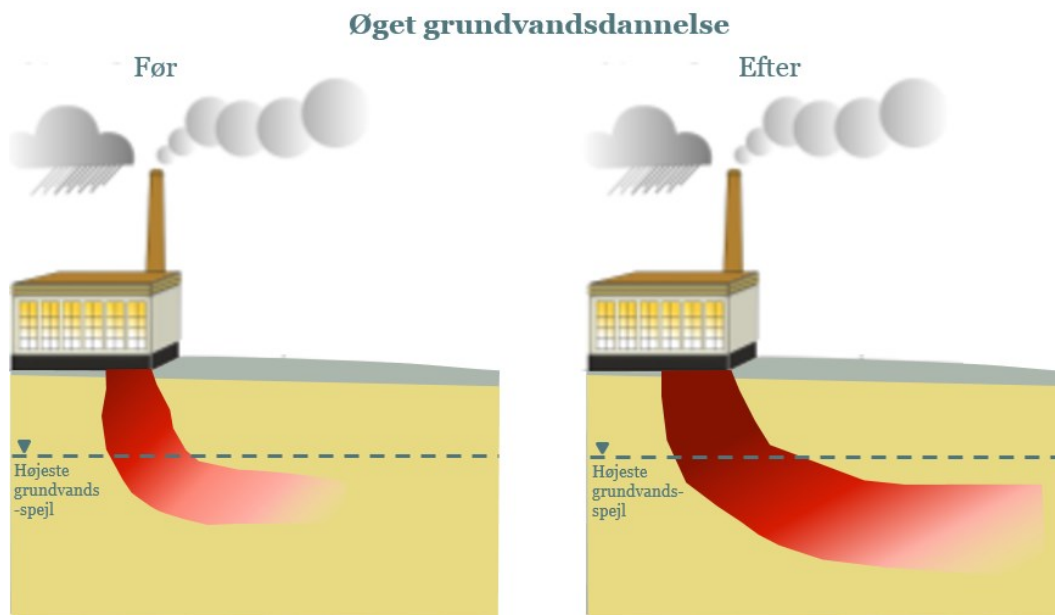
Nedenfor er en gennemgang af de væsentligste klimaelementers betydning for grundvands- og overfladevandsrisiko for hvert af de fastsatte modelstoffer.

4.2.1 Øget grundvandsdannelse

Ved en øget grundvandsdannelse sker der en øget infiltration gennem det forurenede område, hvormed der er risiko for en proportional øget forureningsflux (se afsnit 3.2.1). Det antages i nærværende landsdækkende screening, at forureningsfluxen er lineær med den infiltration, der sker i grundvandsmagasinet og dermed med grundvandsdannelsen, se Figur 4.1.

Øget grundvandsdannelse vurderes pba. GEUS' klimagrundvandskort (KFT, 2012). Grundvandsdannelsen er trukket ud fra det øverste primære magasin (modellag 2). Der er foretaget modelsimuleringer med den nationale grundvandsmodel DK-modellen for hhv. tør, median og våd klimamodel. Median klimamodelen giver det mest sandsynlige skøn over konsekvenser for ændring i grundvandsstand, mens våd og tør klimamodel angiver den fulde variation for de forskellige klimamodeller. I den videre screening anvendes våd klimamodel, som angiver den øvre grænse for, hvor meget grundvandsdannelsen øges.

Datagrundlaget, som bruges fremadrettet i denne screening, er forskellen i grundvandsdannelse for referenceperioden (1961-1990) og fremskrivningsperioden (2020-2050) og er vist på Bilag 3.1 og Figur 3.4. De største stigninger i grundvandsdannelsen sker i Jylland med flere mere eller mindre sammenhængende områder, hvor grundvandsdannelsen stiger med mere end 50 mm/år. På Sjælland sker der beskedne ændringer i grundvandsdannelsen, med undtagelse af Nordøstsjælland. Bemærk, at den efterfølgende screening omregner ændringen i grundvandsdannelse til en procentvis stigning ift. nuværende niveau. Det sker for at kompensere for den geografiske spredning i grundvandsdannelsens størrelse, således at f.eks. små ændringer i områder med lav grundvandsdannelse står tydeligere frem.



FIGUR 4.1 ØGET GRUNDVANDSDANNELSE GIVER EN ØGET RISIKO FOR UDVASKNING AF FORURENINGEN

Ændringen i grundvandsdannelsen vil være afgørende for hvordan udvaskning af forureningsfluxen påvirkes. Den øgede grundvandsdannelse opgøres som en procentvis stigning mellem de to perioder og underinddeles i tre kategorier:

Grundvandsdannelse

- Stor påvirkning > 100 % grundvandsdannelse i forhold til nuværende forhold
- Mellem påvirkning, 25-100 % grundvandsdannelse i forhold til nuværende forhold
- Lille påvirkning, < 25 % grundvandsdannelse i forhold til nuværende forhold

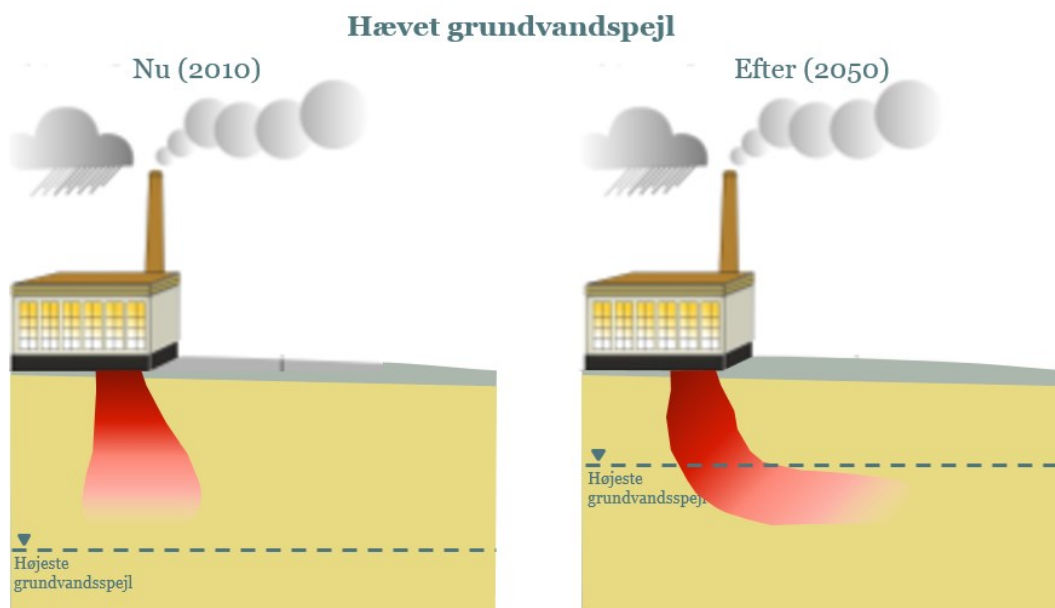
På baggrund af ovenstående inddeling af påvirkningen, er der fastsat en risikoindikator for hvert modelstof inden for hver typologi. Dette er samlet i to matricer for henholdsvis lokaliteter med grundvandsrisiko og lokaliteter med risiko for forurening af nærliggende overfladevand, som er vedlagt i Bilag 2.

Risikoindikatorerne, som er vurderet for hvert modelstof, er baseret på vurderinger om stoffernes mobilitet og nedbrydningsforhold, typologi samt i forhold til de tre niveauer for påvirkningen. Risikoindikatorer for de tre typologier er ens, da typologiernes variation af strømningsveje og jordtyper allerede indgår i de modelberegninger (KFT, 2012) som ligger til grund for de estimerede grundvandsdannelser.

Den øgede grundvandsdannelse kan i sidste ende betyde en større udvaskning fra lokaliteten mod en nærliggende overfladerecipient, der får tilført grundvand, men denne effekt forventes at være begrænset.

4.2.2 Hævet grundvandsspejl

En stigning i grundvandsspejlet vil give øget risiko for udvaskning, ændret afdræning, opfugtning af tørre lommer, ændrede redoxforhold, ændret slutreceptor og/eller ændrede strømningshastigheder og -retninger (se afsnit 3.2.2). Dette er illustreret i nedenstående Figur 4.2.



FIGUR 4.2 HÆVET GRUNDVANDSSPEJL GIVER ØGET RISIKO FOR UDVASKNING AF FORURENINGEN

Sandsynligheden for øget udvaskning vil være afhængig af, om det hævede grundvandsspejl kommer op i det forurenede område. Derfor foretages der først en screening af det forventede grundvandsspejl i 2050 sammenholdt med den forventede forureningsdybde for de anvendte modelstoffer. Der er taget udgangspunkt i et estimeret vandsspejl for 2010, hvilket er nærmere beskrevet i Bilag 6. Såfremt det forventede grundvandsspejl ikke når op i det forurenede kildeområde, vurderes risikovurderingen af jordforureningen at være robust over for denne klimaændring.

En stigning i grundvandsspejlet i det forurenede område vil afhænge af, hvor stor denne stigning er, og dermed hvor stor en påvirkning det giver i forhold til den øgede risiko for udvaskning af forureningen. Derfor er risikoen for udvaskning ved hævet grundvandsspejl inddelt i tre kategorier:

Grundvandsspejl

- Stor påvirkning > 50 % stigning op i det forurenede kildeområde eller over kloak/dræn
- Mellem påvirkning, 10-50 % stigning op i det forurenede kildeområde eller over kloak dræn
- Lille påvirkning, < 10 % stigning op i det forurenede kildeområde eller over kloak/dræn

Stigning i grundvandsspejlet kan også resultere i, at kloakker og andre ledninger kommer under grundvandets vandsspejlskote og dermed kan de fungere som spredningsveje mod overfladerecipienter (hvis de ikke føres til spildevandsanlæg). Stigning af grundvandsspejl kan også påvirke redoxforholdene i et kildeområde til mere reducerende karakter.

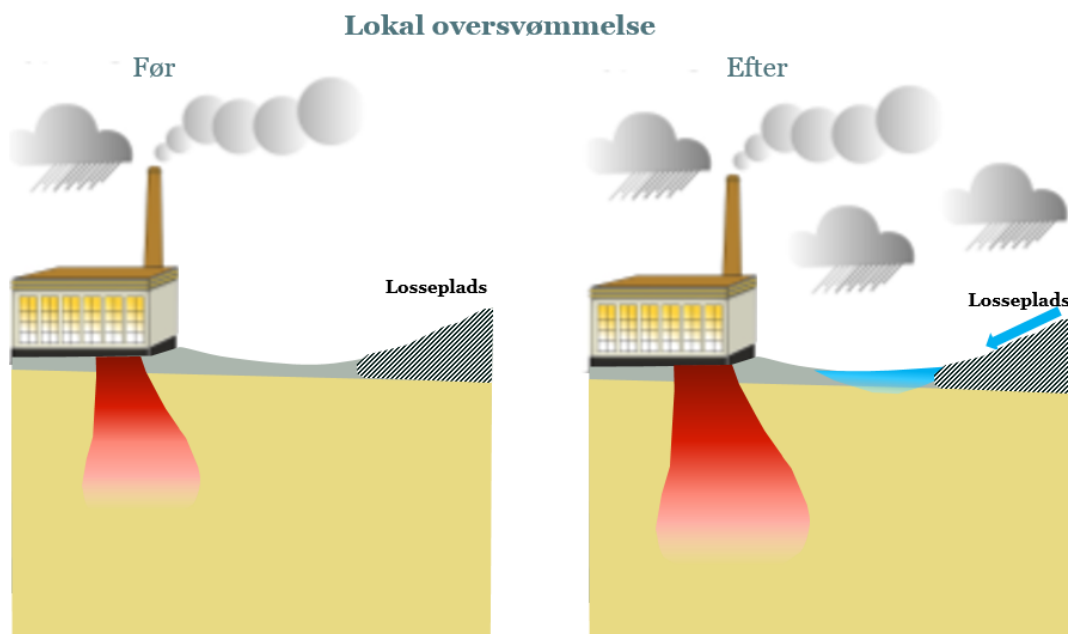
På baggrund af ovenstående inddeling af påvirkningen er der fastsat en risikoindikator for hvert modelstof og typologi. Dette er samlet i to matricer for henholdsvis lokaliteter med en grundvandsrisiko og lokaliteter med risiko for nærliggende overfladevand, se Bilag 2. For overfladevand er det afgørende om grundvandsspejlet stiger over kloak/dræn dybden, idet forureningen igennem disse kan føres direkte til overfladevandsreceptor. Ud over kloakker kan andre ledninger pga. den højpermeable geologi i ledningstraceer (f.eks. grus) fungere som spredningsveje. Der er derfor tildelt højere risikotal til overfladevand end til grundvandet. Hvis grundvandsspejlet ikke stiger over ledningstraceet, vil påvirkningen af overfladevandet være meget begrænset. Det er konservativt antaget, at kloakker og ledninger ligger på omkring 3 m u.t. mens dræn ligger i 1 m u.t.

Det er antaget, at grundvandet i typologi 2 og 3 er anaerobt mens grundvandet i typologi 1 antages at være aerob. Afhængigt af typologien, vil en stigning af grundvandsspejlet ændre redoxforholdene

i forureningsområdet. Risikoindikatorerne er baseret på vurderinger af stoffernes mobilitet og nedbrydningspotentialer ved forskellige redoxforhold. Eksempelvis forventes det at mobile stoffer, som nedbrydes under aerobe forhold i typologi 2 og 3, udgør en større risiko ved en stigning af grundvandsspejlet, idet de ville blive nedbrudt og blive transporteret længere væk fra lokaliteten.

4.2.3 Lokal oversvømmelse

Ved ekstremregnhændelser kan der forekomme ophobning af vand i naturlige lavninger, såkaldte "Bluespots". Som nævnt i afsnit 3.2.3 kan bluespots forekomme i de vådere perioder i vinterhalvåret. Men særligt ekstremhændelser om sommeren gør, at der på de tørre jorder og områder med høj befæstelse i byerne vil strømme vand, som kan samles i lavninger i terrænet. Dette kan føre til en øget forureningsflux og/eller overfladeafstrømning med forurenende stoffer. Lossepladser langs vandløb og søer, som ligger over det omgivende terræn, vil være særligt sårbare for disse oversvømmelser. Dette er vist i Figur 4.3.



FIGUR 4.3 ØGET FORURENINGSFLUX OG RISIKO FOR OVERFLADEAFSTRØMNING SOM FØLGE AF EKSTREMREGN OG DERMED LOKAL OVERSVØMMELSE

Til vurdering af robustheden af risikovurderinger, der er knyttet til de punktkilder, hvor der er risiko for ophobning af vand i naturlige lavninger, tages der udgangspunkt i, om der er overlap mellem placeringen af de kortlagte lokaliteter og de udpegede bluespots. Såfremt der ikke er overlap, vurderes risikovurderingerne at være robuste i forhold til klimaelementet bluespot. Hvis der er derimod er overlap, vil der blive fastsat risikoindikatorer for hver typologi i forhold til betydningen af placeringen af en punktkilde med hvert modelstof i et område, som er udpeget som bluespot (se Bilag 2). Lossepladser vurderes at være særlig udsatte i forhold til dette klimaelement, hvorved robustheden af risikovurderingerne i forhold til overfladevand antages at være lav, uanset hvilket modelstof, der er knyttet til lossepladsen. Robustheden af risikovurderinger på lossepladser vurderes på samme måde som for de almindelige punktkilder.

En lokal oversvømmelse vil give en momentan øget sandsynlighed for udvaskning til grundvandet. Risikoen vil være større for grundvandsmagasiner i typologi 1, hvor der mangler beskyttelse i form af et lerlag, mens effekten vil være mindre for typologi 2 og 3. Derudover vil effekten være større for de mest mobile forureningsstoffer. Desuden kan oversvømmelserne medføre, at iltmættet vand siver ned over en reduceret zone og dermed påvirker udvaskningen, således at stoffer, der nedbrydes under anaerobe forhold, udgør en større risiko. For stoffer, der nedbrydes aerobt, vil der være en positiv effekt, som forstærker robusthed af den eksisterende risikovurdering.

Ved alle typologier vil kloakker og dræn spille en central rolle i afledning af vandet, og derved kan der være risiko for, at forurenede vand ender i en overfladereceptor.

Lokal oversvømmelse sker, som nævnt ovenfor, ved opfyldning af naturlige afløbsløse lavninger i terrænet i forbindelse med regnhændelser. De naturlige lavninger er lokaliseret på baggrund af en terrænmodel og forudsætter, at der ikke sker hurtig nedsivning eller dræning, hvilket kan være tilfældet. Det antages, at lavninger fyldes helt op med vand, svarende til lavningens maksimale udbredelse. Dette er et konservativt valg, da selv en ekstrem nedbørshændelse i visse tilfælde ikke vil opfylde lavningen. Samtidig kan der til nogle lavninger være tilknyttet drænelinier el. lign. som i højere eller mindre grad afvander området. Til vurdering af lokal oversvømmelse er der dog valgt tilgængelige landsdækkende data fra kortforsyning.dk (Naturstyrelsen, 2013a).

Da udpegningen af naturlige lavninger kun baserer sig på en digital højdemodel, er der et behov for at frasortere lavninger, som ikke vurderes at blive opfyldt. Lavninger som ikke vurderes at være vandfyldt vil ikke udgøre en risiko. Derfor er der foretaget en frasortering af naturlige lavninger med en maksimal dybde under 30 cm og en udbredelse på under 250 m². I forbindelse med test af screeningsresultaterne foretages der en vurdering af, hvordan disse lavningskort stemmer overens med lokale kort (se afsnit 6.4).

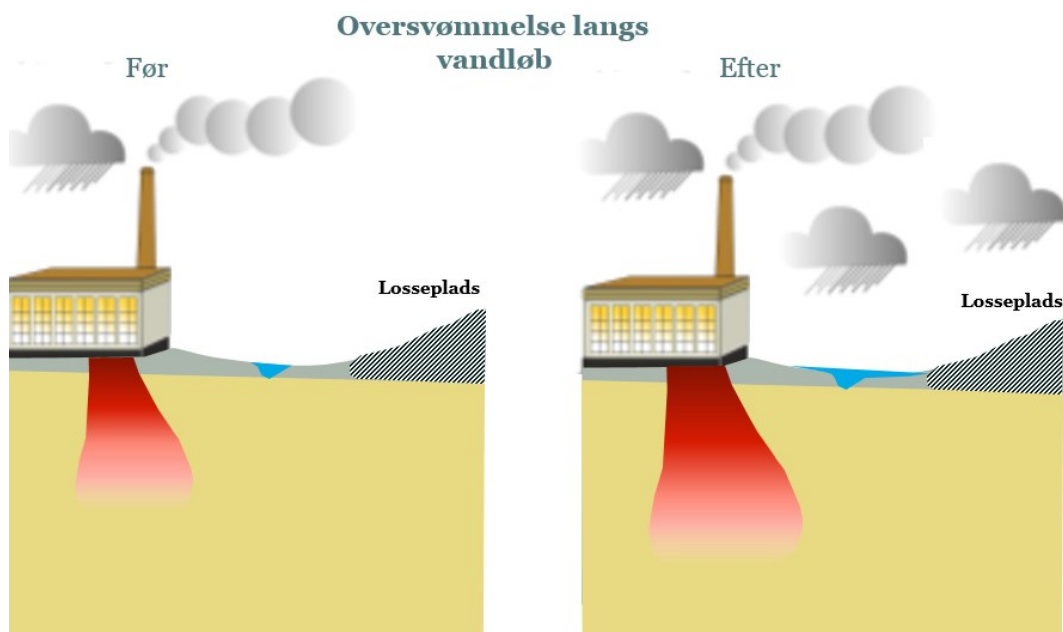
Efter udpegnings af lavninger, er der herefter foretaget en frasortering på baggrund af jordart og afstand til terrænnær grundvandsspejl. Jordarten bestemmes på baggrund af jordartskort 1:25.000 og enkelte steder 1:200.000 hvor førstnævnte ikke findes. Der er her lavet en opdeling i lerede og sandede jordarter. Lavningen frasorteres såfremt jordarten er sand og afstanden til grundvandspejlet er større end 3 m.

Bilag 3.4 viser de lokale oversvømmelser i Kolding Kommune som et eksempel. Generelt er der mange områder med lokal oversvømmelse, dog er der større koncentration i nogle områder, f.eks. omkring Vamdrup i den sydvestlige del af kommunen samt hhv. nord og syd for Kolding.

4.2.4 Oversvømmelse langs vandløb

Vandløb kan som følge af ekstremhændelser gå over deres bredder og de lavtliggende arealer langs vandløbet vil blive oversvømmet. Dette kan, i lighed med oversvømmelse af naturlige lavninger som beskrevet ovenfor, medføre risiko for øget udvaskning af forureningsflux samt erosion og efterfølgende overfladeafstrømning (se afsnit 3.2.3). Ekstremhændelserne kan som tidligere nævnt også give en øget vandføring, hvilket kan øge opblandingen og dermed fortyndingen af en evt. forurening. Dette vil være en positiv effekt, som det er valgt at se bort fra i dette forprojekt for at foretage en så konservativ screening i forhold til dette klimaelement som muligt. Som det gælder for risikoen ved lokale oversvømmelser i naturlige lavninger, vil lossepladser også her være særlig udsatte i forhold til oversvømmelser langs vandløb. Konsekvensen ved oversvømmelse langs vandløb er illustreret i Figur 4.4.

I de områder, som vurderes oversvømmet i 2050, foretages der en screening af, om der ligger kortlagte lokaliteter inden for disse områder. Såfremt der ikke er overlap mellem beliggenheden af de kortlagte lokaliteter og de områder, som antages at blive oversvømmet langs vandløb, vurderes de tilhørende risikovurderinger at være robuste i forhold til dette klimaelement. Er der derimod sammenfald mellem beliggenheden af kortlagte lokaliteter og områder, som forventes oversvømmet i 2050, vil der blive fastlagt risikoindikatorer for alle modelstoffer. Lossepladsers påvirkning af nærliggende overfladevand vurderes også her at være særlig kritisk, hvorfor risikovurderingerne af overfladevandsforurening vurderes at have en ringe robusthed. I forhold til risikovurdering af lossepladsers påvirkning af grundvand vil robustheden blive vurderet på samme måde som for de almindelige punktkilder. Risikoindikatorerne er samlet i matricerne i Bilag 2 for henholdsvis lokaliteter med en grundvandsrisiko og lokaliteter med risiko for nærliggende overfladevand.



FIGUR 4.4 OVERSVØMMELSE LANGS VANDLØB ØGER SANDSYNLIGHEDEN FOR ØGET FORURENINGSFLUX SAMT ERODERING/OVERFLADEAFSTRØMNING

Effekten af oversvømmelse langs vandløb over for grundvandet er lig effekten af lokal oversvømmelse. Dog betyder beliggenhed nær et vandløb, at hovedparten af vandet vil strømme mod vandløbet, når det trækker sig tilbage. Derfor er der fastlagt højere risikoindikatorer for overfladevand end for grundvandet. Igen spiller rørledninger en central rolle i afledning af vandet. Generelt ligger de fleste jordforureninger i en dybde, hvor der kan forventes begrænset kontakt mellem vand, der strømmer overfladenært og selve forureningen. Kun få forureningsstoffer forekommer i de øverste 2-3 meter af jorden, og har ofte af lav mobilitet og dermed en forholdsvis beskedne risiko for mobilisering. Hvis vandløbet ligger meget tæt på kildeområdet, kan forurenede jordpartikler strømme til vandløbet. Der skal derfor ved test af det landsdækkende screeningsværktøj være særlig opmærksomhed på lokaliteter, der ligger i umiddelbar nærhed af vandløbet.

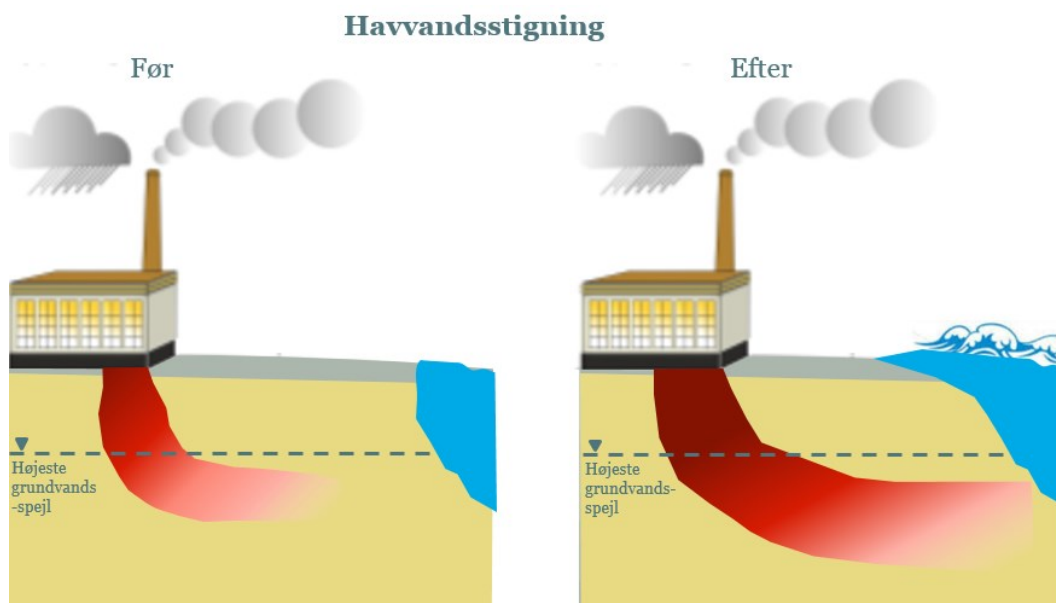
Oversvømmelse langs vandløb kan som nævnt ovenfor give øget udvaskning af forureningsflux og erodering/overfladeafstrømning. Oversvømmelse langs vandløb er beregnet pga. en digital højdemodel (Naturstyrelsen, 2013b). Vandstanden i vandløb er hævet i 10 cm intervaller i forhold til koter i højdemodellen, hvorefter udbredelsen af hævingen er beregnet. Der er betydelig usikkerhed på den kote højdemodellen angiver i vandløbene, og derfor er der størst sikkerhed på de større vandløb, hvor koten i højdemodellen afspejler vandstanden, og ikke f.eks. brinker eller vegetation. Der er ikke foretaget hydrauliske beregninger eller anvendt specifikke hydrologiske data. Der anvendes en vandløbsstigning på 1 m, som antages at være worst case.

Bilag 3.5 viser et eksempel på vandløbsoversvømmelse for Kolding Kommune. Oversvømmelsen er primært tilknyttet de større vandløb, og oftest er der tale om en vandløbsoversvømmelse på op til 25-50 m på hver side af vandløbet. Dog er der områder hvor terrænet stiger meget svagt væk fra vandløbet, hvor der er større områder som oversvømmes.

4.2.5 Havvandsstigning ved stormflod

Klimaændringerne forårsager dels en generel stigning i havniveauet og dels mere ekstreme oversvømmelser som følge af stormflod. Den generelle stigning i havniveauet vurderes at være af mindre betydning, da der er tale om 25 cm over 50 år jf. afsnit 3.3. Det vurderes derfor, at der løbende vil ske klimasikring langs kysterne i denne periode således at påvirkning i forhold til kystnære punktkilder vil være af mindre betydning. Desuden vil påvirkningen fra den generelle stigning i havniveauet indgå i det estimerede højeste grundvandsspejl i 2050. Derimod vurderes stormflod at kun-

ne forårsage en noget større påvirkning af forholdene omkring de forurenede lokaliteter i form af øget udvaskning samt risiko for erosion og overfladeafstrømning (se afsnit 3.3). Dette er vist i Figur 4.5.



FIGUR 4.5 ØGET HAVVANDSSTIGNING SOM FØLGE AF STORMFLOD KAN FORÅRSAGE EN ØGET FORURENINGSFLUX SAMT ERODERING/OVERFLADEAFSTRØMNING

Stormflod vil have indflydelse på de lokaliteter, som ligger kystnært. Det vil sige, at såfremt lokaliteterne ligger inden for områder, som forventes at blive oversvømmet som følge af stormflod, skal der foretages en vurdering af robustheden af de tilhørende risikovurderinger. Der er således fastlagt risikoindikatorer for modelstofferne, som er samlet op i to matricer i Bilag 2 for henholdsvis lokaliteter med en grundvandsrisiko og lokaliteter med risiko for nærliggende overfladevand. Er der ikke overlap mellem placeringen af de kortlagte lokaliteter og de områder, som antages at blive oversvømmet som følge af stormflod, vurderes risikovurderingerne at være robuste.

Idet kystnære områder ofte ikke er sammenfaldende med OSD og indvindingsoplande, er der sat lave risikoindikatorer for grundvandet ved stormflod. Overfladevandet, i dette tilfælde kysterne, vil være mere sårbare, da forureningsstoffer kan ende i havvandet, enten ved overfladeafstrømning, når vandet trækker sig tilbage, eller igennem kloakledninger og lignende. Mekanismerne og risikoindikatorerne for dette scenarie er sammenligneligt med dem fra oversvømmelse langs vandløb.

Øget oversvømmelse fra havet vurderes ud fra en stormflodssituation, svarende til en 100 års hændelse i år 2050. Den generelle forventede stigning i havniveauet på 40 cm er medtaget i den forventede stigning i det terrænnære grundvandsspejl (se afsnit 4.2.2).

Der er ikke udarbejdet offentlig tilgængelige stormflodskort for en given gentagelsesperiode, men blot for givne intervaller af havstigning, f.eks. en 1 m stigning. Et havstigningskort ved en stormflodssituation vil indeholde områder, hvor stigningen er 5 m (Vadehavet), mens den i de indre danske farvande er på omkring 2 m. Der er derfor behov for at differentiere stigningen. Der i dette projekt pba. Kystdirektoratet (2013) og Naturstyrelsen (2013c), udarbejdet et kort med oversvømmelse fra havet for en 100 års hændelse (høj scenarie) i år 2050. Kystdirektoratet (2013) indeholder et GIS-tema (linje-tema), med en fremskrevet stormflodsvandstand. På baggrund heraf er der foretaget en inddeling af landet, og inden for hver zonerings vil der ske en given havstigning. Zonerings er foretaget skønsmæssigt og i nogle tilfælde kan afgrænsningen være behæftet med en vis usikkerhed. For hver zonerings laves et udklip af havstigningskort, jf. Naturstyrelsen (2013c). Disse samles efterfølgende til et datasæt, som repræsenterer de oversvømmede arealer.

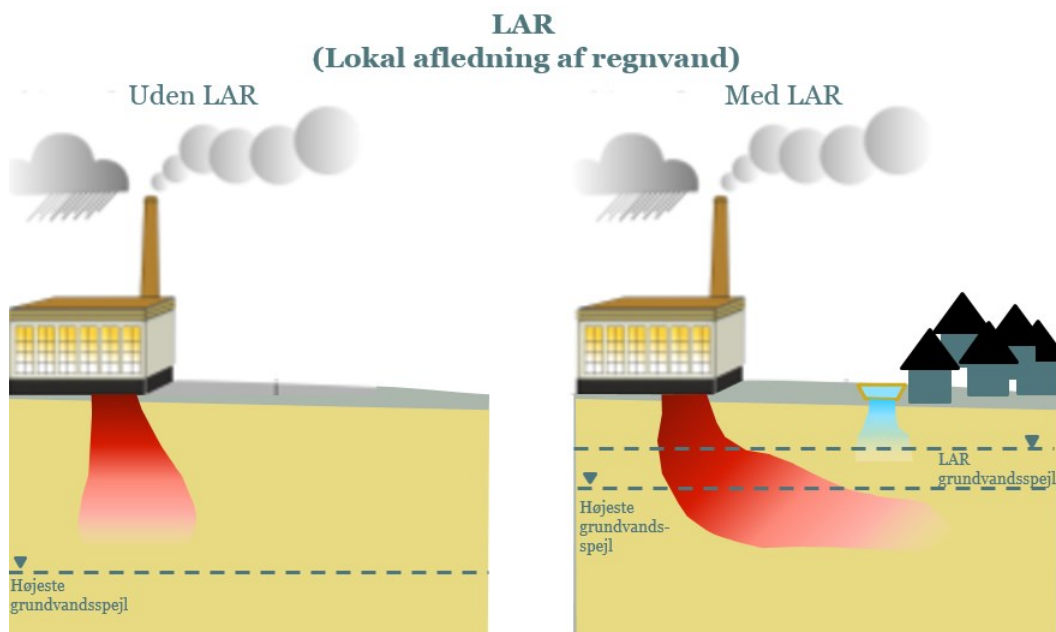
Bilag 3.6 viser Kystdirektoratets vurdering af stormflodshøjden for en 100-års hændelse i 2050 (højt estimat). Niveaulet ligger i intervallet 140-540 cm på landsplan. De største stormflodshøjder ses i Sydvestjylland syd for Ringkøbing Fjord. I de indre danske farvande langs den jyske østkyst samt Fyn og Sjælland er stigningerne mellem 140 og 210 cm.

Bilag 3.7 viser de oversvømmede arealer pba. Kystdirektoratet (2013) og Naturstyrelsen (2013c). Det ses at oversvømmelsen ikke blot er knyttet til områder med høj stormflodsvandstand. På nord-siden af Limfjorden oversvømmes store arealer, da der er tale om lavtliggende områder. Derudover findes eksempelvis tilsvarende lavtliggende områder nord for Ringkøbing, langs Randers Fjord, Nordfyn, ved Kalundborg, syd for Næstved, Lolland-Falster og Amager.

4.2.6 LAR (Lokal afledning af regnvand)

Nedsivning af mere regnvand i forbindelse med LAR-projekter kan forårsage stigning i grundvandspejlet som beskrevet i afsnit 3.5.1. Det antages kun at forekomme i byområder, hvorved dette klimaelement kun vurderes i forhold til de lokaliteter, som ligger inden for byzonerne. GIS-tema over byzoner hentes fra FOT som indeholder temaet 'bypolygoner', og afgrænser sammenhængende bebyggelse/by fra de omkringliggende landområder (GeoDanmark, 2015c). Bilag 3.8 viser som eksempel byzoner for Kolding Kommune.

Der ses bort fra risikoen for en øget infiltration og dermed en øget grundvandsdannelse, da det antages, at man i forbindelse med planlægning af et LAR-projekt tager højde for, at nedsivningen ikke sker igennem en kendt forurening. Der foreligger ikke tilstrækkelige data til at kortlægge, hvor der er gennemført LAR-projekter inden for de enkelte byområder, samt hvor mange der er. Derfor antages det endvidere, at stigningen i grundvandspejlet sker i hele byzonen. Der tages udgangspunkt i scenariet med øget grundvandspejl, hvorefter stigningen i grundvandspejlet som følge af LAR "lægges ovenpå". Dette er vist i nedenstående Figur 4.6.



FIGUR 4.6 ØGET NEDSIVNING AF REGNVAND SOM FØLGE AF LAR GIVER EN ØGET STIGNING I GRUNDVANDSSPEJLET OG DERMED ØGET RISIKO FOR UDVASKNING

Erfaringer med LAR-projekter viser (Orbicon, 2014), at grundvandspejlet ofte kan forventes at stige mellem 0,5 til 3 m afhængig af de geologiske og hydrogeologiske forhold. I dette projekt antages en 0,5 m stigning for typologi 1 (sandede lokaliteter), en 2,5 m stigning for typologi 2 (lerede lokaliteter) og en 1,5 m stigning for typologi 3 lokaliteter (lerede/sandede lokaliteter).

I forbindelse med nærværende screening vil der således blive foretaget en vurdering af den forventede stigning i grundvandsspejlet inkl. stigningen fra LAR i forhold til bunden af forureningen, der igen er afhængig af, hvilket modelstof der indgår i screeningen. Såfremt det hævdede grundvandsspejl ikke kommer i kontakt med forureningen, vurderes risikovurderingen at være robust. Stiger grundvandet derimod op i det forurenede område, vil der blive fastsat risikoindikatorer på baggrund af, hvor stor påvirkningen forventes at blive. Den procentvis stigning baseres på den samlede stigning i grundvandsspejlet (der tages udgangspunkt i scenariet med øget grundvandsspejl, hvorefter stigningen i grundvandsspejlet som følge af LAR "lægges ovenpå"). Derfor er LAR inddelt i 3 kategorier:

LAR:

- Stor påvirkning > 50 % stigning op i det forurenede kildeområde
- Mellem påvirkning, 10-50 % stigning op i det forurenede kildeområde
- Lille påvirkning, < 10 % stigning op i det forurenede kildeområde

Det er afgørende om grundvandsspejlet stiger over kloakdybden. I dette tilfælde vil der være en påvirkning af overfladevandet idet forureningen igennem disse kan føres direkte til overfladevandsreceptor (se afsnit 4.2.2).

I Bilag 2 fremgår de fastlagte risikoindikatorer i de matricer for hhv. lokaliteter med grundvandsrisiko og lokaliteter med overfladevandsrisiko. Risikoindikatorerne er tilsvarende dem for hævdede grundvandsspejl.

4.3 Øvrige anvendte data til analyse af robusthed

4.3.1 Typologier

Risikomatricen inddrager de tre typologier som omtalt i afsnit 2.2. Her laves en inddeling i "Sand/kalkmagasin uden dæklag" (typologi 1), "Kalk- eller sandmagasin overlejret af opsprækket moræneler med forskellig lagtykkelse" (typologi 2) og "Kalk- eller sandmagasin overlejret af opsprækket moræneler af varierende tykkelse med flere indslag af sand" (typologi 3).

Der er i nærværende projekt foretaget en landsdækkende inddeling i de tre typologier. Kortlægningen er baseret på et udtræk af alle borer fra Jupiter, hvor forholdet mellem ler og sand i de øverste 12 m er beregnet. På baggrund af forholdet er der lavet en inddeling i typologi 1-3.

Bilag 3.9 viser inddelingen i typologier. Typologi 1 relaterer sig primært til Midt-, Nord og Vestjylland, mens Sydøstjylland, Fyn og Sjælland er domineret af de mere lerede jorde (typologi 2 og 3)

4.3.2 DK-jord database og forureningsdybder

Data vedrørende de forurenede lokaliteter stammer fra regionernes nationale jordforureningsdatabase, DK Jord pr. 1. januar 2015. Der er foretaget et udtræk, som omhandler oplysninger om de brancher, aktiviteter og stoffer, der har været årsag til kortlægningen. Der henvises til afsnit 1.5.1, hvor dette er yderligere omtalt.

4.3.3 Højdemodel

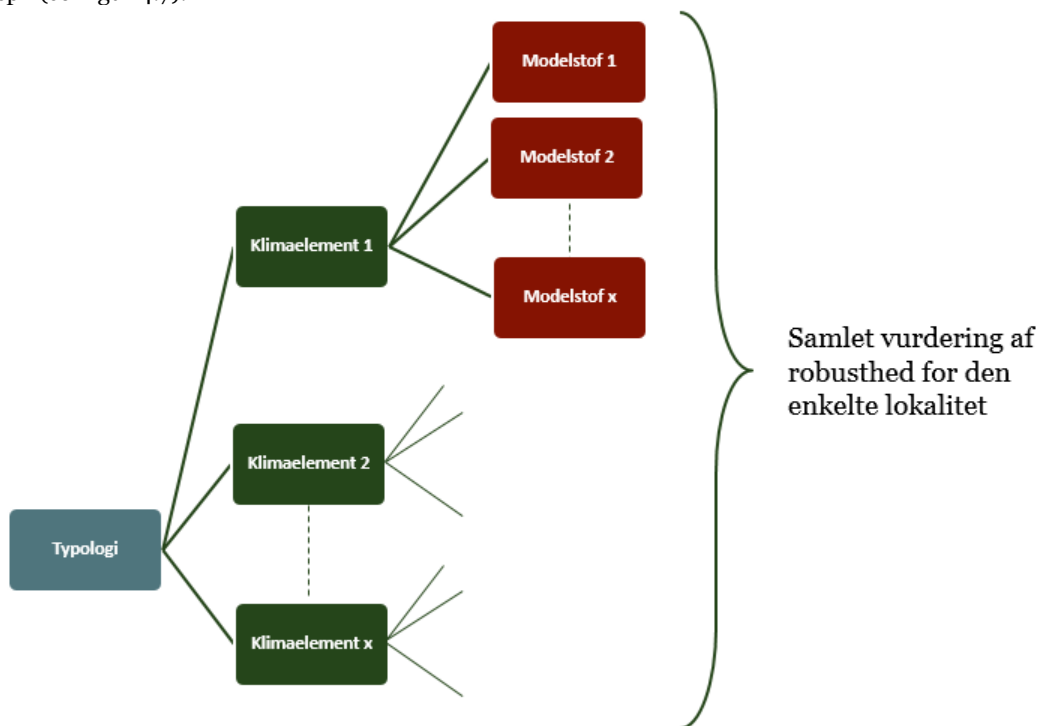
I forbindelse med den landsdækkende screening inddrages lokaliteternes terrænkote. Det er bl.a. for at kunne vurdere dybden til grundvandsspejlet (afstanden mellem terræn og grundvandspotentiale). Der anvendes en 10x10 m højdemodel som er tilgængelig via Geodatastyrelsen (2015).

4.4 Samlet vurdering af risikoindikatorer på lokalitetsniveau

Der er i ovenstående afsnit fastsat risikoindikatorer på baggrund af de betydende klimaelementer og påvirkningen herfra i forhold til en forurening med de udpegede modelstoffer. Dette kan for den enkelte lokalitet give flere resultater. Derfor er det nødvendigt at foretage en samlet vægtning for

den enkelte lokalitet, således at den landsdækkende screening kan resultere i en samlet vurdering af robustheden på lokalitetsniveau.

Hver risikoindikator har fået en score i forhold til klimaelement, typologi og stof. Hver lokalitet får kun tildelt én typologi, hvorved dette ikke vil være afgørende for antallet af resultater pr. lokalitet. Derimod kan der for hvert klimaelement være flere stoffer og der kan være flere klimaelementer i spil (se Figur 4.7).



FIGUR 4.7 DER KAN FOREKOMME FLERE RESULTATER FOR EN ENKELT LOKALITET PÅ BAGGRUND AF DE FASTSATTE RISIKOINDIKATORER

For hver lokalitet vil screeningen ende med en vurdering af dels robustheden af risikovurderingen i forhold til grundvand og dels risikovurderingen i forhold til overfladevand, såfremt der er lokaliteter, hvor der er risiko for begge dele. På den måde opnås et overblik over de lokaliteter, der har ringe robusthed i forhold til den risikovurdering, der er udført i forhold til grundvand, og på tilsvarende måde et overblik over de lokaliteter, hvor risikovurderingen over for overfladevand vurderes at have en ringe robusthed.

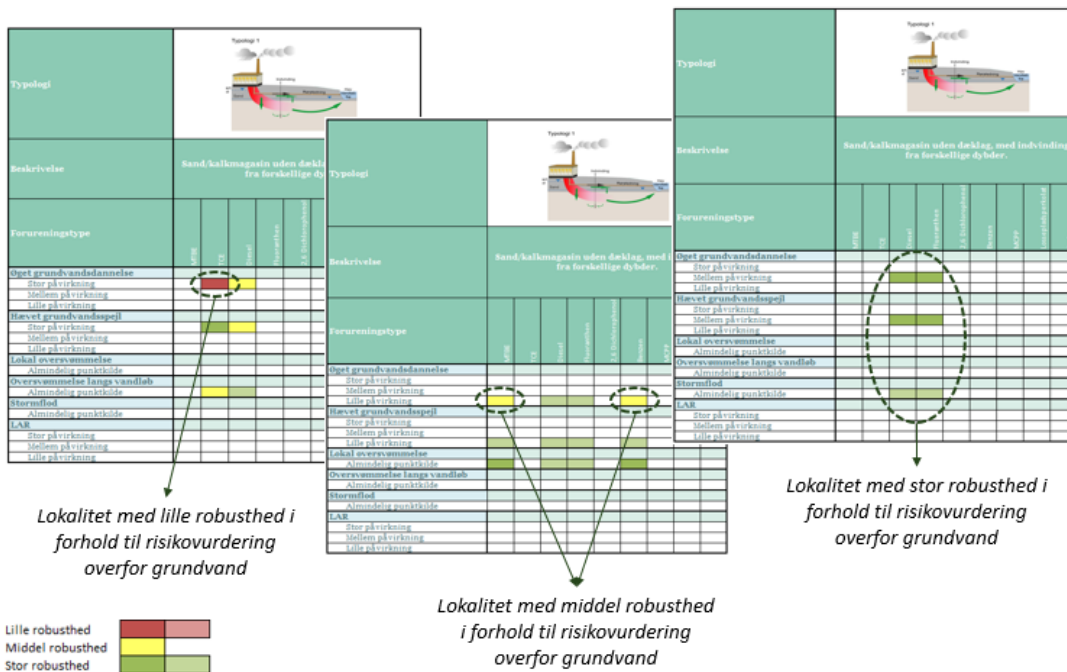
Ved valg af risikoindikatorerne i de to matricer i Bilag 2 er de enkelte klimaelementer blevet vurderet i forhold til deres effekt på grundvand og overfladevand for hvert modelstof. Vægtning af elementerne er således indbygget i scoren i risikoindikatorerne. Scoren er tildelt i intervallet fra 1-5, som følger:

- > 3 Ringe robusthed (rød lokalitet)
- 3 Mellem robusthed (gul lokalitet)
- < 3 God robusthed (grøn lokalitet)

Robustheden af risikovurderingerne vurderes i forhold til modelstoffet med den højeste score for hvert klimaelement. Årsagen til at der ikke foretages en summering af scoren for alle stoffer i forhold til hvert element er, at resultatet således vil være afhængigt af, hvor mange stoffer der er knyttet til den enkelte lokalitet. For lokaliteter med en V1-kortlægning, hvor stofferne er knyttet til lokaliteten på baggrund af standardparametre ud fra branchen og aktivitet, vil en summering af stoffer-

ne ikke give mening, da der ikke er konkret viden om, at der er forurening med alle de stoffer, der er medtaget i screeningen. Derudover kan der på lokaliteter med en V2-kortlægning være konstateret forurening med flere stoffer, som i nærværende screening er samlet under ét modelstof.

Da der, som nævnt ovenfor, er foretaget en vægtning af betydningen af de enkelte klimaelementer i forhold til hvert modelstof, vil den maksimale score for et klimaelement være afgørende for den samlede score for lokaliteten. Dette er illustreret i Figur 4.8.



FIGUR 4.8 EKSEMPEL PÅ SAMLET VURDERING AF TRE LOKALITETER, HVOR DER ER EN POTENTIEL RISIKO FOR GRUNDVAND

5 Landsdækkende screening

Den landsdækkende screening har til formål at give et overblik over robustheden af risikovurderinger på de kortlagte lokaliteter på landsplan. Screeninger tager udgangspunkt i den viden, som er beskrevet i de forgående afsnit. Formålet er at skabe overblik over omfanget af lokaliteter, hvor konsekvenserne af klimaændringer vil kunne påvirke robustheden af den gennemførte risikovurdering. Samtidig kan screeningen give bud på, om der er nogle generelle tendenser ift. robustheden af risikovurderingerne over for klimaforandringer og/eller om der er karakteristiske geografiske mønstre. Screeningen bygger udelukkende på eksisterende landsdækkende data, som angivet i afsnit 4.

5.1 Metoden til landsdækkende screening

Metoden til den landsdækkende screening er beskrevet i afsnit 4.4 og er en kombination af lokaliteter, med risiko i forhold til overfladevand og/eller grundvand, typologier, klimaelementer og modelstoffer.

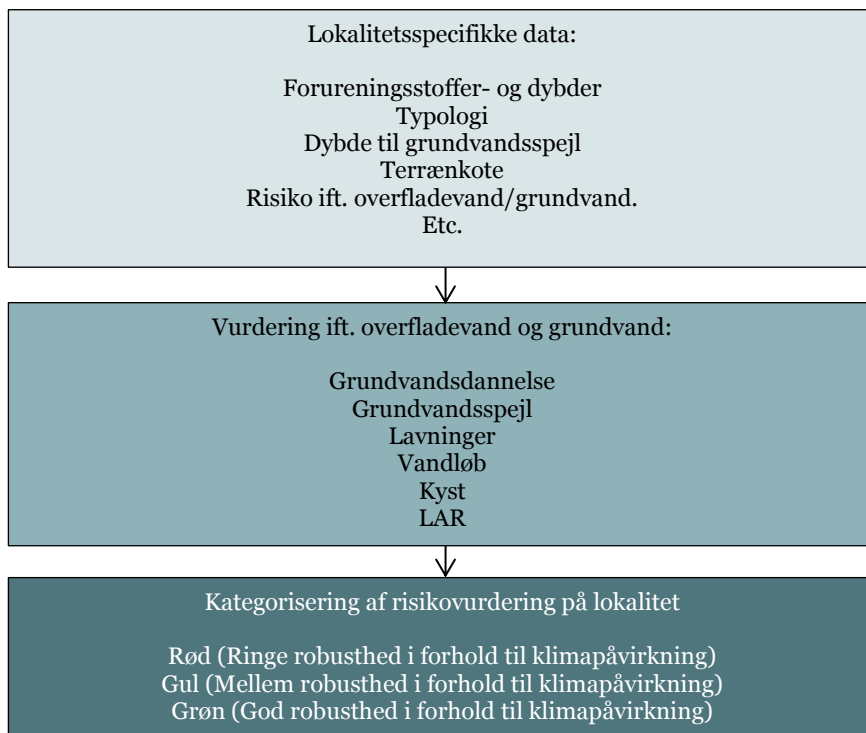
Screeningsgrundlaget omfatter 32.031 lokaliteter, som dækker over det samlede antal lokaliteter som er kortlagt efter jordforureningslovens regler primo 2015. Heraf screenes der ift. grundvandsrisiko (lokaliteter inden for OSD og inden for indvindingsoplande uden for OSD) for 11.752 lokaliteter og ift. potentiel overfladevandsrisiko for 3.381 lokaliteter (se afsnit 1.5.2). De resterende lokaliteter er beliggende uden for OSD og indvindingsoplandene. Der er ikke medtaget en analyse af robustheden af risikovurderinger af jordforurenings påvirkning af arealanvendelsen på lokaliteterne. Den landsdækkende screening foretages på baggrund af følgende datagrundlag, som beskrevet i afsnit 4.2 og 4.3:

- Risikomatrice
- Klimaelementer
 - Grundvandsdannelse
 - Terrænnært grundvandsspejl
 - Lokal oversvømmelse
 - Vandløbsstigning
 - Havstigning
 - LAR (lokal afledning af regnvand)
- Øvrige data
 - Højdemodel
 - Typologier
 - Bypolygoner (områder med LAR)
- DK-jord database pr. 1. januar 2015
- Modelstoffer og vurderede forureningsdybder for hvert modelstof

Ovenstående fem typer af datakilder er samlet i en access-database, og på baggrund af en række forespørgsler findes risikovurderingernes klimarobusthed, som omtalt i afsnit 4.4. Først vurderes det om en given påvirkning for hvert klimaelement er lille, mellem eller stor. Herefter findes der på baggrund af risikomatricen en robusthed af risikovurderingen (ringe, mellem og god). Der kan derfor forekomme tilfælde, hvor en stor påvirkning blot resulterer i en lille sandsynlighed for kli-

mapåvirkning af risikovurderingen (grøn). Omvendt kan der forekomme tilfælde, hvor en lille påvirkning resulterer i en mellem sandsynlighed for, at robustheden påvirkes af klimaændringerne (gul). Risikovurderingernes klimarobusthed findes som den laveste robusthed (højeste point) pr. lokalitet.

I Bilag 4.1 er der angivet et eksempel på en vurdering af en lokalitet, T1. Arbejdsgangen for vurderingen er skitseret på nedenstående Figur 5.1.



FIGUR 5.1 ARBEJDSGANG IFT. ANALYSE OG KATEGORISERING AF RISIKOVURDERINGEN PÅ LOKALITETERNE

5.2 Resultater og kortbilag

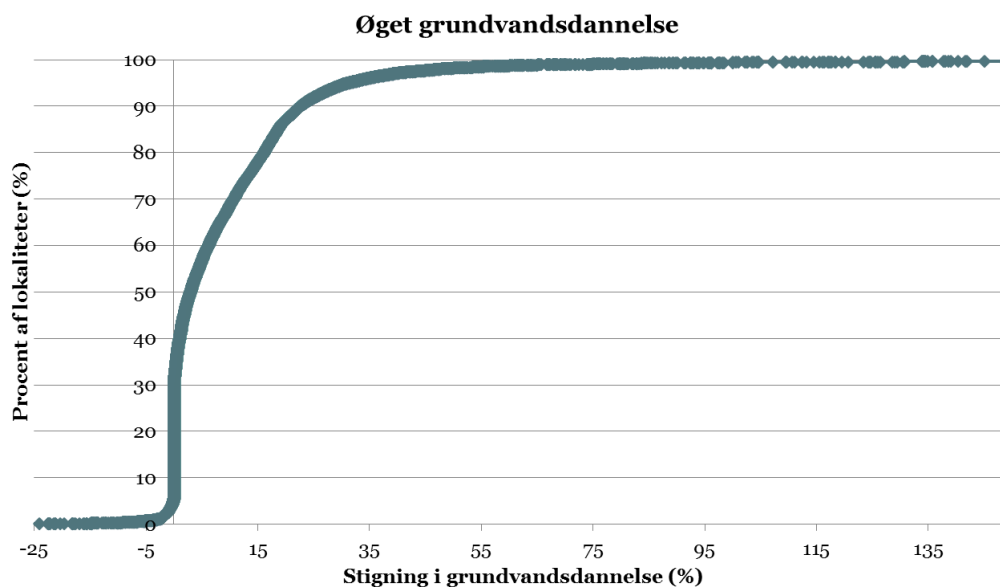
Screeningen foretages, som tidligere nævnt, ved at kombinere input om typologi, klimaelement og forureningstype for hver lokalitet, hvilket på baggrund af risikomatricen resulterer i en given vurdering af robustheden af risikovurderingen (ringe, mellem eller god). På baggrund af denne vurdering, vil den værste kombination, dvs. den kombination, der giver den dårligste robusthed, resultere i farveangivelsen af lokaliteten som enten rød, gul eller grøn. I det følgende redegøres der for robustheden af risikovurderingerne ift. hvert klimaelement.

For at vurdere klimaelementernes påvirkning er der lavet en opgørelse, som viser fordelingen af klimapåvirkningens forventede størrelse over hele landet for de anvendte klimascenarier. Disse data er bl.a. blevet inddraget i forbindelse med inddeling af hvert klimaelement ift. skæringsværdier for, hvornår klimapåvirkningen er hhv. stor, mellem eller lille, se afsnit 4.2.1 til 4.2.6.

Resultaterne fra denne opgørelse indgår ikke direkte som en del af selve screeningen, men er vigtige i forhold til at forstå resultatet af screeningen. Opgørelsen har taget udgangspunkt i samtlige lokaliteter, for at sikre at flest mulige data inddrages. For de lokaliteter, som ligger uden for OSD og/eller indvindingsområderne er det valgt at anvende samme screeningskriterier, som for de lokaliteter, der ligger inden for disse grundvandsområder. På den måde får man også et resultat af robustheden af risikovurderingen uden for grundvandsområderne såfremt OSD-områderne ændres i fremtiden eller lignende.

5.2.1 Effekt af øget grundvandsdannelse

Effekten af grundvandsdannelsen som følge af øget nedbør er vurderet ud fra datagrundlaget beskrevet i afsnit 4.2.1. Stigningen i grundvandsdannelse er overført til hver lokalitet og på baggrund heraf er der lavet nedenstående fordelingskurve ift. landsdækkende fordeling, se Figur 5.2. For ca. 30 % af lokaliteterne vil der være ingen eller et fald i grundvandsdannelse. Samtidig er det kun ca. 10 % af lokaliteterne, der vil opleve en stigning på over 20 %.

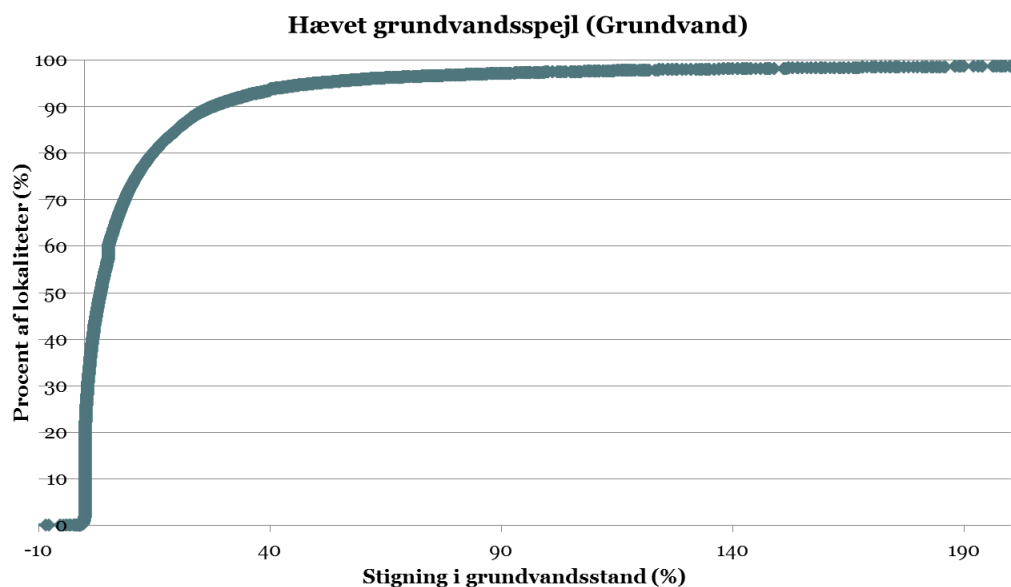


FIGUR 5.2 FORDELINGEN AF DE KORTLAGTE LOKALITETERS STIGNING I GRUNDVANDSDANNELSE

5.2.2 Effekt af hævet grundvandsspejl

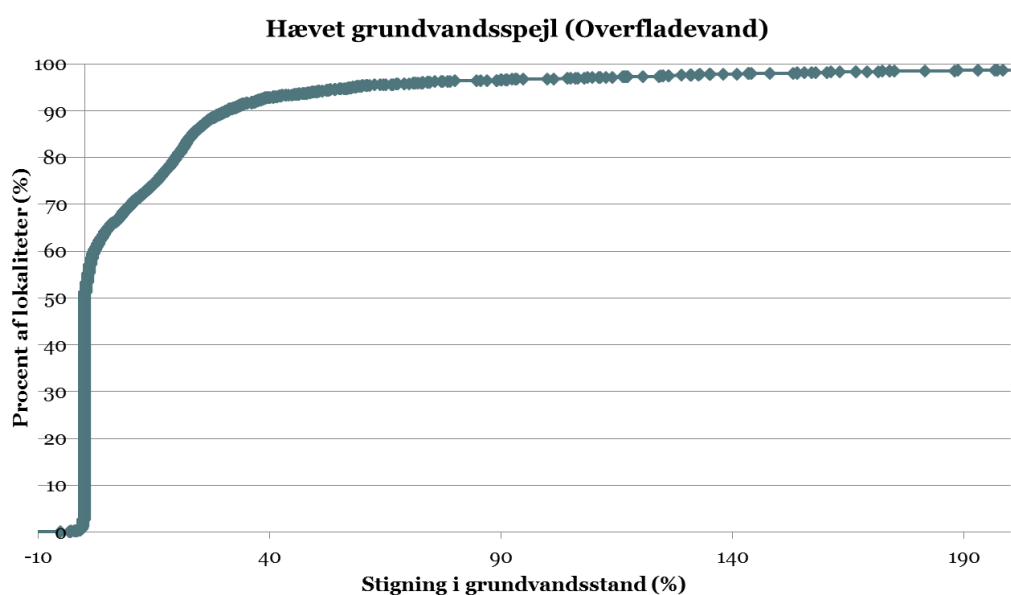
Effekten af grundvandsstigninger vurderes på baggrund af afsnit 4.2.2. Stigningen i grundvandsspejlet er overført til hver lokalitet, og på baggrund heraf er der lavet nedenstående fordelingskurver ift. landsdækkende fordeling, se Figur 5.3 og Figur 5.4. Datamaterialet for nedenstående figur udgøres af samtlige kortlagte lokaliteter, uanset om grundvandsspejlet kommer op i det forurenede område eller ej.

Effekt af det hævede grundvandsspejl på robustheden af risikovurderingen er forskellig alt afhængig af om jordforureningen udgør en risiko overfor grundvand og/eller overfladevand. Figur 5.3 viser, at der for 25 % af lokaliteterne ikke vil være en stigning i grundvandsstanden indenfor det forurenede område, hvilket kan skyldes, at grundvandsspejlet ligger lavere end forureningsdybden, eller at der for det pågældende område ikke vil ske en klimabetinget stigning i grundvandsspejlet. Langt de fleste lokaliteter vil opleve stigninger i grundvandsspejlet på under 40 %. For blot 5 % forventes der en større stigning.



FIGUR 5.3 FORDELINGEN AF PÅVIRKNINGEN AF DE KORTLAGTE LOKALITETERS I FORHOLD TIL DEN PROCENTVISE STIGNING I GRUNDVANDSSPEJL (VURDERING IFT. GRUNDVAND)

Der er færre lokaliteter, hvor der er risiko for nærliggende overfladevand, som påvirkes af et hævet grundvandsspejl. Dette er vist i Figur 5.4, hvor det fremgår at der er flere lokaliteter som påvirkes med 0 % stigning i grundvandsspejlet. Det skyldes, at der først vurderes en påvirkning af jordforureningen, når grundvandsspejlet kommer op over drænniveauet på 1 eller 3 m u. t., som er drænniveauet for hhv. byer og land. Således er der for ca. 1/3 del af lokaliteterne ingen stigning i grundvandsspejlet, hvilket vil sige at grundvandsspejlet står lavere end den estimerede kloak/drændybde.

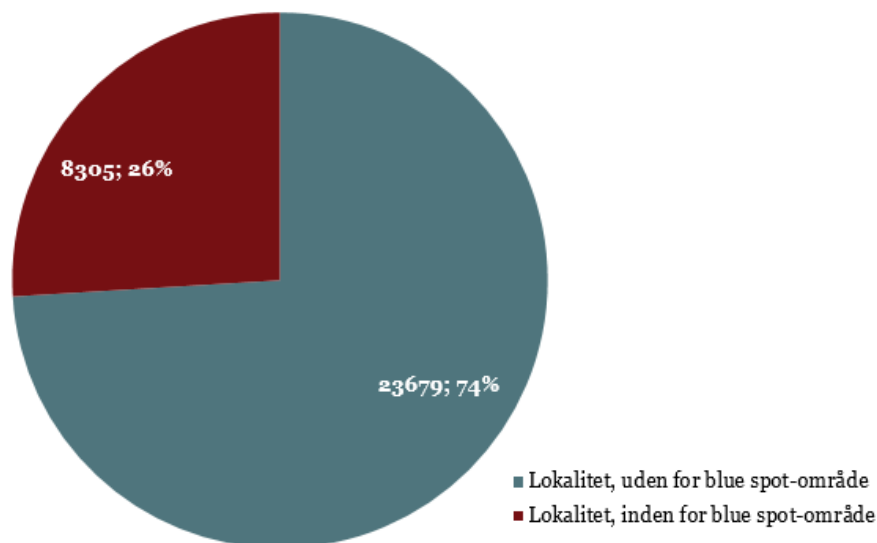


FIGUR 5.4 FORDELINGEN AF PÅVIRKNINGEN AF DE KORTLAGTE LOKALITETERS I FORHOLD TIL DEN PROCENTVISE STIGNING I GRUNDVANDSSPEJL (VURDERING IFT. OVERFLADEVAND)

5.2.3 Effekt af lokale oversvømmelser

Effekten af lokale oversvømmelser vurderes på baggrund af afsnit 4.2.3. De lokale oversvømmelser er overført til hver lokalitet, og på baggrund heraf er der lavet en fordeling mellem påvirkede og ikke-påvirkede lokaliteter, dvs. ligger en lokalitet i et område, som forventes oversvømmet eller ej. Som det ses af Figur 5.5 er 26 % af lokaliteterne påvirket ift. lokale oversvømmelser.

Risiko for lokal oversvømmelse

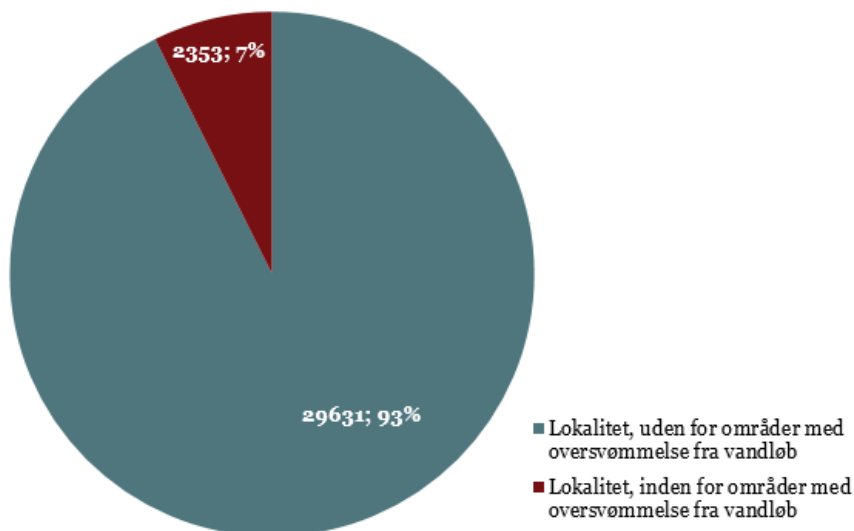


FIGUR 5.5 FORDELINGEN MELLEM PÅVIRKEDE OG IKKE-PÅVIRKEDE LOKALITETER IFT. LOKAL OVERSVØMMELSE.

5.2.4 Effekt af vandløbsstigninger

Effekten af vandløbsstigninger vurderes på baggrund af afsnit 4.2.4. Områder oversvømmet som følge af vandløbsstigning er overført til hver lokalitet og på baggrund heraf er der lavet en fordeling mellem påvirkede og ikke-påvirkede lokaliteter, dvs. ligger en lokalitet i et område, som forventes oversvømmet eller ej. Som det ses af Figur 5.6 er 7 % af lokaliteterne påvirket ift. vandløbsstigninger.

Risiko for vandløb oversvømmelse

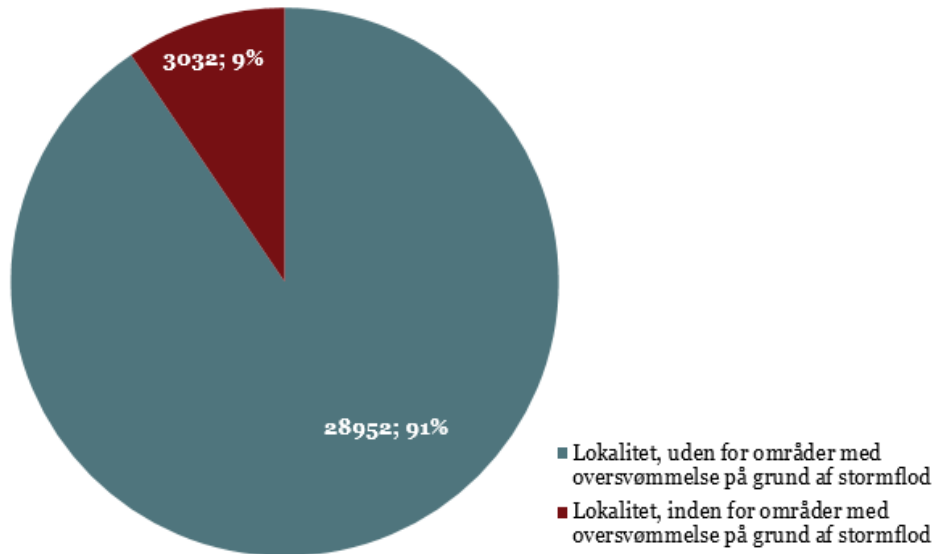


FIGUR 5.6 FORDELINGEN MELLEM PÅVIRKEDE OG IKKE-PÅVIRKEDE LOKALITETER IFT. VANDLØB.

5.2.5 Effekt af havvandsstigninger ved stormflod

Effekten af havvandsstigninger vurderes på baggrund af afsnit 4.2.5. Oversvømmede arealer som følge af havvandsstigning er overført til hver lokalitet, og på baggrund heraf er der lavet en fordeling mellem påvirkede og ikke-påvirkede lokaliteter, dvs. ligger en lokalitet i et område, som forventes oversvømmet. Som det ses af Figur 5.7 er 9 % af lokaliteterne påvirket ift. havvandsstigninger ved stormflod.

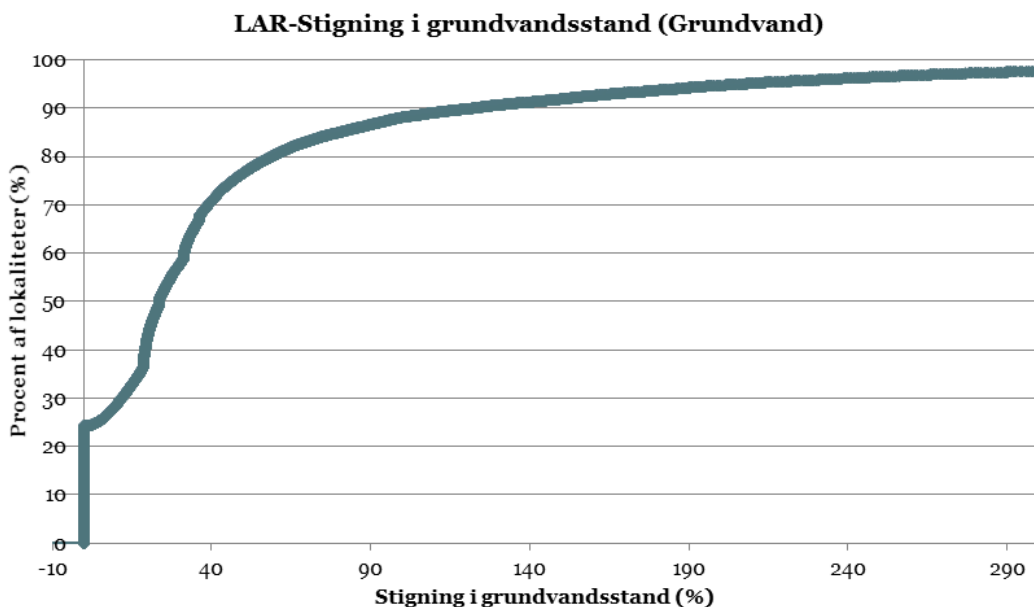
Risiko for stormflod oversvømmelse



FIGUR 5.7 FORDELINGEN MELLEM PÅVIRKEDE OG IKKE-PÅVIRKEDE LOKALITETER RISIKO FOR STORMFLOD.

5.2.6 Effekt af hævet grundvandsspejl pga. LAR

Effekten af LAR vurderes på baggrund af bypolygoner og typologier som beskrevet i afsnit 4.2.6. Bypolygoner og typologier er overført til hver lokalitet og på baggrund heraf er der lavet nedenstående fordelingskurver ift. landsdækkende fordeling. Figur 5.8 viser stigningen i grundvandsspejl pga. LAR. Det ses, at ca. 25 % af lokaliteterne ikke berøres af LAR-stigning i grundvand. Disse 25 % udgøres af lokaliteter i byer, hvor der ikke vil sker en påvirkning da grundvandsspejlet ikke stiger betydeligt samt af lokaliteter uden for byer.

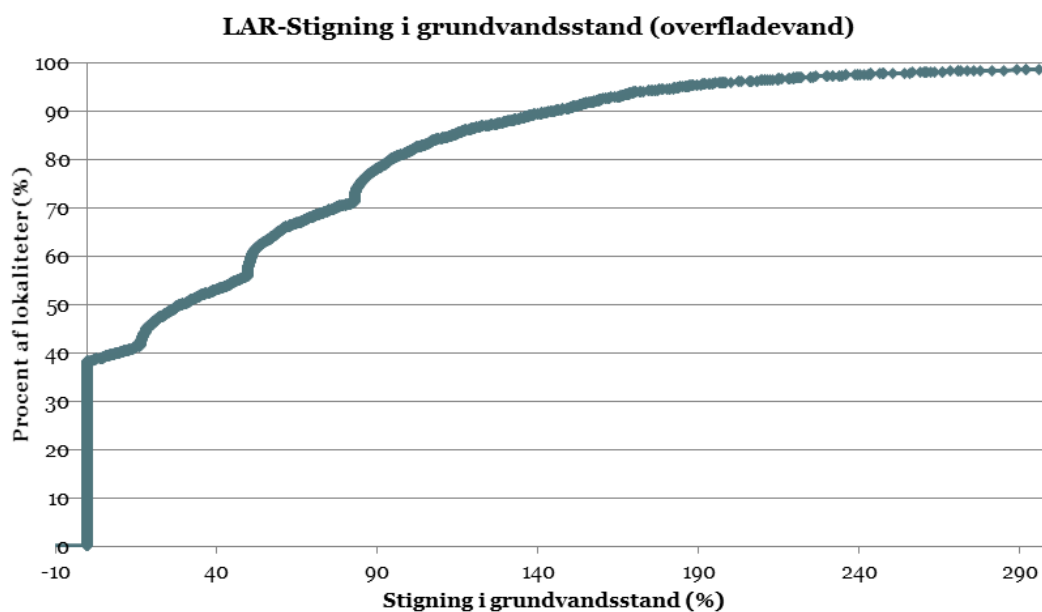


FIGUR 5.8 FORDELINGEN AF DE KORTLAGTE LOKALITETERS LAR-RELATEREDE STIGNING I GRUNDVANDSSPEJL (VURDERING IFT. GRUNDVAND)

Grundvandsstigningen på baggrund af LAR vurderes forskelligt alt afhængig af om der er risiko overfor grundvand og overfladevand.

Figur 5.9 viser stigningen i grundvandsspejl vha. LAR for lokaliteter hvor der er vurderet risiko overfor overfladevand. Det ses, at påvirkning af klimaelementet generelt set har en lavere påvirk-

ning, hvilket skyldes at der først sker en påvirkning, når grundvandsspejlet når op over drænniveau (1 og 3 m u. t. for hhv. land og by).



FIGUR 5.9 FORDELINGEN AF DE KORTLAGTE LOKALITETERS LAR-RELATEREDE STIGNING I GRUNDVANDSSPEJL (VURDERING IFT. OVERFLADEVAND)

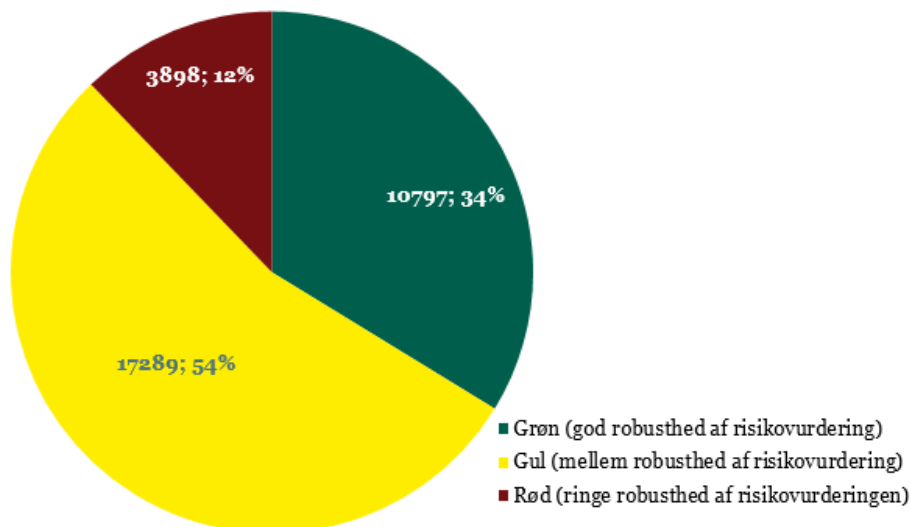
5.2.7 Kategorisering af robusthed af risikovurdering

Påvirkning fra de enkelte klimaelementer på jordforureningerne kobles med risikomatrixen for at få en vurdering af, hvor mange lokaliteter, der har en risikovurdering med en ringe eller god robusthed samt hvor mange, der ligger herimellem. For hver lokalitet er det den ringeste robusthed af risikovurdering, som afgør den endelige vurdering af, hvorvidt en lokalitet kategoriseres som rød, gul eller grøn.

Nogle lokaliteter dækker over et stort areal, hvilket gør det svært at foretage en præcis vurdering af robustheden af risikovurderingen på disse lokaliteter, da der ikke har været kendskab til om forureningen primært er knyttet til en mindre andel af lokalitetens areal eller hele det kortlagte areal. Det er valgt at vurdere disse arealmæssigt store lokaliteter på samme måde som de øvrige. Ved den konkrete sagsbehandling skal der blot tages hensyn til, at robustheden af risikovurderingen er vurderet på baggrund af viden om hele lokalitetens areal. F.eks. kan det kun være en mindre del af en lokalitets areal, der oversvømmes som følge af stormflod, som giver anledning til, at hele lokaliteten vurderes som rød.

Fordelingen af kategoriseringen lokaliteterne i de tre farver på landsplan fremgår af Figur 5.10, som viser at 34 % af lokaliteterne (10.797 stk.) er grønne, dvs. at risikovurderingerne ikke forventes i væsentlig grad at blive påvirket af klimaforandringer. Godt halvdelen af lokaliteterne, 54 % (17.289 stk.), er gule, dvs. at der er en potentiel sandsynlighed for påvirkning af risikovurderingen og dermed en mellem robusthed. 12 % af lokaliteterne (3.898 stk.) er røde, og er de risikovurderinger, som vurderes at blive påvirket mest af klimaforandringerne og dermed kun har en ringe robusthed.

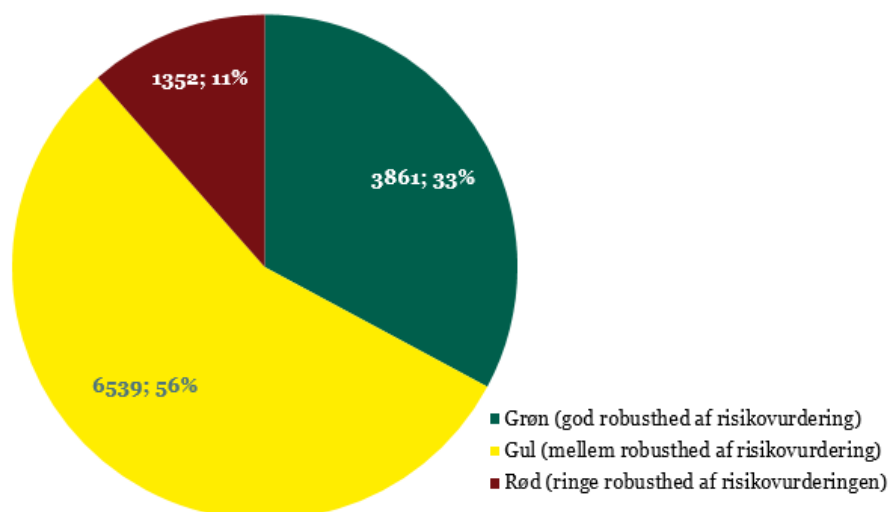
**Fordeling af robusthed
(Alle lokaliteter)**



FIGUR 5.10 FORDELINGEN AF RISIKOVURDERINGERNES ROBUSTHED PÅ KORTLAGTE LOKALITETER I RØD, GUL OG GRØN FOR SAMTLIGE LOKALITETER.

Fordelingen af lokaliteter, som ligger inden for OSD-områder eller indvindingsoplande udenfor OSD, fremgår af Figur 5.11, der viser at 33 % af lokaliteterne (3.861 stk.) er grønne, dvs. at risikovurderingerne på disse ikke forventes i væsentlig grad at blive påvirket af klimaforandringer. Godt halvdelen af lokaliteterne, 56 % (6.539 stk.), er gule, dvs. at der er en vis sandsynlighed for påvirkning af risikovurderingen. 11 % af lokaliteterne (1.352 stk.) er røde, og er de lokaliteter, hvor robustheden af risikovurderingerne vurderes at være ringe i forhold til klimaændringerne. Overordnet set er fordelingen her den samme som for alle lokaliteter, jf. Figur 5.10.

**Fordeling af robusthed
(Lokaliteter inden for OSD og IVO uden for OSD)**

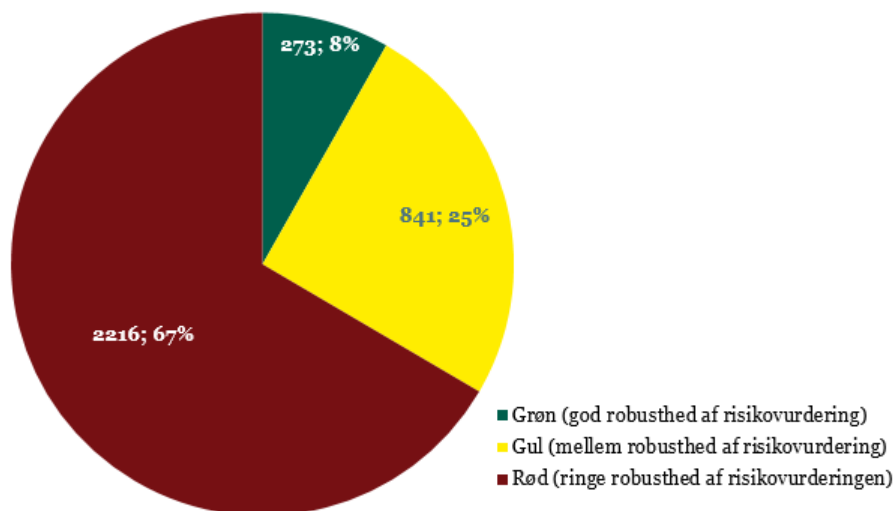


FIGUR 5.11 FORDELINGEN AF RISIKOVURDERINGENS ROBUSTHED I RØD, GUL OG GRØN FOR LOKALITETER INDENFOR OSD OG INDVINDINGSOPLANDE UDENFOR OSD.

Fordelingen af lokaliteter jordforureninger, som udgør en overfladevandsrisiko (3.381 stk.) fremgår af Figur 5.12, som viser, at 8 % af lokaliteterne (273 stk.) er grønne, dvs. at risikovurderingerne på disse, ikke forventes i væsentlig grad at blive påvirket af klimaforandringer. En fjerdel af lokaliteterne, 25 % (841 stk.), er gule, dvs. at der er en vis sandsynlighed for potentiel påvirkning af klimaændringerne og dermed mellem robusthed. Hele 67 % af lokaliteterne (2.216 stk.) er røde, og er de lokaliteter, hvor risikovurderingerne vurderes at være ringe i forhold til de fremtidige risikovurde-

ringer. Antallet af røde lokaliteter svarer til at 2.216 ud af 3.898 (samlet antal røde lokaliteter) er røde, hvilket betyder at godt halvdelen af det samlede antal røde lokaliteter udgøres af lokaliteter med overfladevandsrisiko.

**Fordeling af robusthed
(Lokaliteter med risiko for overfladevand)**

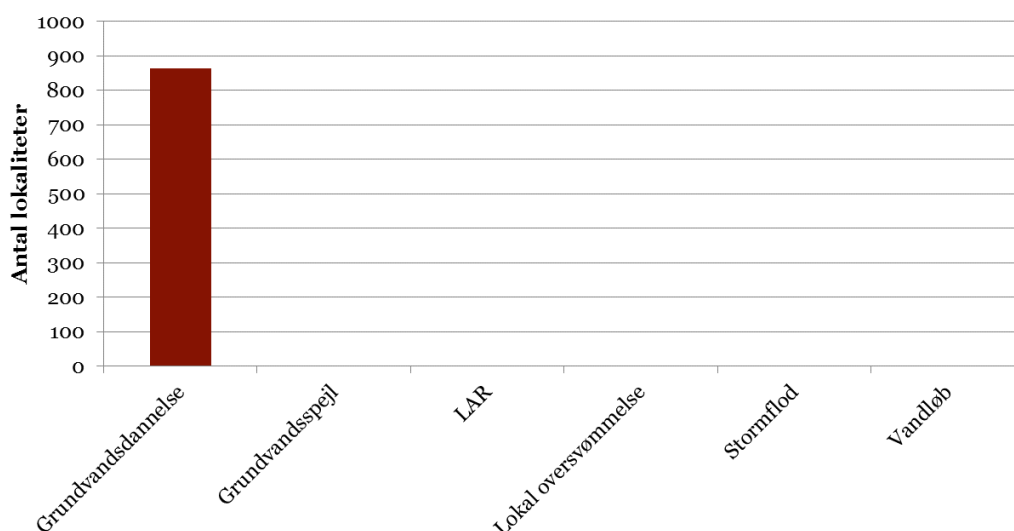


FIGUR 5.12 FORDELINGEN AF RISIKOVURDERINGENS ROBUSTHED I RØD, GUL OG GRØN FOR LOKALITETER MED RISIKO IFT. OVERFLADEVAND.

Ovenstående viser, hvordan den endelige fordeling er ift. rød, gul og grøn er på baggrund af den landsdækkende screening. For at se, hvilke klimaelementer, der giver anledning til de røde lokaliteter er der udarbejdet en opgørelse pr. klimaelement. Opgørelsen er lavet for lokaliteter beliggende inden for OSD og indvindingsoplande uden for OSD (11.752 stk.) samt for lokaliteter med jordforureninger, som udgør en overfladevandsrisiko (3.381 stk.). Opgørelsen for lokaliteter med risikovurderinger, som har fået tildelt en ringe robusthed, beliggende inden for OSD og indvindingsoplande uden for OSD, er vist på Figur 5.13.

Kritiske klimaelementer, grundvand

■ Lokaliteter inden for OSD eller IVO uden for OSD

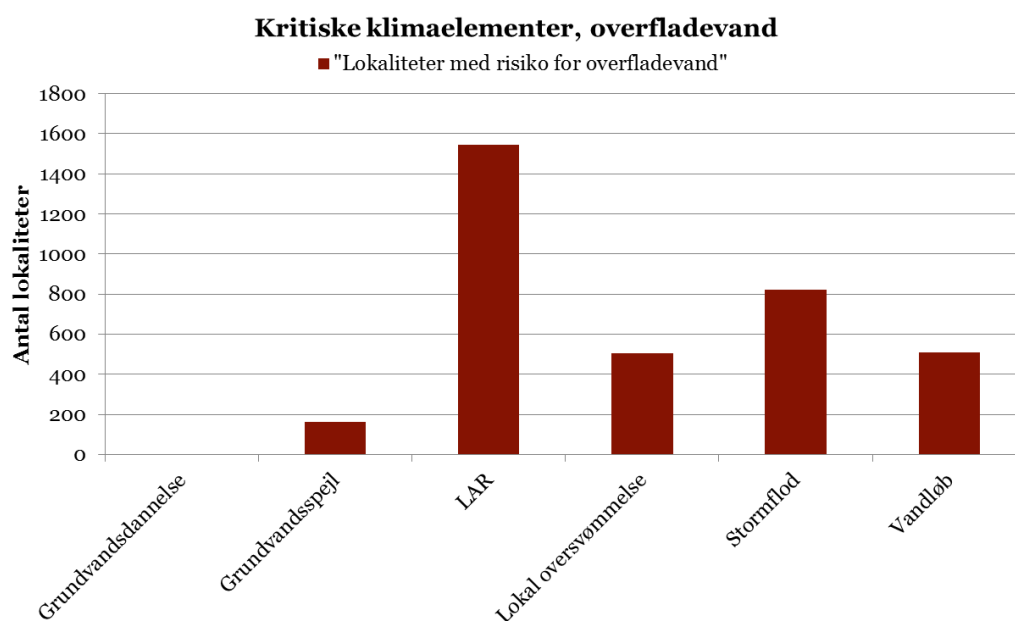


FIGUR 5.13 ANTAL LOKALITETER PR. KLIMAELEMENT, SOM ER ÅRSAG TIL RØDE LOKALITETER. ALLE LOKALITETER UDGØR EN RISIKO I FORHOLD TIL GRUNDEVAND

Her er klimaelementet grundvandsdannelse eneste årsag til røde lokaliteter (ca. 860 stk.). Hævet grundvandsspejl er i forbindelse med risikoindikatorerne kun vurderet til at kunne give en mellem

robusthed af risikovurderingerne over for grundvand ved en stor eller mellem påvirkning fra det hævede grundvandsspejl. En lille påvirkning fra et hævet grundvandsspejl, vurderes ikke at kunne påvirke robustheden af risikovurderingen. De øvrige fire elementer er ligeledes ikke vurderet til at kunne give en påvirkning i en grad, som fører til en ringe robusthed af risikovurderingen over for grundvand. Se mere herom i afsnit 4.2.2 og Bilag 2.

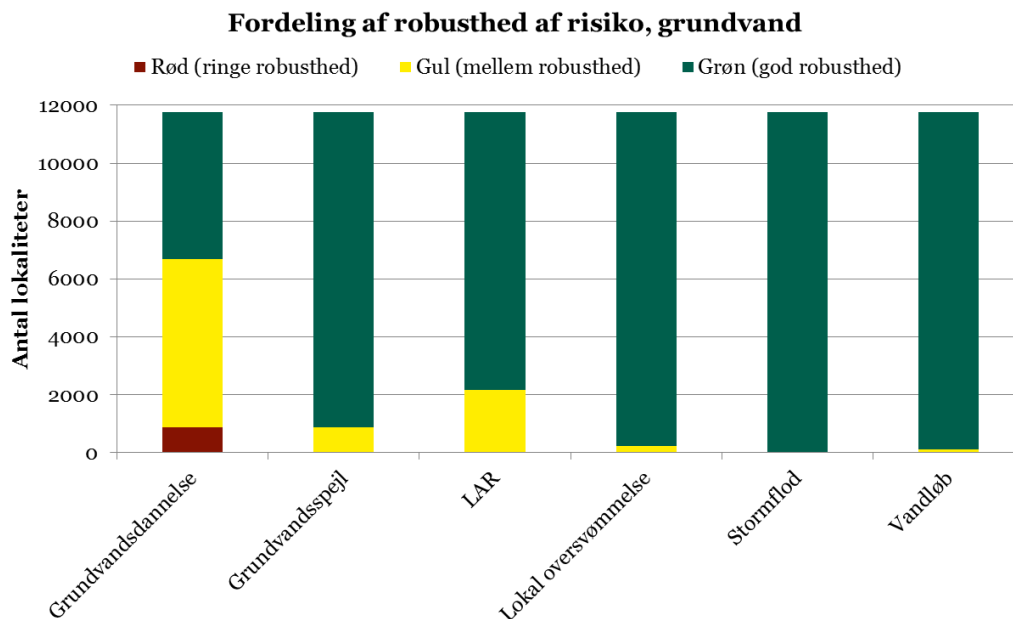
Opgørelsen for lokaliteter med en jordforurening, som udgør en overfladevandsrisiko, som har en risikovurdering med ringe robusthed er vist på Figur 5.14. Her ses det, at det er LAR, som giver anledning til flest røde lokaliteter (1.545 stk.), mens lokal oversvømmelse, stormflod og vandløbs-oversvømmelse alle giver anledning til 500-800 røde lokaliteter hver. Det skal bemærkes, at den samme lokalitet kan have flere kritiske klimaelementer, hvilket betyder, at summen af de røde lokaliteter for alle klimaelementerne giver et større antal end angivet i Figur 5.12. Årsagen til, at øget grundvandsdannelse ikke kan give en ringe robustheden af risikovurderingen overfor overfladevand, skyldes at der i risikomatrixen ikke er tildelt en score hertil, da øget grundvandsdannelse ikke vurderes at kunne øge risikoen yderligere overfor overfladevand (se afsnit 4.2.1 og Bilag 2).



FIGUR 5.14 ANTAL LOKALITETER PR. KLIMAELEMENT, SOM ER ÅRSAG TIL RØDE LOKALITETER. ALLE LOKALITETER UDGØR EN RISIKO I FORHOLD TIL OVERFLADEVAND.

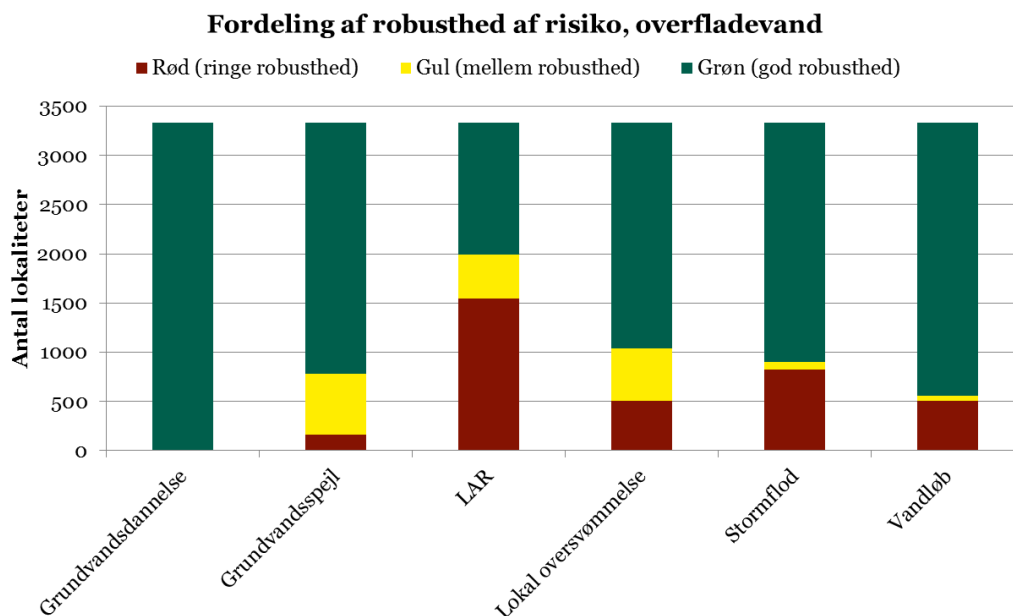
Ud over fordelingen af de røde lokaliteter ift. kritiske klimaelementer, er der også lavet opgørelse over rød/gul/grøn fordelingen for hvert klimaelement, for at undersøge, hvordan de resterende lokaliteter fordeler sig på grøn og gul. Denne opgørelse fremgår Figur 5.15 og Figur 5.16. Af Figur 5.15 ses det, at en langt større andel af lokaliteterne er grønne for lokaliteter med grundvandsrisiko. Som tidligere nævnt er det kun øget grundvandsdannelse, som kan give en ringe robusthed i forhold til risikovurderingen over for grundvand (røde lokaliteter). Halvdelen af lokaliteterne, som påvirkes af en øget grundvandsdannelse, påvirkes i en grad, som giver en mellem robusthed af risikovurderingen over for grundvand. Det er klart det klimaelement, som giver flest gule lokaliteter. Langt størstedelen (95 %) af de gule lokaliteter, skyldes en lille påvirkning fra den øgede grundvandsdannelse, som svarer til < 25 % grundvandsdannelse i forhold til nuværende forhold (se afsnit 4.2.1). Stormflod er vurderet til ikke at påvirke robustheden af risikovurderingerne over for grundvand, hvilket betyder, at det derfor kun er grønne lokaliteter ved dette element i (se også afsnit 4.2.5 og

Bilag 2).



FIGUR 5.15 FORDELING AF RØD/GUL/GRØN RISIKO. ALLE LOKALITETER UDGØR EN RISIKO I FORHOLD TIL GRUNDVAND. DER ER IKKE MEDTAGET LOKAL OVERSVØMMELSE JF. AFSNIT 4.2.3.

Ovenstående figur giver et billede af, hvilke klimaelementer, der forventes at påvirke de kortlagte lokaliteter med de valgte forudsætninger i denne screening. Helt afgørende for screeningsresultatet er de valgte inddelinger i stor/mellem/lille klimapåvirkning samt risikomatrixen. Med udgangspunkt i denne screening, kan datagrundlaget og forudsætninger for screeningen revideres/forfines hvis en mere detaljeret screening ønskes.



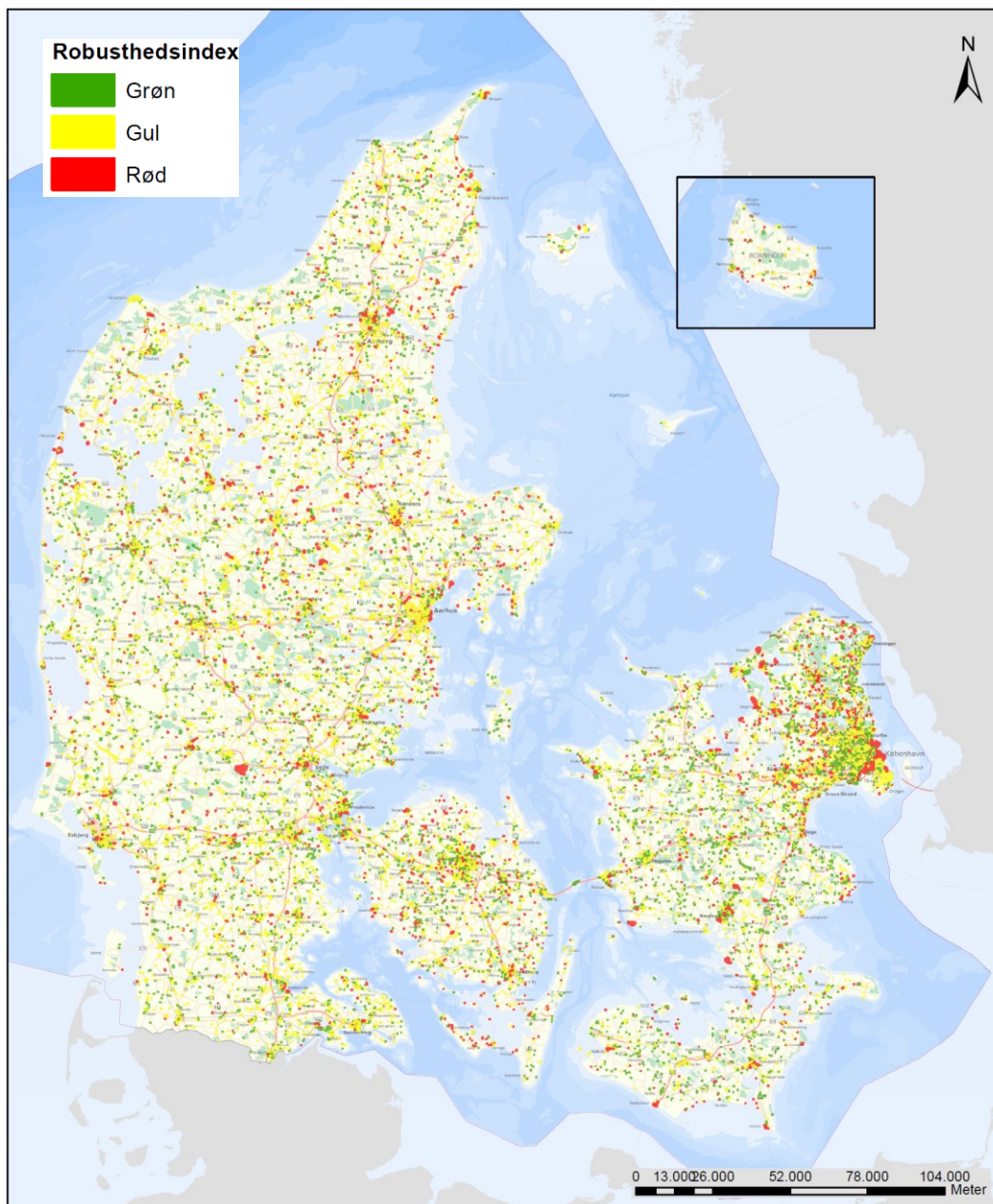
FIGUR 5.16 FORDELING AF RØD/GUL/GRØN RISIKO. ALLE LOKALITETER UDGØR EN RISIKO I FORHOLD TIL OVERFLADEVAND.

Af Figur 5.16 ses det for klimaelementet grundvandsdannelse, at der udelukkende er grønne lokaliteter, hvilket hænger sammen med risikomatrixen i Bilag 2, hvor øget grundvandsdannelse ikke vurderes at påvirke risikovurderingerne over for overfladevand (se afsnit 4.2.1). For hævet grundvandsspejl, lokal oversvømmelse og LAR er der den største andel af lokaliteter med en mellem robust risikovurdering over for overfladevand (gule), som ligger på ca. 15-20 % af alle lokaliteter med

en overfladevandsrisiko. Mens det for påvirkning fra stormflod og oversvømmelse langs vandløb kun er 1-2 % af lokaliteterne, som for tildelt en mellem robusthed i forhold til risikovurderingen over for overfladevand.

5.2.8 Geografisk fordeling

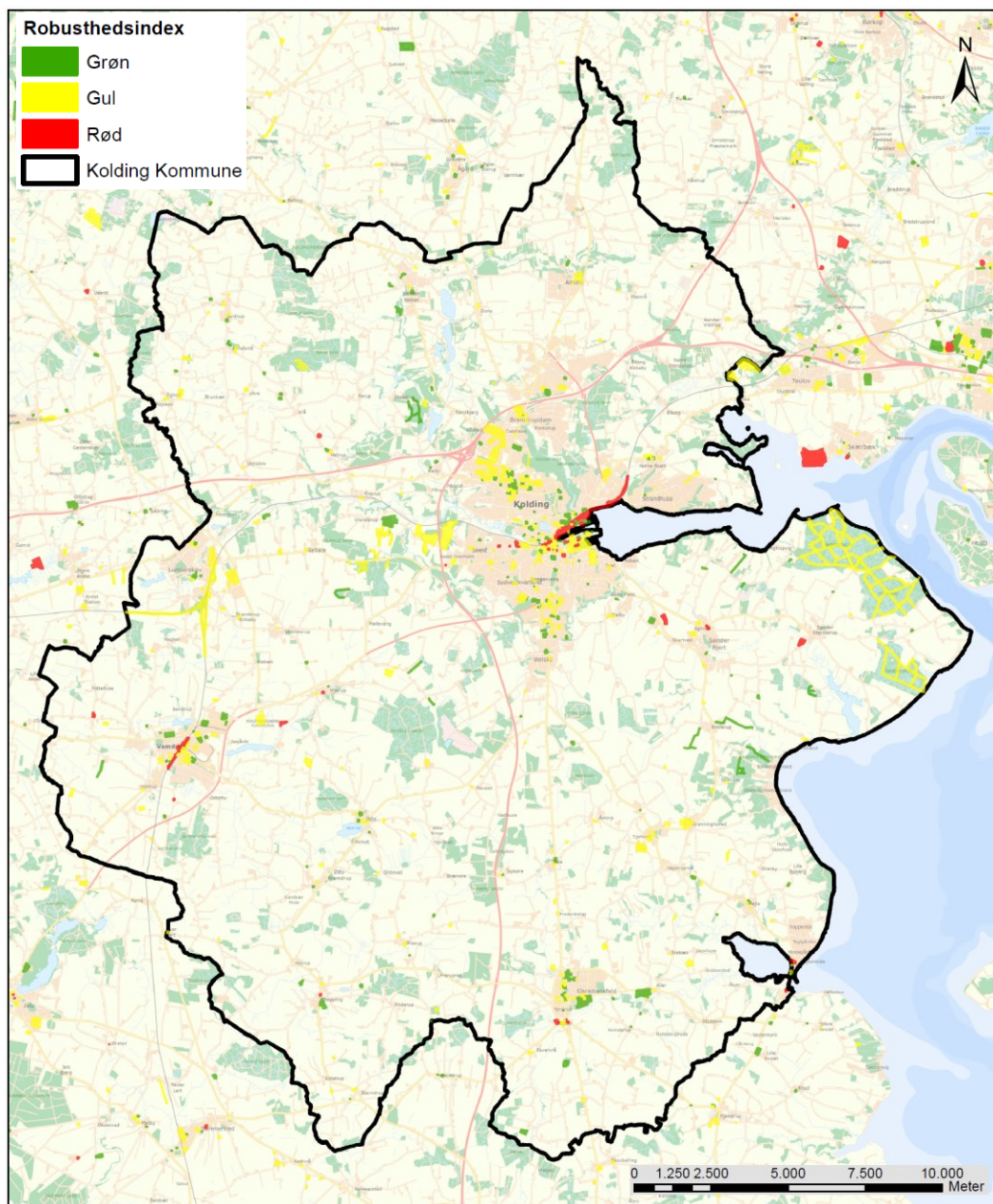
Bilag 4.2 og Figur 5.17 angiver resultatet af screeningen på landsplan. Det ses, at fordelingen af hhv. røde, gule og grønne lokaliteter overordnet set er spredt jævnt ud over landet. Der ses dog en tendens til, at de større byer har en overrepræsentation af gule/røde lokaliteter. Forklaringen kan bl.a. være, at de større byer typisk ligger kystnært, og derfor i højere grad er udsat for stormflod. Samtidig er der medtaget LAR-påvirkning i alle byområder.



FIGUR 5.17 RESULTATET AF DEN LANDSDÆKKENDE SCREENING

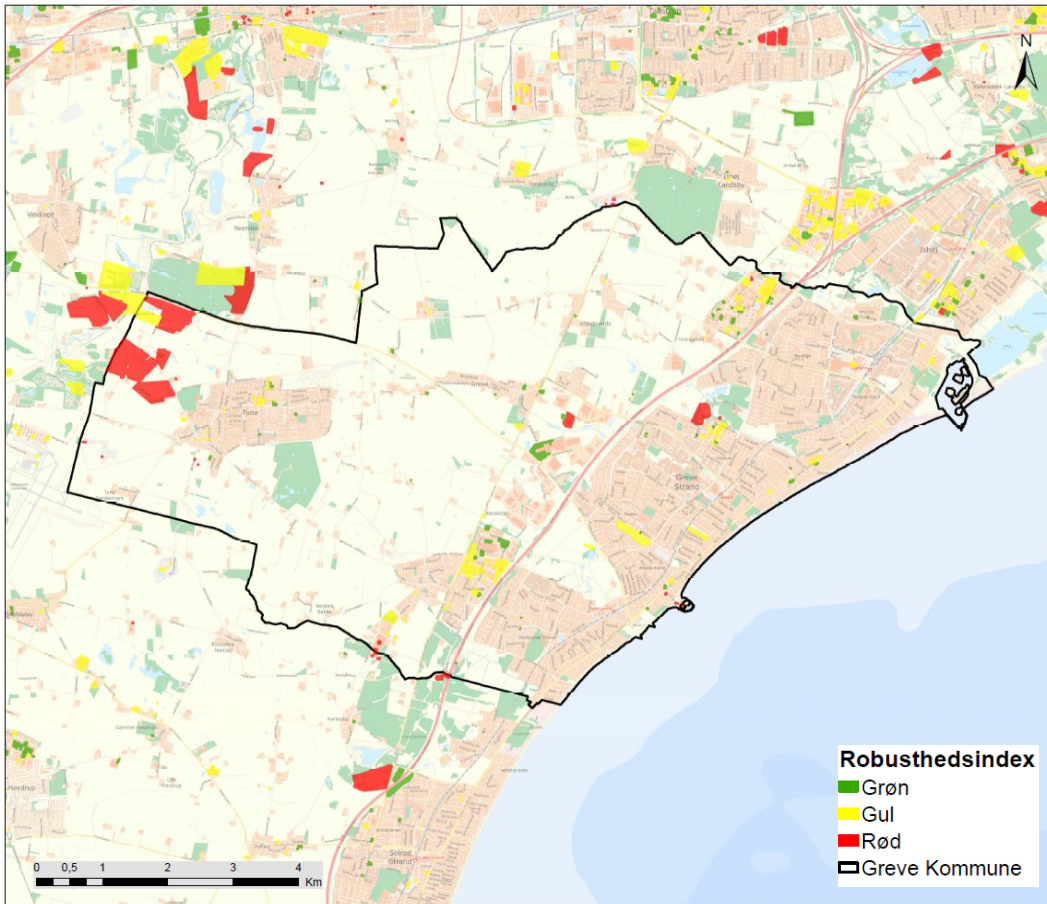
Bilag 4.3 og Figur 5.18 angiver resultatet af screeningen for Kolding Kommune. Der er i alt 594 kortlagte lokaliteter inden for Kolding Kommune. Lokaliteterne er primært koncentreret i byerne (Kolding, Lunderskov, Vamdrup og Christiansfeld). Generelt set er der få røde lokaliteter, 39 stk.,

som primært ligger i byerne. Der er 352 gule og 203 grønne lokaliteter, som er spredt ud over kommunen uden et entydigt geografisk mønster.



FIGUR 5.18 SCREENINGRESULTAT, KOLDING KOMMUNE

Bilag 4.4 og Figur 5.19 angiver resultatet af screeningen for Greve Kommune. Der er i alt 266 kortlagte lokaliteter inden for Greve Kommune. Lokaliteterne er primært ved Tune og ved Karlslunde/Greve Strand og Hundige. Generelt set er der få røde lokaliteter, 15 stk. Derudover findes der 56 grønne og 94 gule lokaliteter. De røde lokaliteter vest for Tune er forårsaget af en høj grundvandsdannelse. Generelt står grundvandet højt i flere steder i Greve Kommune, hvormed man kunne forvente flere røde lokaliteter i kommunen. Men denne høje grundvandsstand bør der allerede være taget højde for i de nuværende risikovurderinger, hvorved *ændringerne* i forhold til 2050 ikke giver anledning til forværrede forhold, som gør de eksisterende risikovurderinger ringere og dermed røde.



FIGUR 5.19 SCREENINGRESULTAT, GREVE KOMMUNE

6 Test af den landsdækkende screening

6.1 Formål med testen

På baggrund af den landsdækkende screening, som er beskrevet i afsnit 5, er der foretaget en test af screeningsresultaterne i forhold til mere lokale forhold. Testen er udført dels på lokalitetsniveau, hvor der er taget stilling til, hvorvidt forureningsparametrene på lokaliteterne, som indgår i screeningen, er retvisende, og i hvilket omfang de er dækkende til en screening af robustheden af risikovurderingerne. Derudover er der foretaget en test af de klimaparametre, som indgår i screeningen i forhold til mere lokale oplysninger, som kan fremskaffes på kommuneniveau.

Formålet med testen er således at evaluere, hvorvidt screeningen af robustheden af risikovurderingerne i forhold til grundvand og overfladevand er dækkende, herunder om data, parametre og den udarbejdede matrice med risikoindikatorer er fyldestgørende og retvisende i forhold til screeningsresultatet.

6.2 Metoden og udvælgelse af lokaliteter

Testen er gennemført i to udvalgte kommuner, Kolding Kommune og Greve Kommune, som repræsenterer forskellige typologier og har en vis mængde velundersøgte forurenede grunde. I begge kommuner er der udarbejdet klimaplaner og der er opstillet modeller m.m., som dermed kan levere gode lokale data.

Der er udvalgt et antal lokaliteter, der skal dække en test af forureningsparametrene, som indgår i screeningen. Det vil sige modelstoffer, forureningsdybde, mobilitet og nedbrydning. Lokaliteterne er udvalgt i de to kommuner med udgangspunkt i nedenstående kriterier:

- Lokaliteterne er kortlagt på V2. Det vil sige at de er undersøgt som minimum ved en indledende undersøgelse.
- Lossepladser er sorteret fra (se afsnit 1.5.1).
- Der er kun set på indberettede stoffer til DK Jord, dvs. potentielle stoffer, som er koblet på brancher/aktivitet er ikke medtaget (se afsnit 2.3).
- Der er kun medtaget lokaliteter inden for OSD eller indvindingsoplande uden for OSD i forhold til grundvandsrisiko.
- Der er kun medtaget lokaliteter, som ifølge screeningsværktøjet for overfladevand udgør en potentiel overfladevandsrisiko.
- Lokaliteterne skal repræsentere et eller flere af de klimaelementer, som indgår i screeningen, og de forskellige elementer skal alle være repræsenteret i det omfang det er muligt.
- Mobile stoffer omfatter modelstofferne: TCE, diesel, og benzen.
- Immobiler stoffer omfatter modelstofferne fluoranthen og arsen.

I Greve Kommune er der valgt flere lokaliteter med TCE som modelstof, som test af lokaliteter med mobile stoffer. I Kolding Kommune er der kun begrænsede antal lokaliteter med TCE som modelstof efter de generelle forudsætninger, der er listet ovenfor. Derfor er der i Kolding Kommune valgt lokaliteter med diesel (olie- og benzin), benzen som modelstoffer, som repræsenterer for de mobile stoffer. Endelig er der udvalgt et antal lokaliteter, beliggende i Greve Kommune, hvor der er konstateret forurening med immobile stoffer, som screeningsresultatet skal testes op i mod.

Størstedelen af de to kommuner udgøres af typologi 2 og 3. Der er dog en mindre del af Kolding Kommune, hvor der også optræder forhold svarende til typologi 1. I dette område er der derfor udvalgt et antal lokaliteter til at repræsentere denne typologi.

I forbindelse med testen på lokalitetsniveau er der taget stilling til nedenstående spørgsmål:

- Hvordan passer screeningsresultatet med den konkrete risikovurdering og forventning til påvirkning af klimaændringerne ift. dennes robusthed?
- Hvad betyder den fastsatte dybde på modelstofferne i forhold til robustheden, evt. suppleret med viden fra de undersøgte lokaliteter?
- Stemmer de modelstoffer, som er afgørende for screeningsresultatet, overens med de stoffer, som konkret er afgørende for risikovurderingen på den enkelte lokalitet?

Der er gennemgået ca. 15 lokaliteter fra Kolding Kommune. Der er her udvalgt 6 lokaliteter med det formål at teste resultaterne i den landsdækkende screening. Tre lokaliteter repræsenterer typologi 1 og tre lokaliteter repræsenterer typologi 3. I Greve Kommune er der gennemgået 24 lokaliteter, hvoraf der er udvalgt 8 lokaliteter til uddybende test af den landsdækkende screening. I Greve Kommune består den regionale geologi hovedsageligt af moræneler med indslag af sand, der overlæjrer kalkmagasinet, som forekommer allerede i ca. 10-15 meter dybde. De udvalgte lokaliteter karakteriseres udelukkende af typologi 3. Der var desværre ingen egnede lokaliteter med en typologi 2 i de to kommuner.

Lokaliteterne repræsenterer øget grundvandsdannelse, hævet grundvandsspejl og LAR. Der var desværre ingen relevante lokaliteter i nærheden af kysten, som kunne repræsentere situationen ved øget havvandsstigning, langs vandløb eller i områder med blu-spots, som kunne repræsentere situationen ved oversvømmelse.

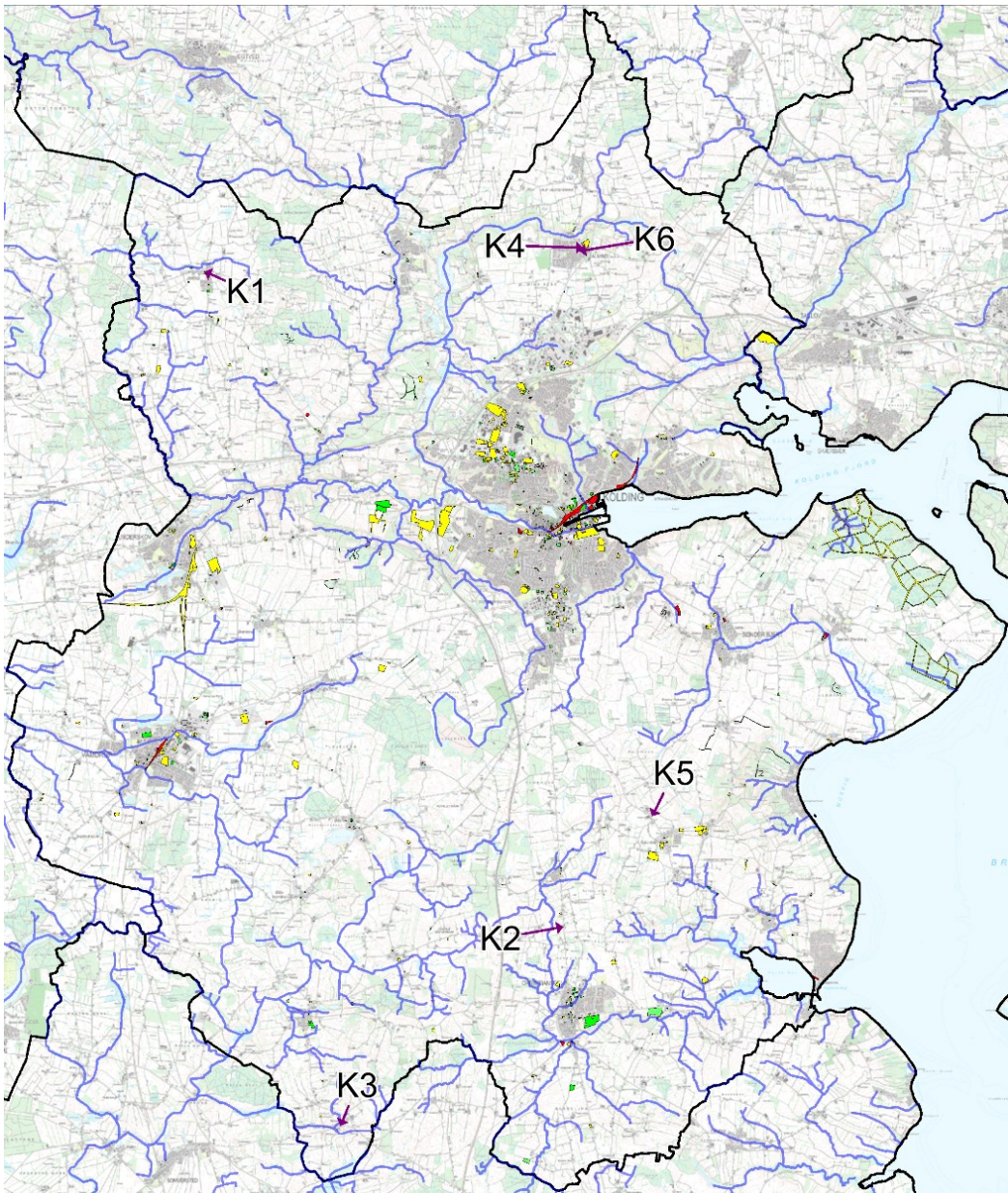
Dataene for klimaelementerne er evalueret ved at foretage en gennemgang af klimatilpasningsplanerne, -modeller mv. i de to kommuner. Herudover er der inddraget de udvalgte testlokaliteter, hvor der er set på, hvorvidt de er vurderet i forhold til de korrekte klimaelementer, og hvorledes disse er retvisende i forhold til en mere lokal viden.

6.3 Test af typologier og forureningsparametre

Nedenstående afsnit beskriver resultaterne fra test af typologier og forureningsparametre på lokalitetsniveau. Indledende beskrives de overordnede resultater for de to testkommuner. Derefter foretages der en evaluering af de vigtigste læringer i forhold til de enkelte parametre (typologi, modelstoffer (mobilitet, nedbrydning), og forureningsdybde. Til sidst foretages der en evaluering af den vurderede risikovurdering i rapporterne i forhold til den robusthed, som screeningen er kommet ud med.

6.3.1 Beskrivelse og resultater for lokaliteter i Kolding Kommune

Nedenstående kort i Figur 6.1 viser placeringen af de udvalgte lokaliteter i Kolding Kommune (K1-K6). Der er efterfølgende foretaget en kort opsummering af forureningsforholdene på lokaliteterne, samt hvorledes de er vurderet i forhold til ændringen i klimaelementerne.



FIGUR 6.1 PLACERING AF DE SEKS TESTLOKALITETER I KOLDING KOMMUNE

I nedenstående Tabel 6.1 opsummeres de vigtigste oplysninger for de 6 testlokaliteter i Kolding Kommune (K1-K6). Der er angivet oplysninger fra den seneste rapportering af undersøgelse eller afværgeforanstaltninger på lokaliteten (Rapport), udvalgte data fra den landsdækkende screening (Screening). Der foretages en vurdering af hvorvidt oplysninger fra rapporten vedr. typologi, forureningsstoffer og forureningsdybder stemmer overens med oplysninger brugt i den landsdækkende screening. Den oprindelige risikovurdering ift. grundvand og overfladevand fra rapporten fremgår også af tabellen. Samtidigt har Orbicon foretaget en vurdering af risikovurderingens robusthed med baggrund i de rapporterede oplysninger. Denne robusthedsvurdering sammenlignes med resultatet fra den landsdækkende screening (hvor robusthed af risikovurderingen er kategoriseret som ringe, mellem eller god).

I Bilag 5 er der en kort beskrivelse af de enkelte lokaliteter og uddybende forklaring i forhold til vurderingen af om der er overensstemmelse mellem de seneste resultater på lokaliteterne og resultatet fra den landsdækkende screening. Derudover er der for hver lokalitet foretaget en kort opsamling på vigtige læringer, som vil indgå i en opsamlende konklusion på de enkelte forureningsparametre.

Lokaliteter.	Kilde	Typologi	Stof (modelstof)+	Kritisk Klimaelement	Dybde for påvist forurening	Risikovurdering Grundvand jf. Rapport	Vurdering af robusthed (grundvandsrisiko)	Risikovurdering overflade- vand jf. Rapport	Vurdering af robusthed overfladevandsrisiko
K1	Rapport og Orbicons vurdering	2	Gasolie		4,0-6,0	Ingen Risiko	God robusthed	Risiko	Mellem
	Landsdækkende Screening	3	Olie-benzin (benzen)	GVD, lille; LAR, mellem	3,0-10,0	Risiko*	Mellem robusthed	Risiko	Mellem
	Overensstemmelse	☹️	😊	-	😊	☹️	☹️	😊	😊
K2	Rapport og Orbicons vurdering	3				Risiko før afværge Ingen Risiko efter afværge	Mellem robusthed uden afværge		
	Landsdækkende Screening	3	Olie-benzin (benzen) Olieprodukter (dieselolie)	GVD, lille	3,0-10,0 3,0-8,0	Risiko*	Mellem	Ingen risiko	
	Overensstemmelse	😊	😊	-	😊	😊☹️	😊	😊	-
K3	Rapport og Orbicons vurdering	3	Dieselolie og PAH'er		2,0-4,0	Ingen Risiko	God robusthed	Ingen risiko	
	Landsdækkende Screening	3	Fyringsolie (dieselolie) Olie (dieselolie) PAH'er (fluoranthen)	LAR, mellem	3,0-8,0 3,0-8,0 0,0-3,0	Risiko*	God robusthed	Ingen risiko	
	Overensstemmelse	😊	😊		😊	☹️	😊	😊	-
K4	Rapport og Orbicons vurdering	?	Tungmetaller		0,1	Ingen Risiko	God robusthed	Ingen risiko	
	Landsdækkende Screening	1	Dieselolie (dieselolie) Cadmium (ikke screenet) Tungmetaller (ikke screenet)	GVD, lille	3,0-u. GVS	Risiko*	Mellem robusthed	Ingen risiko	
	Overensstemmelse	?	☹️	☹️	☹️	☹️	☹️	😊	-

Lokaliteter.	Kilde	Typologi	Stof (modelstof) ⁺	Kritisk Klimaelement	Dybde for påvist forurening	Risikovurdering Grundvand jf. Rapport	Vurdering af robusthed (grundvandsrisiko)	Risikovurdering overflade- vand jf. Rapport	Vurdering af robusthed overfladevandsrisiko
K5	Rapport og Orbicons vurde- ring	1	Dieselolie		1,0-4,0	Risiko, før afværge Ingen risiko efter afværge	God robusthed	Nej	
	Landsdækkende Screening	1	Fyringsolie (dieselolie)	GVS, lille	3,0-u. GVS	Risiko*	God robusthed	Nej	
			Olie-benzin (benzen)		3,0-u. GVS				
Overensstem- melse	☺	☺		☺	☺☹	☺	☺	-	
K6	Rapport og Orbicons vurde- ring	1	PAH, tung- metaller, tungere olie		0,9	Ingen risiko	God robusthed	Ingen risiko	
	Landsdækkende Screening	1	Olie (dieselo- lie)	LAR, stor	3,0-u. GVS	Risiko*	Mellem robusthed	Ingen risiko	
			Oliekompo- nenter (die- selolie)		0,0-3,0				
			Benz(a)pyren (fluoranthen)						
Overensstem- melse	☺	☺metaller screenes ikke		☹	☹	☹	☺	-	

⁺Der er kun medtaget stoffer, som er indberettet som kortlægningsårsag. Det vil sige, der ikke er medtaget stoffer, som er knyttet til branche/aktivitet

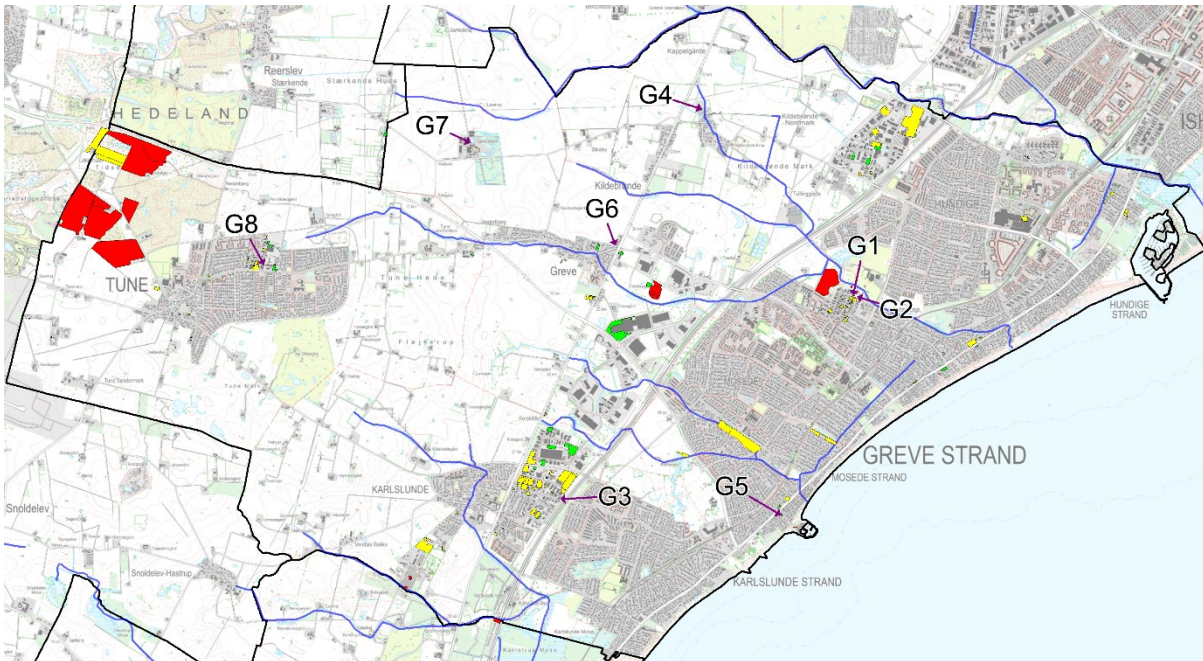
* Ved den landsdækkende screening er det antaget at alle lokaliteter indenfor OSD eller indvindingsområder udgør en risiko voerfor grundvandet

TABEL 6.1 OVERSIGT OVER UDVALGTE TESTLOKALITETER I KOLDING KOMMUNE

6.3.2 Beskrivelse og resultater for lokaliteter i Greve Kommune

Nedenstående kort i Figur 6.2 viser placeringen af de udvalgte lokaliteter i Greve Kommune (G1-G8). Der er ligesom ved lokaliteterne i Kolding Kommune foretaget en kort opsummering af forureningsforholdene på lokaliteterne, og hvorledes de er vurderet i forhold til ændringerne i klimaelementerne. Derudover er der for hver lokalitet foretaget en kort opsamling på vigtige læringer, som vil indgå i en opsamlende konklusion på de enkelte forureningsparametre.

I nedenstående Tabel 6.2 opsummeres de vigtigste oplysninger for de 8 testlokaliteter i Greve Kommune (G1-G8). Gennemgangen og opbygning af tabellen er foretaget på samme måde som for lokaliteterne i Kolding Kommune.



FIGUR 6.2 PLACERING AF DE OTTE TESTLOKALITETER I GREVE KOMMUNE

Efterfølgende er der i Bilag 5 en kort beskrivelse af de enkelte lokaliteter og uddybende forklaring i forhold til vurderingen af om der er overensstemmelse mellem de seneste resultater på lokaliteterne og resultatet fra den landsdækkende screening. Derudover er der for hver lokalitet foretaget en kort opsamling på vigtige læringer, som vil indgå i en opsamlende konklusion på de enkelte forureningsparametre.

Lokaliteter.	Kilde	Typologi	Stof (modelstof) ⁺	Kritisk Klimaelement	Dybde for påvist forurening	Risikovurdering Grundvand jf. Rapport	Vurdering af robusthed (grundvandsrisiko)	Risikovurdering overfladevand jf. Rapport	Vurdering af robusthed overfladevandsrisiko
G1	Rapport og Orbicons vurdering	3	TCE, Totalkulbrinter, Tungmetaller		9	Risiko	Mellem robusthed	Ikke vurderet	
	Landsdækkende Screening	3	Olie-benzin (benzen) Dieselolie (dieselolie) TCE (TCE)	LAR, mellem	3,0-10,0 3,0-8,0 4,0-10,0	Risiko*	Mellem robusthed	Risiko	Mellem robusthed
	Overensstemmelse	☺	☺		☺	☺	☺	-	☺
G2	Rapport og Orbicons vurdering	3	TCE; cis-DCE, vinylchlorid og metaller		8,0-10,0	Risiko	Mellem robusthed	Ikke vurderet	
	Landsdækkende Screening	3	TCE, PCE m.fl. (TCE)	GVD, lille	4,0-10,0	Risiko*	Mellem robusthed	Risiko	Mellem robusthed
	Overensstemmelse	☺	☺		☺	☺	☺		☺

Lokaliteter.	Kilde	Typologi	Stof (modelstof) ⁺	Kritisk Klimatelement	Dybde for påvist forurening	Risikovurdering Grundvand jf. Rapport	Vurdering af robusthed (grundvandsrisiko)	Risikovurdering overflade- vand jf. Rapport	Vurdering af robusthed overfladevandsrisiko
G3	Rapport og Orbicons vurdering	2-3	Chlorede opløsningsmidler		6	Risiko	Mellem robusthed	Ikke vurderet	
	Landsdækkende Screening	3	TCE, PCE m.fl. (TCE)	GVD, lille LAR, stor	4-10	Risiko*	Mellem robusthed	Ingen Risiko	
	Overensstemmelse	☹️	😊		😊	😊	😊	-	-
G4	Rapport og Orbicons vurdering	3	Chlorede opløsningsmidler og tungmetaller		8,0-10,0 (chlor), ukendt (tungmetaller)	Risiko	Mellem robusthed	Ingen Risiko	
	Landsdækkende Screening	3	Olie-benzin (benzen)		3,0-10,0	Risiko*	Mellem robusthed	Ingen Risiko	
			TCE (TCE)		4,0-10,0				
			Chrom (arsen)		0,5-5,0				
			Bly (ikke screenet)		-				
Overensstemmelse	😊	😊			😊	😊	😊	-	
G5	Rapport og Orbicons vurdering	2	PAH, tungmetaller, petroleum og tung olie		0,2-0,5	Ingen Risiko	God robusthed	Ingen risiko	Mellem robusthed
	Landsdækkende Screening	3	Petroleum (dieselolie)	LAR, stor	3,0-8,0	Risiko*	God robusthed	Risiko	Ringe robusthed
			Tjære (fluoranten)		0,0-3,0				
			Bly (ikke screenet) Cadmium (ikke screenet) Nikkel (ikke screenet)		-				
Overensstemmelse	☹️					😞	😊	😞	☹️

Lokaliteter.	Kilde	Typologi	Stof (modelstof) ⁺	Kritisk Klimatelement	Dybde for påvist forurening	Risikovurdering Grundvand jf. Rapport	Vurdering af robusthed (grundvandsrisiko)	Risikovurdering overflade- vand jf. Rapport	Vurdering af robusthed overfladevandsrisiko
G6	Rapport og Orbicons vurdering	2	Tungere olie og petroleum		>3,0	Risiko	Mellem	Ikke vurderet	
	Landsdækkende Screening	3	Fyringsolie (dieselolie)	LAR, stor	3,0-8,0	Risiko*	Mellem	Ingen Risiko	
			Petroleum (dieselolie)		3,0-8,0				
			Terpentin (dieselolie)		3,0-8,0				
			Benz(a)pyren (fluoranthen)		0,0-3,0				
Overensstemmelse	☺	☺		☺	☺	☺	☺	-	
G7	Rapport og Orbicons vurdering	3	Benzin, gasolie, petroleum, PAH og bly		1,0-3,0 olie 0,2 immobile,	Risiko	God robusthed	Ikke vurderet	
	Landsdækkende Screening	3	Olieprodukter (dieselolie)	GVS, stor GVD lille	3,0-8,0	Risiko*	God robusthed	Ingen Risiko	
			Petroleum (dieselolie)		3,0-8,0				
			Benz(a)pyren (fluoranthen)		0,0-3,0				
			PAH (fluoranthen)		0,0-3,0				
Bly (ikke screenet)	-								
Overensstemmelse	☺	☺		☺	☺	☺	☺		
G8	Rapport og Orbicons vurdering	3	Bly, arsen, terpentin og gas-olie		3,0 oliestoffer 0,2 immobile,	Risiko	Mellem robusthed	Ikke vurderet	
	Landsdækkende Screening	3	Olieprodukter (dieselolie)	GVD, lille	3,0-8,0	Risiko*	Mellem robusthed	Ingen Risiko	
			Terpentin (dieselolie)		3,0-8,0				
			Arsen (arsen)		0,5-5,0				
			Bly (ikke screenet)		-				
Overensstemmelse	☺	☺		☺	☺	☺	☺	-	

**Der er kun medtaget stoffer, som er indberettet som kortlægningsårsag. Det vil sige, der ikke er medtaget stoffer, som er knyttet til branche/aktivitet*

TABEL 6.2 OVERSIGT OVER UDVALGTE TESTLOKALITETER I GREVE KOMMUNE

6.3.3 Evaluering af typologier

I afsnit 2.2 er det beskrevet, hvilken betydning typologierne har i forhold til den landsdækkende screening. De har således en vigtig betydning i forhold til fastsættelsen af scoren i risikoindikatorerne (se afsnit 4). Derudover har de betydning for, hvilken forureningsdybde det er antaget, at de enkelte modelstoffer kan træffes i (se afsnit 2.3). Generelt har der været god overensstemmelse mellem de typologier, der er knyttet til testlokaliteterne jf. den landsdækkende screening og de oplysninger, der kunne hentes fra de tilhørende afrapporteringer.

På halvdelen af de 14 testlokaliteter var der god overensstemmelse mellem den tildelte typologi 3 og de lokale geologiske forhold, der er beskrevet på lokaliteterne, K2, K3, G1, G2, G4, G7 og G8. Det samme gælder for de to lokaliteter, hvor der er tildelt en typologi 1, hvilket også stemmer overens med de oplysninger, der er tilgængelige på K5 og K6.

På fire lokaliteter (K1, G3, G5 og G6) indikerede de lokale geologiske forhold nærmere en typologi 2 i stedet for typologi 3, som er tildelt i forbindelse med den landsdækkende screening. I forhold til forureningsdybderne gør dette dog ikke nogen forskel, da der er tildelt samme dybde til de to typologier. Det har endvidere også kun en mindre betydning i forhold til scoren i risikoindikatorerne, da det hovedsageligt er inden for de tre farveangivelser at scoren nuanceres. Det vurderes dog at være nødvendigt til bibeholde de to typologier hver for sig, da dette kan blive relevant i forhold til en mere detaljeret screening eller det videre arbejde med et evt. kategoriseringsværktøj.

6.3.4 Evaluering af modelstoffer, mobilitet og nedbrydning

Det generelle billede viser, at der er god overensstemmelse mellem de modelstoffer, som er koblet på specifikke stoffer, der er angivet som kortlægningsårsag og de stoffer, der vurderes i risikovurderingerne på baggrund af de gennemførte undersøgelser.

Der er i testen ikke foretaget en vurdering af sammenhæng mellem de stoffer, der er koblet på brancher og aktiviteter i forhold til, hvad der er konstateret på lokaliteterne, hvilket typisk gælder for lokaliteter med en V1-kortlægning. Dette er vurderet til at ligge uden for nærværende projekts rammer. Der er dog ikke noget, der tyder på, at en branche/aktivitets-tilgang har haft afgørende indflydelse på vurdering af robustheden af risikovurderingerne i forhold til resultatet, hvis der udelukkende ses på stofferne, som er årsag til V2-kortlægningen. Det vil sige, at der ikke er noget, der tyder på, at en risikovurdering er vurderet mindre robust på grund af branche/aktivitets-tilgangen. Det er dog et forholdsvis usikkert resultat på baggrund af de få testede lokaliteter, og det vil kræver et noget større antal for at komme med et mere dækkende resultat.

På 12 af de 14 testede lokaliteter vurderes der at være overensstemmelse mellem de stoffer, som har været grundlag for den landsdækkende screening i forhold til de stoffer, der er medtaget i risikovurderingen på de enkelte lokaliteter. Det gælder for fem lokaliteter i Kolding (K1, K2, K3, K5 og K6), hvor der er testet for olieprodukter og til dels PAH'er samt fire lokaliteter i Greve (G1, G2, G3, G4), hvor der er testet for chlorerede opløsningsmidler og tre (G5, G6 og G8), hvor der er testet for de immobile stoffer.

I den landsdækkende screening er det valgt ikke at screene for immobile metaller, da der ses på risikovurderinger i forhold til grundvand og overfladevand (se afsnit 2.3). Dette har vist sig at være retvisende på K4, G4, G5, G7 og G8. Derudover er der på to lokaliteter (K6 og G2) konstateret forurening med tungmetaller, som ikke er angivet som kortlægningsårsag, og dermed ikke med som stof i den landsdækkende screening i Tabel 6.1 og Tabel 6.2. Derfor vurderes det også her at være overensstemmelse mellem screeningsresultatet og vurderingen på baggrund af den gennemførte undersøgelse.

På de sidste to lokaliteter, hvor der ikke er fuld overensstemmelse mellem de stoffer, som screenes og de stoffer, der indgår i den konkrete risikovurdering skyldes bl.a., at der er angivet stoffer som kortlægningsårsag, der stammer fra en tidligere undersøgelse, men som ikke er genfundet i en efterfølgende undersøgelse på lokaliteten (K4). På G7 er der ikke angivet benzin, som kortlægningsårsag, hvilket betyder, at stoffet ikke indgår i den landsdækkende screening selvom det er konstateret på lokaliteten ifølge forureningsrapporten. Screeningen har dog været konservativ nok til, at screeningsresultatet for diesel giver det korrekte resultat i forhold til vurdering af robustheden af risikovurderingen.

Det har kun i enkelte tilfælde i testen været muligt konkret at se på, hvorvidt antagelserne om mobilitet og nedbrydning er retvisende. På bl.a. K5 viser antagelserne om nedbrydning at stemme overens med vurderingerne i den konkrete sag. Generelt viser flere af screeningsresultaterne en lidt for konservativ angivelse af robustheden, da modelstoffet ofte er mere mobilt end det, der reelt er konstateret på lokaliteten. Dette kan skyldes, at der på "olie-benzin" kobles modelstoffet benzen eller dieselolie på selvom der kan være tale om en tungere olieforurening (K1) eller fluoranthen, som modelstof for PAH'er (K6, G5 og G6). Derudover er det ikke muligt i screeningen at tage højde for forureningsalder (K1 og K6), lave forureningsniveauer (K3) mv., som gør at robustheden af risikovurderingen underestimeres.

6.3.5 Evaluering af forureningsdybder

Såfremt der er overensstemmelse mellem stofferne i screeningen og de stoffer, som er konstateret på den enkelte lokalitet, er der også god overensstemmelse mellem den konstaterede forureningsdybde og den dybde, der er koblet på modelstofferne. Dog er slutdybden for modelstoffet, benzen, oftere mindre på lokaliteterne i forhold til den defaultværdi, der er angivet for i screeningen. I screeningen er den angivet til at være 10 m u.t. i bl.a. typologi 3, men de faktiske undersøgelser på de testede lokaliteter viser dybder ned 3,5-6,0 m u.t. Generelt vurderes der dog at være en god overensstemmelse mellem default forureningsdybderne på modelstofferne og de forureningsdybder, der er angivet på testlokaliteterne, når screeningen skal ses som en konservativ angivelse af robustheden.

6.3.6 Robusthed i forhold til grundvands- og overfladevandsrisiko

Der i dette afsnit foretaget en kort opsamling på sammenhæng mellem den konkrete risikovurdering på lokaliteten og vurdering af robustheden i forhold til resultaterne fra den landsdækkende screening. Dette er illustreret i Figur 6.3. Som det fremgår af figuren er der overvejende god overensstemmelse i forhold til screeningsresultaterne på de 14 testlokaliteter.

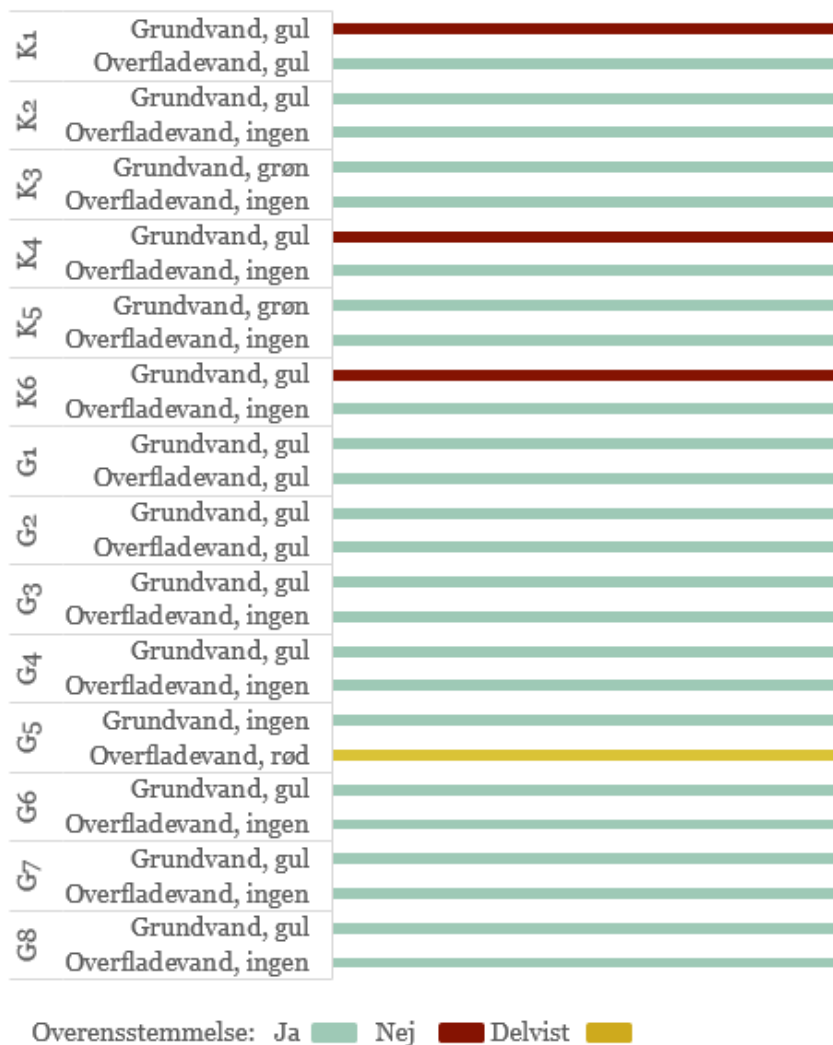
Screeningsresultatet for K1 viser en gul angivelse af robustheden (mellem) pga. risiko for øget grundvandsdannelse. Men på baggrund af materialet på denne lokalitet, vurderes der ikke at være en konkret grundvandsrisiko på grund af en god beskyttelse af magasinet på 50 m ler, samt at forureningen er karakteriseret som gasolie og er konstateret i det terrænnære grundvand. Det viser dermed et for konservativt resultat, som skyldes at screeningen ikke tager højde for lerlagstykkelsen og dermed en mulig beskyttelse af de betydende grundvandsmagasiner.

Lokaliteten K4 viser også, at screeningsresultatet ikke stemmer overens med den konkrete risiko for grundvandet. Dette skyldes ikke forudsætningerne i screeningen, men derimod at der ikke er overensstemmelse mellem de stoffer, som er angivet som kortlægningsårsag og de stoffer, der er konstateret på lokaliteten.

På lokaliteten K6 viser screeningen, at robustheden af risikovurdering er mellem (gul), da resultatet er estimeret på baggrund af modelstoffet dieselolie. På lokaliteten er der dog konstateret forurening med tungere oliekomponenter, som er mindre mobile og nedbrydelige end dieselolie. Der er derfor tale om en meget konservativ vurdering af robustheden, som i dette tilfælde er underestimeret.

I forhold til screeningsresultaterne for overfladevand, viser resultatet for G5, at der kun er en delvis overensstemmelse. Efter den landsdækkende screening er robustheden af risikovurderingen i forhold til overfladevand angivet som ringe. Den ringe robusthed skyldes, at der kan forekomme en stigning i grundvandsspejlet på grund af sandsynligheden for at der etableres LAR i byzonen. Screeningen er gennemført med modelstoffet, fluoranthen, som i det givne tilfælde kan være for konservativt i forhold til de PAH'er, der er konstateret ved forureningsundersøgelsen. Men på den anden side, med de antagelser og forudsætninger, der er angivet i screeningen, vurderes angivelsen af robustheden at være korrekt.

Endelig kan der på lokaliteterne være igangsat eller afsluttet afværgeforanstaltninger, der sikrer at forureningen ikke udgør en reel risiko for grundvand og/eller overfladevand (K1, K2, K5 og G2).



FIGUR 6.3 OVERSIGT OVER DE 14 GENNEMGÅEDE TESTLOKALITETER, HVOR DER ER SAMMENLIGNET MED RESULTATET FRA DEN LANDSDÆKKENDE SCREENING MED DEN SPECIFIKKE VURDERING AF FORHOLDENE PÅ LOKALITETEN

6.4 Test af klimaelementer

6.4.1 Vurdering af data fra klimatilpasningsplaner

Klimatilpasningen i de danske kommuner vil imødegå mange af de oversvømmelser og vandstands-hævninger, som er estimeret til at skulle forekomme i et fremtidigt klima. Diger, øget afdræning m.v. vil således mindske effekten af det ændrede klima på grundvandsstanden og omfanget af over-svømmelser. Det kan dog være svært entydigt at forudse effekten af disse klimatilpasninger på den

enkelte forurenede lokalitet, hvor f.eks. øget afdræning i et område og tilbageholdelse af vand i et andet område kan have modsatrettede effekter på vandstanden og dermed have indflydelse på robustheden af risikovurderingen.

Klimatilpasningsplanen for Greve er indarbejdet i kommuneplanen (Greve kommune, 2013), mens den i Kolding Kommune har form af et selvstændigt tillæg til kommuneplanen (Kolding kommune, 2013). Klimatilpasningsplanerne sætter mål og retningslinjer for implementeringen af LAR løsninger i de to kommuner, og giver således et indblik i både den nuværende status og forventningerne til det fremtidige omfang af LAR. Herudover giver planerne også en indsigt i de foranstaltninger der vil blive sat i værk for at imødegå fremtidige oversvømmelser fra havet og fra ekstremnedbør. I nedenstående afsnit er der foretaget en nærmere gennemgang af de to klimatilpasningsplaner med fokus på, hvorvidt de kan anvendes i forbindelse med evalueringen af de klimaelementer, som indgår i screeningen.

I kommunernes klimatilpasningsplaner er generelt anvendt detaljerede strømningsmodeller til beregning af oversvømmelser fra vandløb og kloaker ved ekstrem regn. Denne tilgang er væsentlig mere præcis end de anvendte metoder i den landsdækkende screening, som ved oversvømmelser ved ekstremregn er baseret på ophobning af vand i lavninger i en højdemodel.

Efter en kort gennemgang af klimaplanerne i Kolding Kommune og Greve Kommune, er der foretaget en opsummering af resultaterne fra den landsdækkende screening i forhold til de mere specifikke forhold i de to kommuner.

Kolding Kommune

I Kolding Kommune er der endnu ikke implementeret LAR-løsninger, og der er kun åbnet for en potentiel implementering af LAR i en enkelt lokalplan. Der er ikke sat konkrete mål for, hvor stor en andel af kommunens samlede bebyggede areal, der skal udgøres af LAR. Det vurderes derfor, at områder med LAR kun vil udgøre en minimal andel af det samlede bebyggede areal i kommunen i den nære fremtid (personlig samtale med Susanne Marcussen, Kolding Kommune, oktober 2015).

Kolding Kommune er også truet af oversvømmelser fra både havet og fra ekstrem nedbør (lokal oversvømmelse og oversvømmelse fra vandløb) og klimatilpasningsplanen har også fokus på disse trusler. Kolding Kommune har kun i mindre omfang været udsat for oversvømmelser, men har dog oplevet en stormflodshændelse i 2010 og tre skybrudshændelser i henholdsvis 2003, 2005 og 2007.

I Kolding Kommune er der også anvendt detaljerede lokale modeller til beregning af udbredelsen af de fremtidige oversvømmelser fra hav, nedbør, kloak, grundvand og vandløb. I landområderne er de simple blue-spot kort anvendt til udpegning af områder i risiko for oversvømmelse ved skybrud. Der er i alt udpeget 172 områder, som er i risiko for oversvømmelse. Områderne er prioriteret efter, hvor akut der er behov for klimatilpasning.

Klimatilpasningsplanen ligger op til omfattende tilpasninger til de fremtidige oversvømmelser, hvilket kan være med til at øge robustheden af risikovurderingerne i området.

Greve Kommune

I Greve Kommune er der kun implementeret LAR i nogle få områder ved Tune, i den vestlige del af kommunen. Klimatilpasningsplanen fremhæver et ønske om en øget nedsivning, særligt på nye arealer som befestes. Der er ikke sat konkrete mål for, hvor stor en andel af kommunens samlede bebyggede areal, der skal udgøres af LAR. Det vurderes derfor, at områder med LAR kun vil udgøre en minimal andel af det samlede bebyggede areal i kommunen i den nære fremtid (personlig samtale med Tommy Koefoed, Greve Kommune, oktober 2015).

Greve Kommune er truet af oversvømmelser fra både havet og fra ekstrem nedbør (lokal oversvømmelse og oversvømmelse fra vandløb) og klimatilpasningsplanen har naturligt fokus på disse trusler. Greve Kommune har således allerede været udsat for flere større oversvømmelser, som har skabt stor fokus på at håndtere fremtidige oversvømmelser.

Der er anvendt lokale detaljerede modeller til beregning af de lokale oversvømmelser fra havet, nedbør, kloak, grundvand og vandløb. Klimatilpasningsplanen lægger op til omfattende tilpasninger til de fremtidige oversvømmelser, hvilket kan være med til at påvirke robustheden af risikovurderingerne i området.

6.4.2 Evaluering af klimaelementer

6.4.3 Evaluering af øget grundvandsdannelse

Grundvandsdannelse kan ikke måles i felten på større skala, og det er derfor nødvendigt at anvende estimater fra hydrologiske modeller.

Grundvandsdannelsen i den nationale screening er baseret på en grov skala fra DK-modellen og et meget konservativt estimat fra en "våd" klimamodel, som medfører forholdsvist store øgninger i grundvandsdannelsen i et fremtidigt klima. Anvendelsen af lokale modeller til estimering af grundvandsdannelsen vil medføre en mere realistisk rumlig variation, men den relative størrelse af grundvandsdannelsen afhænger også her primært af det valgte klimascenarie (tør, medium eller våd klimamodel).

Tilgængelige modeller fra området inkluderer ikke tilsvarende scenarier med de samme meget "våde" klimadata, som er anvendt i den nationale screening. Valget af klimadata vurderes at være mere afgørende for dette klimaelement end skalaen på modellen.

En videre evaluering af grundvandsdannelsen kan derfor bestå i en følsomhedsanalyse af forskellige input af klimadata ("våde" versus "medium" klimamodeller) samt en tilsvarende følsomhedsanalyser af intervalindelingen i stor, mellem og lille påvirkning af grundvandsdannelsen, jf. afsnit 4.2.1.

Mere specifikt falder mange lokaliteter i både Kolding og Greve kommuner ud med en lille påvirkning af grundvandsdannelsen, svarende til en ændring på mindre end 25 %. Denne beskedne ændring har medført, at en stor del af dem kategoriseres som gule og en mindre del som røde (se Figur 5.15 og Figur 5.16). Som det ses af Figur 5.13 er øgning af grundvandsdannelsen et af de klimaelementer, som giver flest røde lokaliteter med grundvandsrisiko i den samlede kategorisering. Det vil sige, at det er flest lokaliteter med en grundvandsrisiko, hvor risikovurderingernes robusthed vurderes at være ringe over for de fremtidige klimaændringer på grund af øget grundvandsdannelse.

I forhold til testlokaliteterne i Tabel 6.1 og Tabel 6.2, vurderes screeningen at være retvisende for de fem ud af syv lokaliteter, hvor øget grundvandsdannelse vurderes at være det betydende klimaelement. For de resterende to lokaliteter er det forhold som lerlagstykkelse og mobilitet af stofferne, som har indflydelse på at den vurderede robusthed ikke vurderes at være korrekt.

6.4.4 Evaluering af hævet grundvandsspejl

Hævningen af grundvandsspejlet i den landsdækkende screening er også baseret på en grov skala fra DK-modellen og et meget konservativt estimat fra en "våd" klimamodel, som i områder med en større umættet zone medfører forholdsvist store stigninger i grundvandsspejlet i et fremtidigt klima. Anvendelsen af lokale modeller til estimering af ændringen i grundvandsspejlet vil medføre en mere realistisk rumlig variation, men den relative størrelse af ændringen i grundvandsspejlet afhænger også her primært af det valgte klimascenarie (tør, medium eller våd klimamodel).

Tilgængelige modeller fra Greve Kommune inkluderer ikke tilsvarende scenarier med de samme meget ”våde” klimadata, som er anvendt i den nationale screening. I Kolding Kommune er både anvendt lokale modeldata (som ikke dækker hele kommunen) samt de regionale data fra screeningen. Valget af klimadata vurderes igen at være mere afgørende for dette klimaelement end skalaen på modellen, selvom sammenligningen i Kolding Kommunes klimatilpasningsplan viser, at skalaen også har en væsentlig betydning.

En videre evaluering af ændringen i grundvandsspejlet kan derfor bestå i en følsomhedsanalyse af forskellige input af klimadata (”våde” versus ”medium” klimamodeller) samt en tilsvarende følsomhedsanalyser af intervalindelingen i stor, mellem og lille påvirkning af grundvandsdannelsen, jf. afsnit 4.2.2.

Mere specifikt er det kun meget få lokaliteter i både Kolding og Greve kommuner som falder ud med påvirkning fra hævet grundvandsstand både i forhold til grundvandsrisiko og overfladevandsrisiko. Som det ses af Figur 5.14 og Figur 5.13 er øgning af grundvandsspejlet også et af de klimaelementer, som giver færrest røde lokaliteter i den samlede kategorisering. I forhold til de lokaliteter, der er udvalgt til at teste screeningen, er der to lokaliteter, hvor hævet grundvandsspejl vurderes at være det kritiske klimaelement. Her vurderes resultatet af robustheden for risikovurderingen på de to lokaliteter at være retvisende (se Tabel 6.1 og Tabel 6.2).

DK-modellens beregninger vurderes at være forholdsvis retvisende i de mest opstrøms dele af landet, men i byer ud mod kysten, som i Kolding og Greve, hvor grundvand interagerer med dræn, kloakker og overfladevand er modellen mindre egnet.

6.4.5 Evaluering af lokal oversvømmelse

Lokal oversvømmelse fra skybrud er baseret på den nationale udpegning af blue-spot områder (lavninger i terrænet, som opsamler overfladevand). En væsentlig svaghed ved disse blue-spot områder er, at de ikke tager højde for de menneskeskabte afløbssystemer.

I byområderne har de fleste kommuner, i forbindelse med klimatilpasningsplanen, anvendt detaljerede modeller, hvor overfladevand er integreret med kloakker i udpegningen af oversvømmelsestruede lokaliteter ved skybrud. Denne udpegning vurderes at være meget mere troværdig i byområderne end blue-spot udpegningen.

Mere specifikt er det i Greve Kommune kun et fåtal af de screenede lokaliteter, der falder ud med påvirkning fra lokal oversvømmelse, men ca. halvdelen af disse ender som røde lokaliteter. I Kolding Kommune er det også kun et fåtal, der falder ud på en påvirkning af robustheden af risikovurderingerne som følge af klimaændringerne. Den landsdækkende screening har vist, at det oftest er lokaliteter med overfladevandsrisiko, som påvirkes af lokal oversvømmelse som følge af ekstreme regnhændelser, men det er et fåtal af lokaliteter med en grundvandsrisiko (se Figur 5.15 og Figur 5.16). For lokaliteter, som udgør en risiko i forhold til overfladevand, er det ca. hver tredje som vurderes at blive påvirket af lokaloversvømmelse (gul + rød), hvori der er en ligelig fordeling mellem de to kategorier. Derfor vurderes der at være en rimelig overensstemmelse mellem testen i de to kommuner og resultatet fra den landsdækkende screening.

Der er tilsvarende lavet detaljerede modelbaserede udpegninger med oversvømmelsesrisiko i begge kommuner, som en del af klimatilpasningsplanerne. I begge kommuner inkluderer denne udpegning også oversvømmelse fra vandløb. I Greve Kommune ses en rimelig overensstemmelse mellem udpegningen fra kommunens model og lokaliteter i blue-spot screeningen, der falder ud som påvirket. I Kolding Kommunes klimatilpasningsplan er blue-spot metoden også anvendt i det åbne land, hvilket giver en god overensstemmelse her, og da metoden er rimelig robust i det åbne land, må det ses som udtryk for, at kategoriseringen er retvisende her.

6.4.6 Evaluering af oversvømmelse langs vandløb

Oversvømmelse langs vandløb er baseret på en simpel metode i den landsdækkende screening, som anvender en digital højdemodel og maksimale vandstandsstigninger i vandløbene på 1 m. Denne metode inkluderer således ikke de aktuelle hydrauliske og vandføringsmæssige forhold.

I byområderne har de fleste kommuner, i forbindelse med klimatilpasningsplanen, anvendt detaljerede hydrauliske modeller, hvor overfladevand er integreret med kloakker i udpegningen af oversvømmelsestruede lokaliteter ved skybrud. Denne udpegningsvurdering vurderes at være meget mere troværdig i byområderne end den simple metode anvendt i screeningen.

I Greve Kommune er der i screeningen slet ingen lokaliteter, der påvirkes fra oversvømmelse langs vandløbene. I Kolding Kommune er der ca. 20 lokaliteter som påvirkes af oversvømmelse fra vandløb. Samlet set har den simple metode i screeningen altså medført, at forholdsvis få lokaliteter påvirkes kategoriseringen i forhold til risikoindikatorerne.

De tilsvarende detaljerede modelbaserede udpegninger i klimatilpasningsplanerne viser umiddelbart væsentlig større påvirkningsområder fra vandløbsoversvømmelser i Greve Kommune. I Kolding Kommunes Klimatilpasningsplan er der ikke beregnet oversvømmelse for alle vandløb, hvilket gør sammenligningen vanskelig. Samlet set må det forventes, at en mere præcis udpegningsvurdering ville have givet flere gule og røde lokaliteter.

6.4.7 Evaluering af havvandsstigninger ved stormflod

Havvandsstigninger er både i screeningen og i de to kommuners klimatilpasningsplaner baseret på data fra Kystdirektoratet. De anvendte data i screeningen må derfor som udgangspunkt antages at være retvisende.

I Kolding Kommune er der udarbejdet oversvømmelseskort for både 20, 50 og 100 hændelser. I Greve Kommune indgår også overvejelser om 1000 års hændelser. Greve Kommune er blandt de 22 kommuner, som er udpeget af staten som værende i oversvømmelsesrisikozonen for oversvømmelser fra havet, og udpegningsvurderingen er derfor lavet i henhold til oversvømmelsesdirektivet.

Digebyggerier og anden klimatilpasning vil løbende kunne få stor betydning for omfanget af områder som kan oversvømmes fra havet. Dette er dog ikke noget, der kan tages højde for i forbindelse med en landsdækkende screening, men vil kræve mere lokalt kendskab.

6.4.8 Evaluering af LAR (Lokal afledning af regnvand)

Som nævnt i den indledende vurdering af data fra klimatilpasningsplanerne (afsnit 2.4.1.) er der i praksis kun etableret og udpeget meget få områder med LAR i de to kommuner. Screeningens forudsætter, at der er etableret LAR i hele byzonen, hvilket er meget grov antagelse af virkeligheden og dermed overestimeres effekten af LAR. I opgørelsen over de kritiske klimaelementer på Figur 5.14-Figur 5.16, ses LAR desuden at generere en stor del af de røde lokaliteter og det samme er tilfældet i både Kolding Kommune og Greve Kommune, hvor LAR både genererer mange gule og røde lokaliteter. Det tyder således på, at antagelsen om LAR i hele byzonen er en for stor underestimering af robustheden på lokaliteterne i byerne. Det vil dog kræve mere lokalt kendskab og/eller geografiske tematiseringer for alle kommuner i landet i forhold til at indkredse mulige LAR-områder yderligere.

I forbindelse med test af screeningen er der på otte lokaliteter vurderet, at LAR er et af de betydningsfulde klimaelementer. På en af disse lokaliteter, vurderes den screenede robusthed ikke at være korrekt i forhold til de faktiske forhold på grund af stor lerlagstykkelse og mindre mobile stoffer (se Tabel 6.1). På seks af de otte lokaliteter, er LAR det eneste klimaelement, som vurderes at kunne have indvirkning på robustheden af de aktuelle risikovurderinger. Dette skal ses i sammenhængen med oplysningerne fra klimaplanerne, som viser, at det kun er begrænsede dele af kommunerne, hvor man forventer at skulle gennemføre LAR-løsninger.

7 Konklusion og anbefalinger

Det har igennem projektet været muligt at skabe et overblik over opgavens omfang med at vurdere robustheden af risikovurderinger af jordforureninger i forhold til klimaændringerne. Det har således været muligt at opfylde denne del af hovedformålet samt været muligt at afprøve rammerne for et robusthedsindeks. Resultaterne fra den landsdækkende screening er testet i to pilotområder, hvor det har været muligt at kortlægge rammerne for en mere lokal analyse samt komme med anbefalinger til forbedringer af den landsdækkende screening (trin 1), lokal analyse i to pilotområder (trin 2) og til dels en detailanalyse (trin 3) jf. Figur 1.1 i afsnit 1.2.

Der er opsat rammer og valgt nogle afgrænsninger i forhold til at kunne opfylde formålene med projektet. Der valgt at medtage kortlagte lokaliteter på vidensniveau 1 og 2, som er beliggende inden for områder med særlige drikkevandsinteresser og/eller indvindingsoplande til almene vandforsyninger samt lokaliteter, der potentielt kan true nærliggende overfladevand. Der er derfor fravalgt at se på robustheden af risikovurderinger over for indeklima, hvor der kan komme en uacceptabel afdampning fra en jordforurening (se afsnit 1.5).

Det har været muligt at koble forureningsparametre på de kortlagte lokaliteter, som indgår i den landsdækkende screening. Der er udpeget fem naturligt betydende klimaelementer; **øget grundvandsdannelse, hævet grundvandsspejl og oversvømmelse langs vandløb, oversvømmelser i lavninger og oversvømmelse ved kyster**. Derudover er medtaget de ændringer i det terrænnære vandspejl, som LAR-løsninger kan forårsage. LAR-bidraget er medtaget, da løsningerne etableres som følge af klimaændringerne. Ved at koble forureningsparametrene, typologierne og klimaelementerne har det været muligt at udpege klimarisikoindikatorer, som afgør, hvorvidt en risikovurdering på en lokalitet vurderes at være robust, mellem eller ringe. (Se afsnit 2-4).

I projektet har det således været muligt at gennemføre en landsdækkende screening, som kategoriserer hvorvidt risikovurderingerne på de kortlagte lokaliteter er robuste over for klimaændringer. Screeningen viser på landsplan, at ca. halvdelen af lokaliteterne bliver gule og dermed vurderes risikovurderingen at have en mellem robusthed. En tredjedel af lokaliteterne vurderes at have en robust risikovurdering og forventes derfor ikke at blive påvirket af klimaændringer. Godt 10 % af lokaliteterne vurderes at have en risikovurdering med ringe robusthed og bliver dermed røde (se afsnit 5.2.7).

I forhold til de observationer, som der er gjort i forbindelse med testen af den landsdækkende screening, er der nedenfor foretaget en gennemgang af de parametre, hvor testen har givet anledning til anbefalinger til at forbedre den landsdækkende screening. Derudover er der en opsamling af anbefalinger til, hvorledes data og vurderinger kan forbedres i en mere lokal og/eller detaljeret analyse af robustheden af risikovurderingerne (trin 2 og 3 i Figur 1.1, afsnit 1.2).

7.1 Typologier

Der udpeget tre typologier, som indgår i den landsdækkende screening. Ud fra disse typologier kan der udpeges transportveje, som anvendes i forbindelse med vurdering i forhold til påvirkning fra klimaændringerne. Typologierne skal indgå i en screening og det er derfor nødvendigt med en forsimpning. Det vurderes dog at de valgte typologier kan repræsentere de geologiske og hydrogeologi-

ske forhold fra terræn og til det førstkomende betydende grundvandsmagasin og nærliggende overfladevand. Se mere herom i afsnit 2.2.

Det udarbejdede kort over de tre typologier i Danmark (se bilag 3.9) vurderes at være dækkende i forhold til det niveau, som skal indgå i en screening. På mere lokal skala kan dette datagrundlag forbedres ved at inddrage data fra DK-modellen eller mere lokale og detaljerede modeller. Derudover kan der indhentes mere detaljeret viden fra GEUS' boringsdatabase, JUPITER, og undersøgelsesboringer fra regionernes undersøgelser (GeoGIS-databaser). Generelt vil det i forbindelse med en mere detaljeret analyse være væsentligt at medtage dæklagstykkelse i forhold til vurdering af klimarobustheden af risikovurderingen. Dette gælder især, når der er tale om mindre mobile stoffer som PAH'er, eller letnedbrydelige stoffer, som olieforureninger, hvor en stor dæklagstykkelse vil gøre, at klimaændringerne ikke på noget tidspunkt vurderes at kunne påvirke robustheden af risikovurderingen.

7.2 Forureningsparametre

Der er udpeget 10 modelstoffer, som skal repræsentere forureningerne på de kortlagte lokaliteter. For hvert modelstof er stoffernes egenskaber vurderet i forhold til mobilitet, forventet dybde og nedbrydningsforhold på baggrund af spredningsveje mv. for de tre typologier. Der er opstillet to matricer for hhv. grundvand og overfladevand, hvor hver lokalitet tildeles en score i forhold til parametrene og hvorledes stofferne opfører sig i forhold til ændringerne i de enkelte klimaelementer. Se mere herom i afsnit 2.3.

Testen har, som tidligere beskrevet, vist en god overensstemmelse mellem modelstofferne i screeningen og de faktiske stoffer, som er konstateret i forbindelse med en forureningsundersøgelse (se afsnit 6.3). Der er endvidere god overensstemmelse mellem forureningsdybden samt mobiliteten og potentialet for nedbrydning. På lokalskala kan der, ved gennemgang af lokaliteterne inden for et afgrænset område, foretages en vurdering af mere specifikke forhold af forureningsforholdene. Dette gælder bl.a. forureningsalder, hvor især de nedbrydelige stoffer skal vurderes i forhold til, hvor meget de forventes at kunne være blevet nedbrudt med tiden. Hvis der f.eks. er tale om en gammel benzinformuring, som vurderes at være væsentligt nedbrudt, bør der anvendes dieselolie som modelstof i stedet for benzen. Ligeledes vil der på gamle dieselolieforureninger kun være forholdsvist tunge immobile kulbrinter tilbage, hvorfor et andet modelstof end dieselolie bør overvejes. Dette kan f.eks. være fluoranthen eller evt. et helt nyt modelstof, som kan repræsentere de tunge kulbrinter. Det samme gælder de lokaliteter, hvor der er konstateret en forurening med PAH'er. Her bør det undersøges, hvorvidt det er retvisende, at foretage en vurdering på baggrund af modelstoffet fluoranthen, som er meget mobilt.

Det vurderes også, at de konstaterede forureningsniveauer kan indflydelse på, hvorvidt de fremtidige klimaændringer vurderes at kunne påvirke robustheden af risikovurderingerne. Der er eksempler på lokaliteter, hvor der er efterladt mindre forureninger med lave forureningsniveauer, som sandsynligvis kun i ringe omfang vil give en forværret forureningsituation som følge af evt. klimaændringer.

På flere af de lokaliteter, som er testet i forhold til den landsdækkende screening, er der igangsat afværgeforanstaltninger. Det vil sige, at der er igangsat en aktiv indsats for at nedbringe risikoen. I forhold til en screening af robustheden bør disse lokaliteter altid blive grønne, da der er taget højde for alle de faktiske forhold og der burde ligeledes være taget højde for de fremtidige forhold. Ved at tage disse lokaliteter med i kategoriseringen gøres der samtidig opmærksom på de lokaliteter, hvor robustheden ikke vurderes at være god, hvilket vil være relevant i forhold til evt. nedlukning af anlægget.

7.3 Klimaelementerne

Der er valgt en konservativ tilgang til udvælgelsen af klimaelementerne og de forventede ændringer ved at vælge de mest "våde" klimascenarier. Der er kun valgt at se på de negative effekter. Der er således ikke medtaget effekter, der kan mindske risikoen fra en forurening, som f.eks. følge af en ændret strømningsretning. Se mere herom i afsnit 3.

7.3.1 Øget grundvandsdannelse

I den landsdækkende screening er den gennemsnitlige grundvandsdannelse estimeret til ca. +30 mm/år i perioden 1975-2050, hvilket dog dækker over betydelige usikkerheder samt geografiske og år til år variationer. Påvirkningen af en risikovurdering fra en øget grundvandsdannelse er antaget at være en øget forureningsflux. Den øgede grundvandsdannelse er opgjort som en procentvis stigning mellem de to perioder og underinddeles i hhv. stor påvirkning (> 100 %), mellem påvirkning (25-100 %) og lille påvirkning (< 25%). Dette er yderligere beskrevet i afsnit 3.2.1 og 4.2.1.

Ændringen af dette klimaelement har vist sig at påvirke klimarobustheden af risikovurderingerne en del. Det er det eneste klimaelement, hvor screeningen resulterer i røde lokaliteter, som udgør en grundvandsrisiko. Det vil sige, at det er det eneste klimaelement, som vil kunne påvirke en risikovurdering over for grundvand så meget, at robustheden vurderes at være ringe. En øget grundvandsdannelse vurderes til gengæld ikke at kunne ændre på robustheden af risikovurderingerne over for overfladevand (se afsnit 5.2.1).

Umiddelbart viser testen af screeningen at give et retvisende billede for de lokaliteter, som kommer ud med en ringe robusthed over for risikovurderingen (se afsnit 6.4.3). Men selv en lille reducere i ændringen i grundvandsdannelse bevirker, at de røde lokaliteter ændres til gule lokaliteter i den landsdækkende screening. Derfor kan den landsdækkende screening sandsynligvis forfines ved at redigere i de tre intervaller for påvirkning og f.eks. indføre et ekstra interval, der dækker en nedre del af ændringerne under f.eks. 15-20%, som ligger inden for de generelle usikkerheder i disse estimater, og derfor ikke bør påvirke kategoriseringen.

7.3.2 Hævet grundvandsspejl

En stigning i grundvandsspejlet kan forårsages af øget nedbør og/eller en øget grundvandsdannelse som følge af den øgede nedbør. Der er valgt at anvende et konservativt estimat ud fra det "våde" scenarium, og den gennemsnitlige stigning i grundvandsspejlet er skønnet til 0,75 m for perioden 1975-2050. Følgerne af et hævet grundvandsspejl er vurderet til at være øget risiko for udvaskning, ændret afdræning, opfugtning af tørre lommer, ændrede redoxforhold, ændret slutreceptor og/eller ændrede strømningshastigheder og -retninger. Dette er der taget højde for i risikomatricerne sammen med modelstoffer og typologier. Derudover er risikoen for udvaskning af forureningen ved hævet grundvandsspejl inddelt i hhv. stor påvirkning (>50 %), mellem påvirkning (10-50 %) og lille påvirkning (<10 %). Der er en yderligere beskrivelse heraf i afsnit 3.2.2 og 4.2.2.

For at kunne vurdere konsekvenserne af et hævet grundvandsspejl er der i nærværende projekt opsat et reference vandsspejl for 2010. Dette landsdækkende øvre grundvandsspejl er blevet interpoleret på baggrund af tilgængelige pejlinger af det øvre grundvandsspejl i Jupiter samt koter fra vandløb og søer (Bilag 6). Det er vurderet, at dette datasæt udgør det bedste bud på et øvre grundvandsspejl, og således er mere troværdigt end simuleringer fra f.eks. DK-modellen.

Sammenligninger med detaljerede opmålte datasæt fra Kolding Kommune (se Bilag 6) viser, at det anvendte grundvandsspejl i screeningen har en generel usikkerhed på nogle meter. Mere kritisk er det, at der kun er få pejlinger tilgængelige i byer i Jupiter, hvilken gør estimatet mere usikkert her. Omkring den sydlige del af Kolding by ses således afvigelser (underestimeret) fra det tæt opmålte grundvandsspejl på mere end 10 m. En sådan afvigelse vil medføre, at ændringer i grundvandsspejlet ikke vil slå igennem oppe i den øvre zone (øverste 10 m), hvor forureningerne er placeret.

Hvis der derfor er lokale pejlinger tilgængelige, viser sammenligningen fra Kolding tydeligt, at det er afgørende at gøre brug af disse i en mere lokal screening.

Den landsdækkende screening har vist, at en lille påvirkning fra et hævet grundvandsspejl ikke vurderes at påvirke robustheden af risikovurderingerne over for grundvand. Mens en mellem til stor påvirkning fra et hævet grundvandsspejl kan give en mellem robusthed af risikovurderingerne (gule lokaliteter), som dog kun udgør en mindre del i forhold til de grundvandstruende lokaliteter. Påvirkningen fra et hævet grundvandsspejl er større over for lokaliteter, som truer nærliggende overfladevand (se afsnit 5.2.7).

For at forbedre resultatet af, hvor robuste risikovurderingerne er i forhold til et hævet grundvandsspejl, bør effekten af det hævede grundvandsspejl i byerne integreres med kloakker, dræn overfladevand, og LAR anlæg i en lokal analyse, hvilket vil give mere troværdige resultater. Det drejer sig ca. om 83 % af de kortlagte lokaliteter, som ligger inden for byzonerne. De fleste kommuner har anvendt detaljerede modeller i forbindelse med klimatilpasningen i byområder, hvor overfladevand er integreret med kloakker. I fremtiden må det forventes, at der løbende vil blive opstillet og udviklet stadig bedre modeller til brug for den generelle indsats over for klimaforandringer. En fuld integration med grundvandsspejlet og dræn er dog kun anvendt de færreste steder. For at vurdere effekten af hævet grundvandsspejl i byerne mere troværdigt er det nødvendigt med en sådan integration såfremt man skal gennemføre en vurdering af robustheden af risikovurderingerne ud over hvad der er muligt i en landsdækkende screening.

7.3.3 Lokal oversvømmelse

I nærværende screening er der anvendt blue-spot kort til udpegning af områder, hvor skybrud vil give lokale oversvømmelser. Blue-spot kortene tager ikke højde for afløbssystemer, som i praksis afvander de afløbsløse lavninger i landskabet. I realiteten er de oversvømmelsestruede områder derfor væsentlig mindre i byområder med afløbssystemer end blue-spot kortene angiver. Lokal oversvømmelse er i screeningen vurderet til at kunne medføre en øget forureningsflux og/eller overfladeafstrømning med forurenende stoffer. Der er en yderligere beskrivelse heraf i afsnit 3.2.3 og 4.2.3.

Påvirkningen af risikovurderingerne fra de lokale oversvømmelser er minimale for grundvandstruende lokaliteter, hvor langt de fleste kommer ud med en robust risikovurdering. For overfladevandstruende forureninger er påvirkningen større og der er lokaliteter, hvor risikovurderingen vurderes at blive ringe som følge af en lokal oversvømmelse (se afsnit 5.2.7).

Det har ikke været muligt i de to kommuner at finde egnede lokaliteter til at teste forudsætningerne for klimaelementet i den landsdækkende screening i forhold til resultatet af robustheden af risikovurderingerne.

I både Kolding og Greve kommune findes der langt mere præcise udpegninger af områder i byerne, baseret på detaljerede modelberegninger end de data, som indgår i screeningen. Dette gælder højst sandsynligt også for de fleste andre kommuner, da de har været forpligtet til dette i forbindelse med klimatilpasningsplanerne. I en mere lokal og detaljeret analyse kan man derfor med fordel gøre anvendelse af disse mere detaljerede udpegninger af oversvømmelser fra nedbør i alle større byområder.

7.3.4 Oversvømmelse langs vandløb

Oversvømmelse langs vandløb er beregnet på baggrund af en digital højdemodel. Der er anvendt den maksimale stigning for vandløbene på 1 m og vurderet, hvilke arealer, der vil blive oversvømmet. Dette kan medføre risiko for øget udvaskning af forureningsflux samt erosion og efterfølgende overfladeafstrømning.

Billedet af andelen af lokaliteter, der vil blive påvirket af oversvømmelse langs vandløb, er nogenlunde det samme som påvirkning fra en lokal oversvømmelse i en lavning o.lign. Der er forholdsvis få lokaliteter med en grundvandsrisiko, hvor oversvømmelse langs vandløb vil påvirke robustheden af risikovurderingen. For lokaliteter som kan true overfladevand, vil risikovurderingen enten være robust eller have en ringe robusthed. Der er kun få gule lokaliteter med en mellem robust risikovurdering (se afsnit 5.2.7). Det har ikke været muligt at finde egnede lokaliteter i de to kommuner til at teste, hvorvidt robustheden af risikovurderingerne er retvisende i forhold til påvirkningen fra oversvømmelse langs vandløb.

Den anvendte metode i den landsdækkende screening er uden tvivl for simpel, og kunne passende opdateres med de kommunale udpegninger. Det er imidlertid kun i nogle kommuner, som Greve Kommune, at udpegningen er udført i både i by- og landområder. I de fleste kommuner er udpegningen kun udført i byområderne, og her vil der i så fald mangle en tilsvarende udpegning i landområderne. Derfor vurderes det ikke umiddelbart muligt at forbedre grundlaget i den landsdækkende screening på nuværende tidspunkt. Men i forbindelse med en mere lokal og detaljeret analyse anbefales det at inddrage data fra kommunerne, såfremt de er tilgængelige.

7.3.5 Havvandsstigning

Der er valgt at se på påvirkningen af risikovurderingers robusthed ved at se på påvirkningen fra stormflod. Havvandsstigning er vurderet til at kunne påvirke robustheden af risikovurderingerne ved en øget udvaskning samt risiko for erosion og overfladeafstrømning. De anvendte data i screeningen antages at være retvisende, da de er baseret på data fra Kystdirektoratet, som også er de data, der anvendes i de to kommuners klimatilpasningsplaner. Se mere herom i afsnit 3.4 og 4.2.5).

Der er ingen lokaliteter med grundvandsrisiko, hvor havvandsstigningerne påvirke robustheden. Mens der for lokaliteter i nærheden af overfladevand er en tendens til, at risikovurderingen får en ringe robusthed såfremt den påvirkes af havvandsstigninger (se afsnit 5.2.7).

Der har ikke været egnede lokaliteter i de to kommuner, der har gjort det muligt at teste, hvorvidt resultatet af robustheden er retvisende efter den landsdækkende screening.

Det er svært at komme med anbefalinger til forbedring af datagrundlaget og til mere lokale analyser. Ofte håndteres dette klimaelement med tiltag, der får stor betydning for omfanget af området, der kan oversvømmes fra havet (f.eks. digebyggeri).

7.3.6 LAR (Lokal Afledning af Regnvand)

Omfanget af områder, hvor der er gennemført LAR-løsninger eller hvor der er planlagt muligheden for disse tiltag er meget usikkert. Der er derfor antaget, at se på hele byområder, som potentielle områder med LAR-løsninger. Det antages, at påvirkningen af robustheden af risikovurdering vil være som følge af hævet grundvandsspejl (se afsnit 4.2.6).

Den landsdækkende screening har vist, at LAR er et af de elementer, som oftest påvirke robustheden af risikovurderingerne. For lokaliteter med grundvandsrisiko bevirke det, at en del af lokaliteterne får en mellem robusthed, mens det for overfladevandstruende lokaliteter er en stor del som kommer ud af den landsdækkende screening med en ringe robusthed (se afsnit 5.2.7).

Selvom LAR lokalt vil kunne påvirke robustheden af risikovurderingen på lokaliteterne markant, er antagelsen om at medtage LAR for hele byzonen i den nationale screening uden tvivl for grov. Der er således behov for at udvikle en mere nuanceret metode, hvor det f.eks. kun er byudviklingsområderne der medtages som LAR. Gennemgangen af klimatilpasningsplanerne i Kolding og Greve peger således på, at det primært vil være i disse nye byområder der etableres LAR. Der er således langt

fra behov for at medtage LAR i hele byzonen, når det reelt kun er etableret i få procent af det samlede byareal.

En følsomhedsanalyse af de valgte hævnings af grundvandsspejlet ved etablering af LAR kunne være relevant til at forfine forudsætningerne for LAR's påvirkning af robustheden af risikovurderingerne. I forbindelse med en mere lokal og detaljeret analyse vil det være yderst relevant at foretage en konkret udpegnings af mulige områder, hvor der kan forventes etableret LAR, f.eks. med udgangspunkt i kommunens lokalplaner.

7.3.7 Kloakdybder

I nærværende screening er det antaget, at kloakkerne fungerer som dræn i byerne, og at de er placeret 3 meter under terræn. Dette vurderes at være tilstrækkelig retvisende i forhold til den landsdækkende screening.

I praksis vil der kun ske indsvivning til kloakkerne i nogle dele af det kloakerede område, og den vertikale placering vil også variere mellem ca. 1 og 3 meter under terræn. De enkelte kommuner vil kunne tilvejebringe kort over kloakdybder og områder med formodet indsvivning til kloakkerne, hvilket vil forfine dette input til screeningen. Dette vil være et væsentligt bidrag i forhold til mere lokale og detaljerede analyser.

7.3.8 Vandindvinding

Ændringer i oppumpningen fra kildepladser med vandindvinding er et betydeligt element i det danske vandkredsløb, som ikke er indarbejdet i nærværende landsdækkende screening. Et eksempel fra Greve Kommune viser, at neddrøsling af vandindvindingen på en kildeplads har medført stigninger i grundvandspotentialet på op mod 15 m. Der er her tale om en lokal stigning lige ved kildepladsen i det primære magasin, og det er ikke sikkert, at denne stigning vil medføre en tilsvarende stigning i det terrænnære grundvandsspejl. Men størrelsen overgår langt de ændringer i grundvandsstanden, som er indarbejdet i nærværende screening.

Ovenstående viser, at ændringer i vandindvinding er et afgørende element, som kunne indgå i en mere detaljeret screening. F.eks. kunne et scenarie med DK-modellen vise, hvad den resulterende ændring i det terrænnære grundvandsspejl vil være, hvis al indvinding i Danmark lukkes ned. Dette er et simpelt scenarie, som vil give et landsdækkende kort med størrelsesorden på de potentielle ændringer af grundvandsspejlet, som følge af ændringer i vandindvindingen.

7.4 Opsamling

Generelt ses der en god overensstemmelse med de antagelser og forudsætninger, som ligger til grund for den landsdækkende screening af robustheden af risikovurderinger over for grundvand og overfladevand. Dette ses bl.a. ved, at der på 11 ud af 14 lokaliteter vurderes at være angivet en retvisende angivelse af robustheden af risikovurderingen i forhold til grundvand og/eller overfladevand. På en lokalitet kunne resultatet forbedres med bedre data vedr. dæklagsstykkelsen, mens der på de sidste to lokaliteter ikke vurderes at kunne ske en forbedring af screeningsgrundlaget, da det vil kræve en meget mere detaljeret angivelse af modelstoffer vedr. mobilitet og nedbrydning, som ikke vurderes at være realistisk på et landsdækkende screeningsniveau.

Det vurderes derfor, at den landsdækkende screening giver et troværdigt billede af klimarobustheden af risikovurdering over for grundvand og/eller overfladevand på forurenede grunde på nationalt niveau. Dette når der vel at mærke er tale om en første screening svarende til trin 1 i figur 1.1.

Ved projektets start blev der opsat delmål for forprojektet med tilhørende succeskriterier. Disse er listet i nedenstående Tabel 7.1, men angivelse af om de er opnået i projektet.

Projektets mål	Succeskriterier	Opnået
Delmål 1		
Opsamling på eksisterende data, metoder og risikoindeks i forhold til jordforureninger	Sikre, at der er indsamlet alle relevante data til screeningen i trin 1 samt at kvaliteten af data tilstrækkelig i forhold til anvendelse til risikovurderinger af jordforureninger.	Ja – det har været muligt at indsamle data for alle ønskede parametre og klimaelementer, som indgår i den landsdækkende screening. En test af dataene har vist, at forureningsdata, typologier og temaer med klimaelementer har en tilstrækkelig kvalitet til niveauet for den landsdækkende screening.
Delmål 2		
Udarbejde et konservativt overblik over, hvor mange lokaliteter, der på landsplan kan forventes at få forværret risikobilledet i et ændret klima (trin 1)	Mulighed for at udtale sig i generelle vendinger om, i hvilke områder, man kan forvente forværret risiko som følge af ændringer i de betydende klimaelementer.	Ja – det har på baggrund af de indhentede data for klimaelementerne været muligt at udarbejde GIS-temaer, der kan indgå i screeningen. Dog er den geografiske inddeling i forhold til LAR sandsynligvis for grov.
	Sikker frasortering (grøn kategori) af mindst 20 % af antallet af potentielle lokaliteter på landsplan.	Ja – det har været muligt at frasortere 34 % af de kortlagte lokaliteter med en robust risikovurdering.
Delmål 3		
Opstilling og afprøvnings af et robusthedsindeks på basis af eksisterende og tilgængelige data (trin 2) i konkrete pilotområder	Validering af resultatet fra den landsdækkende screening på afgrænset geografi med mere detaljerede data.	Ja – det har været muligt at teste den landsdækkende screening i to kommuner.
	Der gives et overblik over, hvor anvendelige de anvendte data i screeningen i trin 1 er.	Ja – der er peget på, hvor der er god overensstemmelse og, hvor der kan anbefales en justering (se Tabel 7.2).
	Sikker frasortering (grøn kategori) i pilotområderne af <i>yderligere</i> mindst 20 % fra trin 1 til trin 2.	Delvist – det er ikke direkte dokumenteret. Men der er flere steder, hvor screeningen har vist sig mere konservativ end de faktiske forhold tilsiger. De anvendte modelstoffer har i screeningen været antaget mere mobile end under de faktiske forhold. Der opstillet anbefalinger til, hvorledes screeningsgrundlaget kan forbedres (se Tabel 7.2).

Projektets mål	Succeskriterier	Opnået
Delmål 4 Beskrive udfordringer i opstilling af værktøj.	Konkret arbejdsliste til udredning i forbindelse med landsdækkende implementering af screening i trin 2 og 3.	Delvist – det har været muligt at teste de enkelte parametre og elementer samt komme med anbefalinger til, hvorledes de kan anvendes i trin 2 og 3 samt indarbejdes i et egentligt værktøj. Dette er yderligere beskrevet i perspektiveringen (se afsnit 8).

TABEL 7.1 OVERSIGT OVER MÅL OG SUCCESKRITERIER I FORHOLD TIL PROJEKTS RESULTATER

Nedenstående Tabel 7.2 er således en opsamling på testen af screeningen fordelt på typologier, forureningsparametrene og klimaelementerne. I Tabellen er ligeledes givet anbefalinger til, hvorledes grundlaget kan forbedres i den landsdækkende screening (trin 1) og i en mulig detailanalyse i et afgrænset område (trin 2 og 3, se afsnit 1.2).

Parameter	Resultat af test af screening (trin 1)	Anbefaling til forbedring af grundlag for screening (trin 1)	Anbefaling til trin 2 og 3 jf. afsnit 1.2
Typologier	Generel god overensstemmelse med det landsdækkende kort med typologier og de faktiske forhold på testlokaliteterne. Dog enkelte uoverensstemmelse mellem typologi 2 og 3.	Det vurderes ikke nødvendigt at forbedre grundlaget i forhold til en landsdækkende screening.	Der indhentes forbedrede data vedr. dæklagstykkelsen fra DK-modellen, lokale modeller, Jupiter mv.

Parameter	Resultat af test af screening (trin 1)	Anbefaling til forbedring af grundlag for screening (trin 1)	Anbefaling til trin 2 og 3 jf. afsnit 1.2
Modelstoffer, mobilitet og nedbrydning	Såfremt der er overensstemmelse mellem de stoffer, der er angivet som kortlægningsårsag og de stoffer, der er konstateret på lokaliteter, vurderes modelstofferne som udgangspunkt at give et retvisende billede. Det er ikke muligt at medtage forureningsniveauer, alder på forurening, status for V2 (undersøgelse, afværge eller monitorering). Dette vurderes dog ikke at være afgørende på et screeningsniveau.	Det vurderes ikke nødvendigt at forbedre grundlaget i forhold til en landsdækkende screening.	Der skal tages stilling til, hvorvidt der er tildelt de korrekte modelstoffer i forhold til bl.a. mobilitet og nedbrydning. Det vil sige, at en nedbrudt eller immobil forurening ikke nødvendigvis skal tildeles de mest mobile modelstoffer (benzen, fluoranthen mv.). Derudover skal der tages stilling om der aktivt er taget hånd om risikoen (afværge eller monitorering).
Forureningsdybder	På et screeningsniveau og med det formål at komme med en konservativ vurdering af robustheden, vurderes de fastsatte forureningsdybder at give et retvisende billede i forhold til robustheden af risikovurderingen.	Der kan gennemføres en mere omfattende erfaringsopsamling på forureningsdybder. Vurderes dog kun at kunne give mindre ændringer i forhold til et screeningsresultat.	I afgrænsede områder og på lokalitetsniveau, vil det i de fleste tilfælde være muligt med et mere præcist bud på en forureningsdybde i forbindelse med en detailanalyse.
Beregnet øvre grundvandsspejl	Det er kritisk at det anvendte kort ikke inkluderer så mange pejlinger fra byområder, hvor de fleste forureninger er lokaliseret.	Det bør overvejes hvordan f.eks. regionernes pejle data fra byområder kan indarbejdes i det landsdækkende øvre grundvandsspejl. Modelsimuleringer fra DK-modellen kan også være et supplement og den anvendte interpolationsmetode kan også optimeres.	Der bør indarbejdes mere detaljerede pejledata fra regioner, kommuner, vandforsyninger m.fl. Der skal være særligt fokus på byområderne, hvor de fleste forureninger er lokaliseret.

Parameter	Resultat af test af screening (trin 1)	Anbefaling til forbedring af grundlag for screening (trin 1)	Anbefaling til trin 2 og 3 jf. afsnit 1.2
Øget grundvandsdannelse	Øget grundvandsdannelse er et af de klimaelementer, som har stor indflydelse på robustheden af risikovurderingerne. Testen på udvalgte lokaliteter viser, at forudsætningerne for øget grundvandsdannelse giver et retvisende billede af robustheden af risikovurderingen.	Grundlaget kan evt. forbedres ved at indsnævre det anvendte noget ekstreme "våde" scenarie til et mere realistisk scenarie. Herudover bør intervalinddelingen i stor, mellem og lille påvirkning af grundvandsdannelsen suppleres med et endnu et interval, som indleder den lille påvirkning et yderligere interval.	Hvis der er lokale grundvandsmodeller tilgængelige bør de anvendes med det tilsvarende input af klimadata som i den nationale screening.
Hævet grundvandspejl	Der er ikke så mange lokaliteter, som kommer ud med dette klimaelement som værende det kritiske. Det har kun været muligt at udvælge få lokaliteter til test, hvor hævet grundvandsspejl er det kritiske element. Det er dog ikke muligt endeligt at konkludere noget på det begrænsede antal.	Grundlaget kan evt. forbedres ved at indsnævre det anvendte noget ekstreme "våde" scenarie til et mere realistisk scenarie. Der kan også foretages en følsomhedsanalyse af grundlaget, herunder de angivne intervaller for påvirkningen.	Hvis der er lokale grundvandsmodeller tilgængelige bør de anvendes med det tilsvarende input af klimadata som i den nationale screening. Derudover skal det overvejes, hvorvidt der kan medtages mere lokale oplysninger omkring beliggenhed af kloakker, dræn mv. (både geografisk, men også dybden).

Parameter	Resultat af test af screening (trin 1)	Anbefaling til forbedring af grundlag for screening (trin 1)	Anbefaling til trin 2 og 3 jf. afsnit 1.2
Lokal oversvømmelse	Antallet af lokaliteter, der falder ud med lokal oversvømmelse, som det kritiske element, er begrænset. Det har ikke været muligt at finde mulige testlokaliteter inden for de to kommuner.	Etableringen af en ny landsdækkende højdemodel vil muliggøre en ny mere detaljeret udpegning af blue-spot områder. Det er ikke nødvendigt at fratage den delmængde af blue-spot områder, som er placeret på sandjorde, da nedsivningen her, også medfører en øget udvaskning og derfor er relevant. Det er dog en forudsætning, at nedsivningen fokuseres her.	I byområderne kan der være mere detaljerede modeller tilgængelige, hvor overfladevand bl.a. er integreret med kloakker, hvilket vurderes at være mere troværdig i byområderne end blue-spot udpegningen. Blue-spot udpegningen vurderes at være tilstrækkelig retvisende i det åbne land.
Oversvømmelse langs vandløb	Ligesom ved lokal oversvømmelse, er antallet af lokaliteter i nærheden af vandløb med risiko for oversvømmelse begrænset. Det har ikke været muligt at finde mulige testlokaliteter inden for de to kommuner.	Det ville være ønskeligt med en bedre landsdækkende metode, som ikke kun baserer sig på en højdemodel. En mulighed er at generere et udtræk fra DK-modellen, som er baseret på en fysisk beskrivelse af vandstrømningen.	Som nævnt ovenfor, vil mere detaljerede hydrauliske modeller, især i byområder, give et mere retvisende billede af omfanget af oversvømmede områder langs vandløb og dermed robustheden af de risikovurderinger, der er udarbejdet på lokaliteter i de områder, som vil kunne oversvømmes.
Havvandsstigning	Det er kun et mindre antal kortlagte lokaliteter, som rammes af havvandsstigninger. Det har ikke været muligt at finde mulige testlokaliteter inden for de to kommuner.	Det er kystdirektoratet som opdaterer disse skøn, og et forbedret datagrundlag vil alene afhænge af, om de opdaterer deres skøn.	Grundlaget vurderes ikke umiddelbart at kunne forbedres, da kommunerne også anvende samme data fra Kystdirektoratet, som indgår i den landsdækkende screening. Dog er det muligt i forbindelse med en detailscreening at søge mere lokale oplysninger om digebyggerier og anden klimatilpasning.

Parameter	Resultat af test af screening (trin 1)	Anbefaling til forbedring af grundlag for screening (trin 1)	Anbefaling til trin 2 og 3 jf. afsnit 1.2
LAR	Dette element er betydende i den landsdækkende screening. Dette skyldes, at der i forudsætningerne til screeningen antages, at det er inden for hele byzonen, at der er sandsynlighed for at der etableres en LAR-løsning. Testen har vist, at på seks af otte lokaliteter er LAR det eneste klimaelement, som vil kunne påvirke robustheden af risikovurderingen.	Der er forskel på, hvor udbredt LAR løsninger er inden for kommunerne. Det er derfor ikke muligt at forbedre grundlaget i den landsdækkende screening. Følsomheden af dette klimaelement kan dog testes ved at udføre en parallel kørsel, hvor der kun indgår LAR i byudviklingsområder, hvis det er muligt at etablere et sådant landsdækkende tema.	Det anbefales, at der indhentes oplysninger fra de enkelte klimatilpasningsplaner med henblik på vurdering af udbredelsen af mulige område til etablering af LAR-løsninger.

TABEL 7.2 OPSAMLING OG ANBEFALINGER TIL DE ENKELTE PARAMETERE I DEN LANDSDÆKKENDE SCREENING OG EFTERFØLGENDE LOKAL OG DETALJERET ANALYSE

8 Perspektivering

Forprojektet har bragt vigtig viden om vurdering af klimarobustheden af risikovurderinger på lokaliteter med jord- og grundvandsforureninger. Der foreligger således en ramme for at screene lokaliteter på første niveau, og der er arbejdet med at inddrage mere områdespecifikke data i vurderingerne. Som nævnt i afsnit 7.4 er der enkelte forbedringsforslag til den udførte laddækkende screening, men det vurderes at erfaringerne og overvejelserne fra nærværende forprojekt med fordel kan indgå i de fremtidige risikovurderinger på lokaliteter med jord- og grundvandsforureninger.

8.1 Udvikling af et kategoriseringsværktøj

Arbejdet og erfaringerne med projektet kan bringes videre til bl.a. udvikling af et egentligt beslutningsstøtteværktøj til kategorisering. På baggrund af dette projekts erfaringer, suppleret med data fra grundvandskortlægningen og andre værdifulde datakilder, gennemføres en automatiseret udpegning af lokaliteter som de fremtidige klimaændringer vurderes at kunne påvirke robustheden af risikovurderingerne af.

Værktøjer opbygges dynamisk således, at inputdata og forudsætninger kan forbedres eller forfines i forhold til mere detaljerede data og analyse. I værktøjet bør det være muligt at kategorisere robustheden af risikovurderingerne på alle tre trin, dvs. fra en landsdækkende screening, videre til en lokal analyse og ende ud i en detaljeret analyse. Trin 1 analysen kan være fuld-automatisk og afløses til dels af faglige vurderinger i takt med at analysen bliver mere detaljeret.

Værktøjet bør også bygges op, så det er muligt at teste screeningen i forhold til forskellige klimamodeller og klimascenarier. I forbindelse med udviklingen af et værktøj, vil det endvidere være relevant at gå mere i dybden med lokale modeller, f.eks. lokale grundvandsmodeller, og se på i hvor høj grad anvendelsen af disse vil ændre screeningsresultatet. Formålet hermed skulle bl.a. være at blive klogere på gruppen af gule lokaliteter samt, hvad der er udslagsgivende for de røde lokaliteter.

I forbindelse med udviklingen af et værktøj skal det afklares, hvorledes resultaterne fra grundvandskortlægningen og andre datakilder udnyttes optimalt.

I den landsdækkende screening er der ikke taget højde for, at der allerede er områder, som er påvirket af klimaændringerne, f.eks. kystnære områder, som bliver kraftig påvirket af oversvømmelser af de storme, som forekommer allerede i dag. Derfor skal der i et evt. værktøj også lægges en mulighed ind for, at der kan medtages oplysninger om allerede udsatte områder.

8.2 GIS-temaer og lokale modeller

I projektet er der udarbejdet en række GIS-temaer for typologier, højeste vandspejl i 2010 og områder, som forventes oversvømmet i forbindelse med stormflod. Disse temaer vil også kunne anvendes i andre sammenhænge. Temaet med typologier er en grov inddeling af Danmark i tre kategorier, hvilket betyder at temaet er bedst egnet på et screeningsniveau, f.eks. i forhold til landsdækkende screening for grundvandsrisiko eller lignende.

De øvrige temaer for hhv. højeste vandspejl og områder, som forventes oversvømmet ved stormflod, vil kræve en yderligere kvalitetssikring før disse vil kunne offentliggøres. Men principperne er beskrevet i nærværende projekt og vil derfor kunne indgå i andre lignende projekter.

Datagrundlaget og opstilling af lokale modeller må forventes at blive udviklet betydeligt i fremtiden som følge af den generelle indsats med klimatilpasning og forebyggelse. Erfaringer og data herfra kan med fordel indarbejdes i dette arbejde med kategorisering af klimarobuste forureninger.

8.3 Kortlægning af dræn og kloaker

Der er i projektet foretaget en meget konservativ betragtning i forhold til tilstedeværelsen af kloaker og dræn. I analysen af, hvor robuste risikovurderingerne er overfor klimatiske ændringer er det antaget, at der eksisterer rørledninger i form af kloak, regnvandsledninger eller dræn ved alle lokaliteter. Denne antagelse vil med stor sandsynlighed kunne forfines ved at inddrage digitale kloakplaner fra kommunerne, digitaliserede drænkort mv. Derudover bør det undersøges om forsyningernes eksisterende kloakmodeller kan indbygges i et egentlig kategoriseringsværktøj, som beskrevet ovenfor. I nogle kommuner er der i forbindelse med klimatilpasningsplanerne foretaget modelarbejde af forsyningernes ledningsnettsmodeller.

8.4 Kort- eller langvarig påvirkning

I nærværende projekt har tidsperspektivet i forhold til de klimatiske påvirkninger ikke været en del af screeningsgrundlaget. Der vil med stor sandsynlighed være forskel på påvirkningen af en risikovurdering fra de ekstreme hændelser (f.eks. stormflod) og de påvirkninger, der sker over en længere periode (f.eks. øget grundvandsdannelse). Det bør derfor undersøges, hvorledes disse påvirkninger adskiller sig fra hinanden i forhold til den indflydelse de har på robustheden af risikovurderingen, herunder om det kan være afgørende i forhold til en prioritering af regionernes indsats.

Derudover kan forureningens alder også medtages i forhold til tidsperspektivet. I 2050 vil f.eks. mange af de forureninger, som der er viden om i dag, være gamle. Især olieforureninger vil måske være irrelevante på dette tidspunkt. Derudover vil nye forureninger med stor sandsynlighed være reguleret efter miljøbeskyttelsesloven eller lignende. Der kan også komme fokus på nye stoffer, der ikke er taget højde for i nærværende forprojekt.

8.5 Påvirkning fra flere klimaelementer

I projektet har der ikke været fokus på den akkumulerede effekt, men kun effekten fra de enkelte klimaelementer hver for sig. Det er uvist, hvorvidt en akkumuleret effekt vil udgøre en væsentlig større påvirkning og dermed have større indflydelse på robustheden af de udarbejdede risikovurderinger.

Der er i projektet ligeledes en konservativ tilgang til vurdering af robustheden af risikovurderingerne, idet der kun ses på de negative effekter i forhold til påvirkning af robustheden af risikovurderingerne. Der er ikke foretaget en vurdering af de positive effekter, herunder hvor meget og hvornår de vil kunne påvirke robustheden af en risikovurdering i en mere positiv retning. Der kan f.eks. være tale om mere gunstige nedbrydningsforhold og andre synergieffekter.

Derfor kan der foretages en vurdering af, hvorvidt det er retvisende at se på påvirkningen af hvert klimaelement for sig og om der evt. kan inddrages en akkumulerende effekt. Derudover kan der foretages en kortlægning af de modsatrettede effekter, herunder hvad der har størst betydning – den negative eller positive – samt hvornår og hvordan det kan inddrages.

8.6 Påvirkning af robustheden af risikovurderinger over for indeklima og kontaktrisiko

Der er i projektet foretaget en afgrænsning således, at det kun omfatter risikovurderinger over for grundvand og overfladevand. Der er således ikke taget stilling til, hvorvidt og i hvilket omfang de klimatiske forandringer vil påvirke afdampningen til indeklimaet fra en jordforurening eller f.eks. øget udvaskning af en overfladeforurening.

Dette kan ske ved en lignende fremgangsmåde som i nærværende projekt, hvor der foretages en kortlægning af, hvilke eksisterende data kan inddrages og hvilke klimaelementer vurderes at kunne påvirke risikovurderingerne over for indeklimate- og kontaktrisiko.

8.7 Håndtering af resultaterne

Resultaterne fra projektet kan anvendes af regionerne til at udpege lokaliteter, hvor klimaforandringerne vurderes at kunne påvirke robustheden af risikovurderingerne. Der kan således tages stilling til, hvad der skal ske på disse lokaliteter. Hvordan og hvornår håndteres de røde lokaliteter, dvs. lokaliteter med en ringe robust risikovurdering, og hvordan kan der prioriteres lokaliteterne imellem? Analysen giver desuden mulighed for at vurdere, hvordan de gule lokaliteter, dvs. dem med en mellem robust risikovurdering håndteres, herunder om de kan bringes til enten god eller ringe robusthed.

Desuden bør det overvejes, hvordan risikovurdering af jordforurening på lokaliteter med aktiv afværgeanlæg med længere driftsperioder håndteres, både i forhold til driften men også i forhold til overvejelserne i forbindelse med nedlukning af anlæg.

Der er i projektet ikke foretaget en vurdering af, hvor stort problemet er på baggrund af resultatet af den landsdækkende screening set ud fra en ressourcemæssig og økonomisk vinkel. Der bør ses nærmere på det økonomiske potentiale ved at udvikle videre på de resultater og erfaringer, der er opnået i nærværende projekt. Blandt andet ved at se på, hvad betyder resultatet af den landsdækkende screening set ud fra et økonomisk perspektiv i forhold til at skulle håndtere de røde og sandsynligvis også de gule lokaliteter. Der skal ske en kortlægning af, hvad der skal til for at en risiko på en lokalitet ikke forværres som følge af klimaændringerne. Der skal skelnes mellem, hvilket vidensniveau, som lokaliteterne er på i forhold til den konkrete viden om forureningssituationen på lokalitet. Derfor vurderes det at være af betydning, hvilke data, der kan fremskaffes i forbindelse med den lokale analyse i trin 2. Denne analyse skal forfines på en måde, så der dels sker en væsentlig reduktion i antallet af gule lokaliteter, og dels at det kun er de relevante lokaliteter, som skal videre til trin 3, der anses for at være mere omkostningsrigt at gennemføre end de to forudgående trin i kategoriseringen.

Referencer

Danske Regioner, 2014, Jordforurening – en regional opgave. Nøgletal for 2013. Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer

DMI, 2014. Fremtidige klimaforandringer i Danmark. Danmarks Klimacenter rapport nr. 6, 2014. http://www.klimatilpasning.dk/media/854031/dmi_-_klimaforandringer__2014_.pdf

GeoDanmark, 2015a. Vandløb udtrukket fra Geodatastyrelsens topografiske grundkortdatabase Kort10. Data downloadet fra kortforsyning.dk

GeoDanmark, 2015b. Søer udtrukket fra Geodatastyrelsens topografiske grundkortdatabase Kort10. Data downloadet fra kortforsyning.dk

GeoDanmark, 2015c. GeoDanmark-data (tidligere FOT) med topografiske grunddata. Data downloadet fra kortforsyning.dk

Geodatastyrelsen, 2015. Digital terrænmodel fra 2007 i 10 m grid. Data downloadet fra kortforsyning.dk

KFT, 2012. Klimaeffekter på hydrologi og grundvand – Klimagrundvandskort. Udgivet af Koordineringsenhed for forskning i klimatilpasning (KFT). Klimagrundvandskort downloadet fra kortforsyning.dk

Kystdirektoratet, 2013. Kyst: Kystbeskyttelse, højvandsstatistik og højvandshændelser. Data downloadet fra kortforsyning.dk.

Miljøstyrelsen, 1998. Oprydning på forurenede lokaliteter – hovedbind, Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998

Miljøstyrelsen, 2011a. Fastlæggelse af oprensningskriterier for grundvandstruende forureninger Miljøprojekt, nr. 137, 2011 Udarbejdet af Orbicon, DTU Miljø og Region Syddanmark.

Miljøstyrelsen 2011b, Værktøjer til brug for risikovurdering og prioritering af grundvandstruende Forureninger, Miljøprojekt nr. 1366, Udarbejdet af Orbicon, DTU Miljø, Region Hovedstaden og Miljøcenter Roskilde

Miljøstyrelsen, 2014a. Klimaforandringernes indflydelse på risikovurdering af lossepladser - bearbejdet notat efter workshop. Miljøprojekt nr. 1598, 2014. Udarbejdet af Orbicon, Region Syddanmark og Region Midtjylland.

Miljøstyrelsen 2014b, Risikovurdering af lossepladsers påvirkning af overfladevand, Miljøprojekt nr. 16, 2014, Udarbejdet af Orbicon, DTU Miljø, Region Midtjylland og Region Syddanmark

Miljøstyrelsen, 2014c Jordforureningers påvirkning af overfladevand, delprojekt 1. Relevante stoffister og relationer til brancher/aktiviteter, Miljøprojekt nr. 1564, 2014, Udarbejdet af Niras A/S

Miljøstyrelsen, 2014d. Jordforureningers påvirkning af overfladevand, delprojekt 6. Systematisering af data og udvælgelse af overfladevandstruende jordforureninger. Miljøprojekt nr. 1573, 2014. Udarbejdet af Orbicon.

Miljøstyrelsen 2014e, Risikovurdering af overfladevand, som er påvirket af punktkildeforurenede grundvand, Miljøprojekt 1575, 2014, Udarbejdet af Orbicon og DTU Miljø

Miljøstyrelsen, 2015. Guide til indledende undersøgelser af jordforureninger, der udgør en potentiel risiko for overfladevand. Miljøprojekt 1658, 2015, Udarbejdet af Orbicon, Region Syddanmark og Region Hovedstaden.

Naturstyrelsen, 2013a. Nedbør: Lavninger. Data downloadet fra kortforsyning.dk

Naturstyrelsen, 2013b. Vandløb: Vandløbsstigning. Data downloadet fra kortforsyning.dk

Naturstyrelsen, 2013c. Havstigning (10-100 cm - ... - 510-600 cm). Data downloadet fra kortforsyning.dk

Naturstyrelsen, 2013d. Klimaeffekter på hydrologi og grundvand (Klimaekstremvandføring). Fase 1, februar 2013.

Naturstyrelsen, 2014a. Klimaeffekter på ekstremværdi afstrømninger. Fase 2 usikkerhedsvurdering, juli 2014.

Naturstyrelsen, 2014b. Modelrapport hydrologisk model Herlev-Glostrup. Udarbejdet af Alectia og Orbicon, august 2014

Naturstyrelsen, 2015. Modelrapport hydrologisk model Tårnby-Dragør. Udarbejdet af Orbicon, januar 2015

Orbicon (2014). Beregnede stigninger af grundvandsspejlet ved etablering af LAR. Samlet vurdering fra flere projekter udført af Lars Chr. Larsen.

Sørensen et al., (2012) Klimaændringers konsekvenser for forureningsspredning og -afdampning på forurenede grunde Af Niels Lauge Sørensen, Jesper Alrø Steen og Søren Rygaard Lenschow, NIRAS A/S og Per Egede Jensen og Karsten Munch Andersen, Region Midtjylland. Udgivet i Jordforurening.info (1/12)

Tuxen, 2009: "VÆRKTØJSKASSEN" –OVERBLIK OG METODEOVERVEJELSER Undersøgelser frem for afværge - State of the Art. ATV-møde 20. maj 2009,

Bilag 1 Kvantificering af klimaændringer fra hovedkilder

Temperatur, havniveau og nedbør

Udtræk af temperatur, havniveau og nedbør fra klimamodel beregninger er baseret på de tre tabeller fra DMI (2014) på næste side. Temperatur og havniveau baserer sig på en sammenligning af en scenarieperiode fra 2046-2065 og en referenceperiode fra 1986-2005 og dermed en samlet periode på 60 år. Udtræk af ændringer i nedbøren repræsenterer derimod en samlet periode på 95 år.

Scenarierne (RCP2.6 – RCP8.5) repræsenterer variationer i de fremtidige udslip af drivhusgasser, hvor RCP2.6 repræsenterer den mindst tænkelige ændring og RCP8.5 repræsenterer den størst tænkelige ændring. Usikkerheden i ændringerne, som er fremkommet ved anvendelse af forskellige klimamodeller, er repræsenteret ved det sandsynlige interval for hvert scenarie.

Et konservativt estimat af temperaturændringen fra år 2000-2050 er middelværdien for RCP8.5 scenariet, som omregnet fra en 60 års til en 50 års periode er på 1,7 C. Tilsvarende vurderes et konservativt estimat af temperaturændringen fra år 1975-2050 at være middelværdien for RCP8.5 scenariet, som omregnet fra en 60 års til en 75 års periode er på 2,5 C.

Et konservativt estimat af havniveauændringen fra år 2000-2050 er middelværdien for RCP8.5 scenariet, som omregnet fra en 60 års til en 50 års periode er på 0,25 m. Tilsvarende vurderes et konservativt estimat af havniveauændringen fra år 1975-2050 at være middelværdien for RCP8.5 scenariet, som omregnet fra en 60 års til en 75 års periode er på 0,375 m.

Et konservativt estimat af nedbørsændringen fra år 2000-2050 er årsmiddelværdien for RCP8.5 scenariet, som omregnet fra en 95 års til en 50 års periode er på 3,6 %. Der er en stor usikkerhed på dette estimat, og årsvariationen er også meget stor. F.eks. kan den tilsvarende ændring i vinternedbøren omregnes til mellem 3 og 16 % for den tilsvarende periode 2000-2050.

Tilsvarende vurderes et konservativt estimat af nedbørsændringen fra år 1975-2050 at være middelværdien for RCP8.5 scenariet, som omregnet fra en 95 års til en 75 års periode er på 5,4 %.

Et mere relevant estimat til risikovurdering af punktkilder end nedbøren er de resulterende ændringer i grundvandsdannelsen og grundvandsstanden, som vist i næste afsnit.

Temperatur [°C]	2046-2065		2081-2100	
	Middel	Sandsynligt interval	Middel	Sandsynligt interval
RCP2.6 (lavt)	1,0	0,4 - 1,6	1,0	0,3 - 1,7
RCP4.5	1,4	0,9 - 2,0	1,8	1,1 - 2,6
RCP6.0	1,3	0,8 - 1,8	2,2	1,4 - 3,1
RCP8.5 (højt)	2,0	1,4 - 2,6	3,7	2,6 - 4,8

Tabel 1. Ændring i den globale middel-overflade-temperatur [°C] for de angivne perioder i forhold til referenceperioden 1986-2005. Kilde: IPCC, AR5.

Havniveau [m]	2046-2065		2081-2100	
	Middel	Sandsynligt interval	Middel	Sandsynligt interval
RCP2.6 (lavt)	0,24	0,17 - 0,32	0,40	0,26 - 0,55
RCP4.5	0,26	0,19 - 0,33	0,47	0,32 - 0,63
RCP6.0	0,25	0,18 - 0,32	0,48	0,33 - 0,63
RCP8.5 (højt)	0,30	0,22 - 0,38	0,63	0,45 - 0,82

Tabel 2 Stigning i det globale gennemsnitlige havniveau (m) for de angivne perioder i forhold til referenceperioden 1986-2005. Kilde: IPCC, AR5.

Nedbør [%]	RCP2.6	RCP8.5
Årlig	1,6 (± 4,6)	6,9 (± 6,1)
Vinter	3,1 (± 7,9)	18,0 (± 12,0)
Forår	3,7 (± 11,1)	10,7 (± 12,6)
Sommer	-0,5 (± 9,6)	-16,6 (± 21,0)
Efterår	0,8 (± 7,2)	10,2 (± 10,9)

Tabel 5 Nedbørsændringer for Danmark. Nedbørsændringerne er angivet som procentvise ændringer i forhold til referenceperioden 1986-2005. Fremskrivningen 2100 dækker over gennemsnittet over perioden 2081-2100. Tallene er angivet for hvert af de to scenarier RCP2.6 og RCP8.5. Tallene i parentes angiver usikkerheden (+/- standardafvigelsen) på middelværdien for samtlige 23 modelkørsler. Kilde: CMIP5

Grundvandsdannelse og grundvandsstand

Udtræk af grundvandsdannelse og grundvandsstand fra klimamodeller og den nationale vandressource model er baseret på tabellen fra KFT (2012) som vist på næste side. Ændringerne fra det koblede system af henholdsvis globale og regionale klimamodeller er her overført til en hydrologisk model, som dækker hele Danmark. Herved er det muligt at beregne den resulterende ændring af grundvandsdannelse og grundvandsstand som følge af de projekterede klimaændringer.

De viste ændringer i tabellen er alle baseret på A1B scenariet, men viser variationer som følge af forskellige typer af klimamodeller, som er repræsenteret ved henholdsvis en våd, median og tør klimamodel. Vurderingen er her, at variationerne i de valgte klimamodeller giver større variationer i de estimerede grundvandsdannelser og grundvandsstande end variationen i udslip af drivhusgasser.

De viste udtræk af grundvandsdannelse og grundvandsstand baserer sig på en sammenligning af en scenarieperiode fra 2021-2050 og en referenceperiode fra 1961-1990 og dermed en samlet periode på 60 år. Ændringerne er desuden sammenlignet med absolutte størrelser fra perioden 1991-2010.

Den mest konservative tilgang er at anvende de beregnede ændringer fra den såkaldte "våde" klimamodel, som giver de største ændringer. I tabellens inddeling for den "våde" klimamodel er derimod ikke store forskelle på om det er områder med henholdsvis middel/lav grundvandsdannelse eller middel/høj grundvandsstand der betragtes.

Tabellen viser, at ændringen i middel grundvandsdannelse har en stor geografisk spredning med variationer fra små negative ændringer til positive ændringer på mere end 100 mm/år. Som følge af den store geografiske variation giver middelværdier mindre mening, men det skønnes, at den gennemsnitlige middelværdi er en stigning på omkring 20 mm/år for fokusperioden 2000-2050, og en tilsvarende stigning på omkring 30 mm/år for fokusperioden 1975-2050.

Ændringen i middel grundvandsstand viser også en stor geografisk spredning med variationer fra små negative ændringer til positive ændringer på mere end 1 m. Som følge af den store geografiske variation giver middelværdier mindre mening, men det skønnes, at den gennemsnitlige middelværdi er en stigning på omkring 0,5 m. for fokusperioden 2000-2050 og en tilsvarende stigning på omkring 0,75 m. for fokusperioden 1975-2050.

Tabel 1.1 Sammenfatning af hovedresultater for A1B emissionsscenarioet for hhv. absolutte størrelser for kontrolperioden 1991-2010 og ændringer for de fire leverancer for hhv. våd, median og tør klimamodel for 2021-2050 i forhold til referenceperioden 1961-1990. %-tal er i forhold til hele Danmarks areal.

A1B Emissionsscenarioet	Ændringer Våd klimamodel		Ændringer Median klimamodel		Ændringer Tør klimamodel	
Absolute Størrelser (observations periodens data 1991-2010)	2021-50 versus 1961-90		2021-50 versus 1961-90		2021-2050 versus 1961-90	
Middel grundvandsdannelse						
0-25 mm/år: 35%	≤ 0 mm/år 25%	≤ 0 mm/år 46%	≤ 0 mm/år 78%			
25-100 mm/år: 20%	0-20 mm/år 44%	0-20 mm/år 35%	0-20 mm/år 21%			
100-200 mm/år: 14%	20-40 mm/år 8%	20-40 mm/år 10%	20-40 mm/år 1%			
200-350 mm/år: 15%	40-100 mm/år 15%	40-100 mm/år 8%	40-100 mm/år 0%			
> 350 mm/år: 16%	> 100 mm/år 8%	> 100 mm/år 1%	> 100 mm/år 0%			
Typisk lav grundvandsdannelse						
0-25 mm/år: 37%	≤ 0 mm/år 21%	≤ 0 mm/år 45%	≤ 0 mm/år 72%			
25-100 mm/år: 20%	0-20 mm/år 45%	0-20 mm/år 38%	0-20 mm/år 23%			
100-200 mm/år: 15%	20-40 mm/år 11%	20-40 mm/år 9%	20-40 mm/år 3%			
200-350 mm/år 16%	40-100 mm/år 18%	40-100 mm/år 7%	40-100 mm/år 1%			
> 350 mm/år: 12%	> 100 mm/år 6%	> 100 mm/år 1%	> 100 mm/år 0%			
Middel grundvandsstand 1991-2010:						
≤ 0 m 1%	Fald ≥ 1 m 0%	Fald ≥ 1 m 0%	Fald ≥ 1 m 2%			
0 til 1 m 40%	Fald 0 til 1 m 1%	Fald 0 til 1 m 1%	Fald 0 til 1 m 85%			
1 til 3 m 20%	Stign 0 til 0,5 m 50%	Stign 0 til 0,5 m 67%	Stign 0 til 0,5 m 12%			
3 til 10 m 21%	Stign 0,5 til 1 m 17%	Stign 0,5 til 1 m 20%	Stign 0,5 til 1 m 0%			
> 10 m 18%	Stigning > 1 m 33%	Stigning > 1 m 12%	Stigning > 1 m 0%			
Typisk høj grundvandsstand						
≤ 0 m 20%	Fald ≥ 1 m 0%	Fald ≥ 1 m 0%	Fald ≥ 1 m 13%			
0 til 1 m 37%	Fald 0 til 1 m 1%	Fald 0 til 1 m 7%	Fald 0 til 1 m 61%			
1 til 3 m 11%	Stign 0 til 0,5 m 50%	Stign 0 til 0,5 m 67%	Stign 0 til 0,5 m 25%			
3 til 10 m 17%	Stign 0,5 til 1 m 12%	Stign 0,5 til 1 m 15%	Stign 0,5 til 1 m 0%			
> 10 m 15%	Stigning > 1 m 37%	Stigning > 1 m 11%	Stigning > 1 m 1%			

Referencer

DMI, 2014. Fremtidige klimaforandringer i Danmark. Danmarks Klimacenter rapport nr. 6, 2014. http://www.klimatilpasning.dk/media/854031/dmi_-_klimaforandringer__2014_.pdf

KFT, 2012. Klimaeffekter på hydrologi og grundvand – Klimagrundvandskort. Udgivet af Koordineringsenhed for forskning i klimatilpasning (KFT).

Bilag 2 Risikomatrixer for grundvand og overfladevand

Bilag 3 Klimaelementer

Bilag 3.1 Grundvandsdannelse

Bilag 3.2 Terrænnært grundvandsspejl 1970-2014

Bilag 3.3 Ændring i grundvandsspejl (GEUS)

Bilag 3.4 Lokal oversvømmelse

Bilag 3.5 Vandløb oversvømmelse

Bilag 3.6 Højvandsstatistik, 100 års hændelse i 2050

Bilag 3.7 Stormflod oversvømmelse

Bilag 3.8 LAR-områder

Bilag 3.9 Typologier

Bilag 4 Landsdækkende screening

Bilag 4.1 – Eksempel på screening af lokalitet

Som et eksempel på, hvorledes vurderingen foretages, tages der udgangspunkt i lokalitet T1. Først tilknyttes en række stamdata til lokaliteten:

Lokalitet	Grundvand/ Overfladevand	Typologi	Modelstof	Forureningsdybde (m)	Drænybde	GVS kote (m)	Terrænkote
T1	Grundvand	1	Dieselolie	12,02 (GVS)	3	11,91	23,93
T1	Grundvand	1	Trichlorethylen	12,02 (GVS)	3	11,91	23,93
T1	Overfladevand	1	Dieselolie	12,02 (GVS)	3	11,91	23,93
T1	Overfladevand	1	Trichlorethylen	12,02 (GVS)	3	11,91	23,93

TABEL 8.1 LOKALITETSNR. T1 MED STAMDATA

Herefter vurderes risikoen ift. hvert klimaelement, se Tabel 8.2 til Tabel 8.6.

Lokalitet	Grundvand/ Overfladevand	Typologi	Modelstof	GVD nu (mm/år)	GVD stigning (mm/år)	Ændring i %	GVD risiko
T1	Grundvand	1	Dieselolie	479,1	151,4	31,6	Mellem
T1	Grundvand	1	Trichlorethylen	479,1	151,4	31,6	Mellem
T1	Overfladevand	1	Dieselolie	479,1	151,4	31,6	Mellem
T1	Overfladevand	1	Trichlorethylen	479,1	151,4	31,6	Mellem

TABEL 8.2 LOKALITETSNR. T1 MED VURDERING AF RISIKO OVERFOR GRUNDEVANDSDANNELSE

Lokalitet	Grundvand/ Overfladevand	Typologi	Modelstof	GVS 2050	Mættet zone over kil- de/drænyb- de (2014)	Mættet zone over kil- de/dræ- nybde (2050)	Stigning i %	GVS risiko
T1	Grundvand	1	Dieselolie	12,54	0	0,63	5,24	Lille
T1	Grundvand	1	Trichlorethylen	12,54	0	0,63	5,24	Lille
T1	Overfladevand	1	Dieselolie	12,54	0	0	0	Ingen
T1	Overfladevand	1	Trichlorethylen	12,54	0	0	0	Ingen

TABEL 8.3 LOKALITETSNR. T1 MED VURDERING AF RISIKO I FORHOLD TIL GRUNDEVANDSSTAND

Lokalitet	Grundvand/ Overfladevand	Typologi	Modelstof	Lavning til stede?	Procentdel ler	Lavning medtages?	Lavning risiko
T1	Grundvand	1	Dieselolie	Ja	11 %	Nej	Ingen
T1	Grundvand	1	Trichlorethylen	Ja	11 %	Nej	Ingen
T1	Overfladevand	1	Dieselolie	Ja	11 %	Nej	Ingen
T1	Overfladevand	1	Trichlorethylen	Ja	11 %	Nej	Ingen

TABEL 8.4 LOKALITETSNR. T1 MED VURDERING AF RISIKO I FORHOLD TIL LAVNINGER

Lokalitet	Grundvand/ Overfladevand	Typologi	Modelstof	Vandløb over- svømmelse til stede?	Vandløb risiko
T1	Grundvand	1	Dieselolie	Ja	Ja
T1	Grundvand	1	Trichlorethylen	Ja	Ja
T1	Overfladevand	1	Dieselolie	Ja	Ja
T1	Overfladevand	1	Trichlorethylen	Ja	Ja

TABEL 8.5 LOKALITETSNR. T1 MED VURDERING AF RISIKO I FORHOLD TIL VANDLØB

Lokalitet	Grundvand/ Overfladevand	Typologi	Modelstof	Indenfor bypolygon	GVS 2050 inkl. LAR	Mættet zone over kilde/drædybde (2050)	Stigning i %	LAR, risiko
T1	Grundvand	1	Dieselolie	Ja	13,04	1,13	9,4	Lille
T1	Grundvand	1	Trichlorethylen	Ja	13,04	1,13	9,4	Lille
T1	Overfladevand	1	Dieselolie	Ja	13,04	0	0	Ingen
T1	Overfladevand	1	Trichlorethylen	Ja	13,04	0	0	Ingen

TABEL 8.6 LOKALITETSNR. T1 MED VURDERING AF RISIKO I FORHOLD TIL LAR

I Tabel 8.7 kobles klimaelementer og risikomatrice og i Tabel 8.8 udpeges kombinationer med laveste robusthed. For denne lokalitet er laveste robusthed farven rød.

Lokalitet	Typologi	Modelstof	Klimaelement, Risiko	Overfladevand/grundvand	Point	Farve
T1	1	Dieselolie	GVD_mellem	Grundvand	2	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	GVD_mellem	Grundvand	4	Rød
T1	1	Dieselolie	GVD_mellem	Overfladevand	1	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	GVD_mellem	Overfladevand	1	Grøn
T1	1	Dieselolie	GVS_lille	Grundvand	1	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	GVS_lille	Grundvand	1	Grøn
T1	1	Dieselolie	GVS_ingen	Overfladevand	0	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	GVS_ingen	Overfladevand	0	Grøn
T1	1	Dieselolie	LOKAL_OVERSVOM_NEJ	Grundvand	0	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	LOKAL_OVERSVOM_NEJ	Grundvand	0	Grøn
T1	1	Dieselolie	LOKAL_OVERSVOM_NEJ	Overfladevand	0	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	LOKAL_OVERSVOM_NEJ	Overfladevand	0	Grøn
T1	1	Dieselolie	VL_OVERSVOM_JA	Grundvand	1	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	VL_OVERSVOM_JA	Grundvand	3	Gul
T1	1	Dieselolie	VL_OVERSVOM_JA	Overfladevand	3	Gul
T1	1	Trichlorethylen	VL_OVERSVOM_JA	Overfladevand	4	Rød

T1	1	Dieselolie	STORMFLOD_NEJ	Grundvand	0	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	STORMFLOD_NEJ	Grundvand	0	Grøn
T1	1	Dieselolie	STORMFLOD_NEJ	Overfladevand	0	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	STORMFLOD_NEJ	Overfladevand	0	Grøn
T1	1	Dieselolie	LAR_lille	Grundvand	1	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	LAR_lille	Grundvand	1	Grøn
T1	1	Dieselolie	LAR_ingen	Overfladevand	0	Grøn
T1	1	Trichlorethylen	LAR_ingen	Overfladevand	0	Grøn

TABEL 8.7 KOBLING AF KLIMAELEMENTER OG RISIKOMATRICE TIL BESTEMMELSE AF RØD/GUL/GRØN KATEGORI

Lokalitet	Typologi	Modelstof	Klimaelement, Risiko	Overfladevand/grundvand	Point	Farve
T1	1	Trichlorethylen	GVD_mellem	Grundvand	4	Rød
T1	1	Trichlorethylen	VL_OVERSVOM_JA	Overfladevand	4	Rød

TABEL 8.8 UDPEGNING AF KOMBINATIONER MED LAVESTE KLIMA-ROBUSTHED

Bilag 4.2 Robusthed af forurenede lokaliteter (rød/gul/grøn) – landsdækkende

Bilag 4.3 Robusthed af forurenede lokaliteter (rød/gul/grøn) – Kolding Kommune

Bilag 4.4 Robusthed af forurenede lokaliteter (rød/gul/grøn) – Greve Kommune

Bilag 5 Gennemgang af testlokaliteter

Lokalitet K1

På lokaliteten er der udført en forureningsundersøgelse i 1999, fordi der i efteråret 1998 er konstateret olie i det nærliggende bæk, beliggende 250 m fra lokaliteten. I den laddækkende screening vurderes lokaliteten repræsenteret ved typologi 3. Mens lokaliteten ved nærmere gennemgang af rapporten, vurderes at være bedre repræsenteret af typologi 2, da der truffet aflejringer af sand og enkelte sandlinser i moræneleren. Generelt er der i området vekslende aflejringer af moræneler, smeltevandsler og smeltevandssand.

På lokaliteten er der konstateret en olieforurening med gasolie i jorden og det terrænnære grundvand. Regionen har ikke udført en risikovurdering i sagen, men da det primære magasin er beskyttet af ca. 50 meter ler, kan der ikke forventes en risiko for grundvandet. Derfor vurderes en mellemrobusthed (gul) af risikovurdering i forhold til grundvand ikke at være korrekt, idet en mindre stigning i grundvandsdannelse kun vil have lille effekt for den velbeskyttede magasin.

Med hensyn til overfladevand kan forureningen udgøre en risiko (i hvert fald har den udgjort en risiko i 1999). Derfor vurderes det, at screenings advarselslampe (gul) er berettiget i forhold til overfladevand. Såfremt der sker en øget udvaskning til det terrænnære grundvand på grund af en øget grundvandsdannelse, og/eller en stigning i grundvandsspejlet pga. LAR, vil dette sandsynligvis udgøre en større risiko for overfladevandet. Dog vil man på den konkrete sag, pga. forureningens alder, sandsynligvis ikke opleve en stigning i koncentrationen. Derudover er der jf. regionens arkiv udført afværgepumpning fra en nærliggende brønd for at forhindre yderligere spredning til bækken og en del af olieforurennet jord er opgravet.

Samlet set vurderes den gule angivelse af robustheden for denne lokalitet, at være korrekt for overfladevand. Det valgte modelstof og dybde i værktøjet stemmer overens med de registrerede i forbindelse med undersøgelsen jf. Tabel 6.1 i afsnit 6. Dog kan det overvejes, hvorvidt benzen er det retvisende modelstof i denne situation, da forureningen er karakteriseret som gasolie med en forventet lavere mobilitet. Der er ikke oplysninger om mobilitet og nedbrydning i undersøgelsen.

Vigtigste læringer:

- Forureningens alder, især for nedbrydelige stoffer som olie bør tages i betragtning
- Benzen kan være et for konservativt modelstof, når der anvendes "olie-benzin" som kortlægningårsag og der reelt er konstateret forurening med olie.
- Lerlagstykkelsen i forhold til udvalgte mobile stofgrupper.
- Evt. afværgeforanstaltninger bør tages i betragtning, dvs. status for lokaliteter på V2-niveau.

Lokalitet K2

På lokaliteten har der været salg af benzin og diesellole i perioden 1963-1976. Den angivne typologi i afrapporteringen at stemmer overens med den typologi, der er tildelt i forbindelse med screeningen jf. Tabel 6.1 i afsnit 6.

Lokaliteten er undersøgt af Oliebranchens Miljøpulje (OM) i 2004, og der blev konstateret en kraftig forurening med gasolie og petroleum. Forureningen blev konstateret ved olieudskilleren i 2-3,3 m u.t. I 2004 er der under OM-regi udført oprensning ved opgravning af olieforurennet jord til en dybde på ca. 3,5 m.u.t. Efter oprensningen vurderes forureningen ikke at udgøre en risiko i forhold til grundvandet eller overfladevand.

På denne baggrund vurderes den gule robusthed af risikovurderingen at være for konservativ, idet der i den landsdækkende screening ikke er taget hensyn til lokalitetens status som oprenset.

Ser man bort fra den gennemførte oprensning, vurderes den gule robusthed at være korrekt, da magasinet under lokaliteten er dårligt beskyttet, og en stigning i grundvandsdannelse ville kunne føre til en øget udvaskning. Lokaliteten ligger ikke i nærheden af overfladevand, hvorfor der ikke er vurderet en risiko herom.

De screenede modelstoffer og dybde i værktøjet stemmer rimelig overens med de stoffer der er beskrevet i afrapporteringen jf. Tabel 6.1 i afsnit 6. Der er ikke oplysninger om mobilitet og nedbrydning i undersøgelsen.

Vigtigste læringer:

- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening
- Afværgeforanstaltninger bør tages i betragtning, dvs. status for lokaliteter på V2-niveau.

Lokalitet K3

På ejendommen har der været salg af benzin i perioden 1964 til 1971 i forbindelse med købmandsforretning. Der er i 2006 udført en forureningsundersøgelse af Oliebranchens Miljøpulje (OM). Jf. borerne på lokaliteten består geologien af et sandet lag med moræneler på ca. 8 meter, hvorefter det øverste grundvandsmagasin træffes, dvs. ca. i 8 m u.t. Ved forureningsundersøgelsen er der påvist et mindre indhold af totalkulbrinter (18 µg/l) i det terrænnære grundvand (2-4 m u.t.). De valgte modelstoffer og dybde i værktøjet stemmer godt med de registrerede efter den gennemførte forureningsundersøgelse.

Lokaliteten er vurderet til ikke at udgøre en risiko i forhold til grundvandet på baggrund af de beskudne forureningsniveauer. I det landsdækkende screening er forureningsniveauerne ikke taget i betragtning, men på baggrund af forureningstype og klimapåvirkninger vurderes den oprindelige risikovurdering på lokaliteten at have en god robusthed. Lokaliteten er ikke beliggende nær overfladevand.

Samlet set for denne lokalitet, er der en rimelig overensstemmelse mellem den vurderede typologi på baggrund af undersøgelsen og den typologi, der er knyttet til lokaliteten i forbindelse med den landsdækkende screening. Der er endvidere overensstemmelse mellem tildelte modelstoffer og forureningsdybder jf. Tabel 6.1 i afsnit 6.

Vigtigste læringer:

- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening
- Lokaliteten er karakteriseret af beskeden forureningsniveauer, men dette er ikke taget i betragtning i screeningen

Lokalitet K4

På ejendommen har der de sidste ca. 100 år været smedje- og maskinforretning. Der i rapporten ikke angivet tilstrækkelig oplysninger om den aktuelle geologi til at vurdere, hvorvidt den anvendte typologi i screeningen er retvisende.

Ved en indledende forureningsundersøgelse i 2005 er der påvist forurening med tunge kulbrinter og tungmetaller i overfladejorden på ejendommen. I 2013 gennemføres der en videregående undersøgelse med henblik på at afgrænse forureningen. Der er fundet indhold af cadmium, der overskrider jordkvalitetskriterierne i 0,1 m u.t., mens forureningen med kulbrinter ikke er genfundet. Forureningen vurderes i rapporten ikke at udgøre en risiko for grundvandet, da cadmium er immobil.

På lokaliteten er der angivet dieselolie som årsag til kortlægningen, hvilket betyder, at det også er dette modelstof, som er anvendt i den landsdækkende screening (se Tabel 6.1 i afsnit 6). Der er

endvidere angivet cadmium som kortlægningsårsag jf. Tabel 6.1 i afsnit 6, men da de immobile tungmetaller ikke medtages i den landsdækkende screening, har dette stof ikke indflydelse på resultatet af robustheden. Det betyder, at lokaliteten egentlig ikke burde være screenet, men blot angivet som at have en robust risikovurdering på grund af fund med cadmium. Såfremt der ikke var angivet dieselolie som kortlægningsårsag, ville screeningsresultatet derfor med stor sandsynlighed have været retvisende.

Vigtigste læringer

- Det er afgørende for screeningsresultatet, at der er angivet de korrekte stoffer som kortlægningsårsag i forhold de faktiske oplysninger om lokaliteten efter den seneste undersøgelse.

Lokalitet K5

På lokaliteten er der i 2008 konstateret forurening med fyringsolie pga. lækage fra en villaolietank. Ejendommen ligger i et område, der består af ca. 3-4 meter moræneler, hvorefter der træffes sand. Denne type geologi repræsenteres godt af typologi 1, idet det øverste moræneler er stærk sandet. Der er konstateret en forurening med fyringsolie i jorden i 1,0-3,0 mut og i det terrænære grundvand (1-4 m u.t.). Det blev efter den gennemførte forureningsundersøgelse vurderet, at forureningen udgjorde en risiko i forhold til grundvandet, men ikke for overfladevand. På baggrund heraf blev der i 2010 udført afværgeforanstaltninger bestående af opgravning af det forurenede jord til ca. 3 m u.t. og etablering af dræn, da den efterladte restforureningen vurderes at blive nedbrudt på baggrund af Miljøstyrelsens erfaringsopsamling på villatanksager (Miljøstyrelsen, 2009).

De valgte modelstoffer og dybder i værktøjet stemmer godt med de registrerede jf. Tabel 6.1 i afsnit 6. Desuden stemmer antagelserne om nedbrydning overens med vurderingerne i den konkrete sag. I den landsdækkende screening kategoriseres lokaliteten som grøn, og det vurderes, at en mindre stigning i grundvandsdannelse ikke vil have en betydelig effekt på risikovurderingen. Ser man bort fra den gennemførte oprensning, vurderes den grønne robusthed at være korrekt. Selvom magasinet under lokaliteten er dårligt beskyttet, forventes forureningen at blive nedbrudt og dermed ikke udgøre en risiko selv ved en højere udvaskning. Lokaliteten ligger ikke i nærheden af overfladevand hvorfor der ikke er vurderet en risiko herom.

Jf. Tabel 6.1 i afsnit 6, er der god overensstemmelse mellem den angivne typologi, modelstoffer og tildelte dybder i screeningen.

Vigtigste læringer:

- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening
- Evt. afværgeforanstaltninger bør tages i betragtning, dvs. status for lokaliteter på V2-niveau.

Lokalitet K6

På lokaliteten har der været autoværksted og benzinsalg i perioden 1968-1988. Oliebranchens Miljøpulje (OM) har derfor udført undersøgelse og oprensning af benzinformeningen. På lokaliteten blev der under fyldlaget konstateret sand, sandmuld og ler til boringernes afslutning i 2 m u.t. Der er ikke yderligere oplysninger om de dybere geologiske forhold. Men det antages at typologi 1 er repræsentativ for denne lokalitet.

Ved supplerende undersøgelser i 2008 og 2009 er der konstateret en lettere forurening med tunge oliekomponenter, PAH'er og tungmetaller i ca. 0,9 m u.t. Da forureningen består af immobile komponenter blev det vurderet, at forureningen ikke udgør en risiko for grundvand eller overfladevand.

De valgte modelstoffer og dybde i værktøjet stemmer godt med de registrerede. Dog, er valget af dieselolie som modelstof konservativ, idet dieselolie er mere mobil end tungere olikomponenter som ofte findes ved gamle forureninger. Som specifikke stoffer er der angivet olie og oliekomponenter som kortlægningsårsag. Disse har alle fået tildelt modelstoffet *dieselolie*. Dybden, hvor der er påvist indhold af PAH er i god overensstemmelse med screeningsdybden for dette modelstof.

Ved den landsdækkende screening vurderes risikovurderingen for lokaliteten at være mellem robust (gul), idet de udvalgte modelstoffer er mere mobile end dem, som er konstateret i forbindelse med de seneste undersøgelser. Lokaliteten ligger ikke i nærheden af overfladevand, hvorfor der ikke er vurderet en risiko herom.

Vigtigste læringer:

- Forureningens alder, især for nedbrydelige stoffer som olie bør tages i betragtning.
- De udvalgte modelstoffer for PAH'er og gammel dieselolie er muligvis for konservative (for mobile)

Lokalitet G1

På lokaliteten har der bl.a. været smedeværksted med brug af trichlorethylen. Geologien består af sandet moræneler med indslag af vandførende sand og grus ved ca. 2-4 og 6-7 m.u.t. Herunder træffes der et sandlag fra 8,3 til 9,4 m u.t., hvorefter der træffes tør moræneler til ca. 16 m u.t, hvor det primære magasin træffes. Således vurderes det, at lokaliteten repræsenterer typologi 3.

Der er ved undersøgelser i 2001 og 2002 påvist forurening med tungmetaller i overfladejorden samt en kraftig forurening med TCE og totalkulbrinter i det sekundære grundvand (2,5-4,5 m u.t.), TCE i jord i ca. 4 m u.t. samt vinylchlorid i det primære magasin, som ikke er afgrænset. Det er uvist om forurening stammer fra ejendommen eller fra nabolokaliteterne. Forureningen vurderes på baggrund af undersøgelsen at udgøre en risiko for grundvandet. Der er ikke foretaget en vurdering over for overfladevand.

I resultatet fra den landsdækkende screening er der medtaget modelstofferne TCE (pga. TCE, PCE, dichlorethylen og vinylchlorid), benzen (pga. olie-benzin) og MCP (pga. pesticider, sum). Det er usikkert, hvorfor der er angivet pesticider som kortlægningsårsag på lokaliteten. Hvad de chlorerede opløsningsmidler og olieprodukterne angår, vurderes der her at være god overensstemmelse og de anvendte dybder stemmer godt med forholdene på lokaliteten.

Ved den landsdækkende screening vurderes risikovurderingen for lokaliteten at være mellem robust (gul) for både grundvand og overfladevand, idet det vurderes at en stigning i grundvandsspejlet pga. LAR ville kunne føre til en øget risiko for grundvand og overfladevand. En stigning i grundvandsspejlet på det pågældende lokalitet, vurderes på baggrund af undersøgelsesresultaterne at kunne føre til en større kontakt mellem grundvandet og forureningen, og dermed en større mobilisering af chlorerede opløsningsmidler. Resultatet af den landsdækkende screening vurderes således at være korrekt.

Vigtigste læringer:

- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening.

Lokalitet G2

På lokaliteten har der været metalvarefabrik. Geologien består af sandet moræneler med indslag af vandførende sand og grus ved ca. 2-4 og 6-7 m.u.t. Herunder træffes der set sandlag fra 8,3 til 9,4 m u.t., hvorefter der træffes tør moræneler til ca. 16 m u.t hvor det primære magasin træffes. Således vurderes det at lokaliteten repræsenterer typologi 3. Ved forureningsundersøgelse i 2003 er der påvist kraftig forurening med chlorerede opløsningsmidler (TCE og cis-DCE) i jorden (3,5 m u.t) og

i det terrænnære sekundære grundvand (ca. 100 mg/l 5-6 m u.t.) og det sekundære grundvandsmagasin (ca. 32000 µg/l i 8-10 m u.t.). I det primære magasin er der truffet indhold af VC på 1,3 µg/l. Det er uvist om forurening stammer fra ejendommen eller fra nabolokaliteterne. De valgte modelstoffer og dybde i værktøjet stemmer godt med de registrerede.

På baggrund af ovenstående vurderes forureningen at udgøre en risiko for grundvandet. Der er ikke foretaget en vurdering af risikoen for overfladevand. Der er i siden udført afværgeforanstaltninger i form af afværgepumpning i det sekundære grundvandsmagasin (8-10 m u.t.) og vakuumventilering af poreluft med det formål at reducere forureningsspredning og nedsivning i det primære magasin. Afværge er forsat i drift og afhængig af dens effektivitet kan risikoen over for grundvandet revurderes.

Ved den landsdækkende screening vurderes risikovurdering for lokaliteten at være mellem robust (gul) for både grundvand og overfladevand på grund af en øget grundvandsdannelse. Der er ikke taget hensyn til de gennemførte afværgeforanstaltninger. Denne angivelse vurderes på baggrund af undersøgelsesresultaterne at være retvisende, da en øget grundvandsdannelse vil føre til en større kontakt mellem grundvandet og forureningen, og dermed en større mobilisering af chlorerede opløsningsmidler.

Vigtigste læringer:

- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening.
- Evt. afværgeforanstaltninger bør tages i betragtning, dvs. status for lokaliteter på V2-niveau.

Lokalitet G3

På ejendommen har der været industrilakereri i perioden 1975-1994. Geologien karakteriseres af 12-13 meter moræneler direkte oven på kalkoverfladen med få, ikke gennemgående indslag af sand. Dermed vurderes lokaliteten at repræsentere typologi 2, og ikke typologi 3 som det fremgår af den landsdækkende screening.

Der er udført forureningsundersøgelser, som har påvist forurening med trichlorethylen og BTEX i jorden til ca. 6 m u.t. Der blev endvidere påvist forurening med TCE og nedbrydningsprodukter i det sekundære grundvand og i toppen af det primære magasin. Der er i 2003 udført afværge ved bortgravning af hotspotområder. Der er dog efterladt restforurening med chlorerede opløsningsmidler, mens forureningen med BTEX blev bortgravet. Da forureningen har spredt sig til det primære magasin, vurderes lokaliteten stadig at udgøre en risiko. Der er ikke foretaget en vurdering af risikoen over for overfladevand.

Ved den landsdækkende screening vurderes risikovurderingen for lokaliteten at være mellem robust (gul) for grundvandet, ved evt. stigning af grundvandsdannelse eller grundvandsspejl (ved LAR) som kan føre til øget udvaskning. Vurderingen vurderes at være korrekt. Lokaliteten vurderes ikke at udgøre en risiko for overfladevand. De valgte modelstoffer i forbindelse med screeningen og dybde i værktøjet, stemmer godt med de registrerede chlorerede opløsningsmidler på baggrund af den seneste afrapportering.

Vigtigste læringer:

- Grænsefladen mellem typologi 3 og 2 kan være noget usikker.
- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening.

Lokalitet G4

På lokaliteten har der været stålindustri siden 1962 med affedtning af metalemner. Geologien i området består af 12-13 meter moræneler med indslag af smeltevandssand i 6-7 og 8-10 m. Det vurderes at være repræsenteret af typologi 3.

Der er påvist forurening med TCE, tungmetaller og totalkulbrinter. Der er i 2001 foretaget en oprensning af forurening med total kulbrinter og tungmetaller. Forurening med TCE er konstateret i det sekundære grundvandsmagasin med koncentrationer op til 92 µg/l. Der er konstateret indhold af chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter i det primære magasin på 1,3 µg/l. Redoxforhold i det primære magasin er reducerede. På den baggrund blev det vurderet, at forureningen udgør en risiko i forhold til grundvandet og det blev anbefalet at udføres monitoring på lokaliteten for at følge udviklingen i det primære magasin.

Ved den landsdækkende screening vurderes risikovurderingen for lokaliteten at være mellem robust (gul) for grundvandet, ved evt. stigning af grundvandsspejlet som kan forekomme ved etablering af LAR anlæg. Vurderingen vurderes at være korrekt. Lokaliteten vurderes ikke at udgøre en risiko for overfladevand. De valgte modelstoffer og dybde i værktøjet stemmer godt med de registrerede.

Vigtigste læringer:

- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening

Lokalitet G5

På lokaliteten har der været værkstedsaktiviteter. Geologien består af ca. 16 meter moræneler der overlejrer det primære magasin, svarende til typologi 2, og ikke typologi 3 som det fremgår af den landsdækkende screening.

Der er påvist forurening med petroleum, tungere olie, bly og PAH'er på ejendommen i overfladejorden (0,5-1,0 m u.t.). De valgte modelstoffer og dybde i værktøjet stemmer godt med de konstaterede, hvad PAH'er angår. De påviste forureninger vurderes ikke at udgøre en risiko i forhold til grundvand pga. stoffernes lav mobilitet.

Ved den landsdækkende screening vurderes risikovurderingen for lokaliteten at være robust for grundvandet (ingen risiko), hvilket stemmer overens med konklusionen fra undersøgelsen. Mens der for overfladevand vurderes en ringe robusthed ved stigning i vandspejlet pga. LAR, hvad risikoen fra PAH-forureningen angår. Sådant en stigning kunne føre til en mobilisering af forurening, eksempelvis igennem ledninger mod den nærliggende overfladevand. Vurderingen vurderes at være korrekt, selvom den muligvis er for konservativ, da fluoranthen er et af de mest mobile PAH'er.

Vigtigste læringer:

- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening.
- Vurdering i forhold til risikoen ved PAH'erne kan være for konservativ ved lave forureningsniveauer, hvor der sandsynligvis kun kan forventes en minimal risiko.

Lokalitet G6

På lokaliteten har der været smede- og autoværksted. Geologien består af ca. 16 meter moræneler, der overlejrer det primære magasin, svarende til typologi 2, og ikke typologi 3 som det fremgår af den landsdækkende screening.

Der er udført forureningsundersøgelse, hvor der er konstateret forurening med petroleum og tungere olie. Forureningen vurderes på baggrund af undersøgelsen at kunne udgøre en risiko i forhold til grundvandet. Der er ikke foretaget en vurdering i forhold til overfladevand.

Ved den landsdækkende screening vurderes risikovurderingen for lokaliteten at være mellem robust for grundvandet (gul) ved hævet vandspejl pga. evt. LAR, hvilket vurderes at være korrekt da en stigning i vandspejlet kan mobilisere forurening i den nu umættede zone og føre til en øget udvaskning. Lokaliteten ligger ikke i nærheden af overfladevand, og dermed er robustheden for overfladevand ikke vurderet. Modelstoffet dieselolie, vurderes at være repræsentativt for petroleum. I den landsdækkende screening er der endvidere anvendt modelstoffet fluoranthen, hvilket vurderes at være repræsentativt for den påviste forurening med tunge oliekomponenter. De registrerede dybder stemmer godt med screeningens antagelser.

Vigtigste læringer:

- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening.
- Fluoranthen vurderes at kunne være et repræsentativt modelstof for den tungere oliefraktion.

Lokalitet G7

På lokaliteten har der været landbrug med vaskeplads og traktorgarage. Geologien på lokaliteten består af vekslende lag af moræneler, sand og grus til 14 m u.t., hvor kalken indtræffes. Således vurderes lokaliteten at være repræsentativ for typologi 3.

Der er ved undersøgelsen konstateret forurening med gasolie og petroleum i jorden, PAH'er og bly i overfladejorden samt forurening med benzin i det terrænnære grundvand (1-3 mut). På baggrund af undersøgelsens resultater og den påviste benzinforurening, blev der vurderet en risiko i forhold til grundvandet. Der er ikke foretaget en risikovurdering over for overfladevand.

Risikovurderingen i screeningen er udført med fluoranthen og dieselolie som modelstoffer og vurderes at være mellem (gul), idet der ved stigning i grundvandsspejlet og/eller øget grundvandsdannelsen forventes en øget udvaskning til grundvandet. Denne vurdering anses for at være retvisende. Der er dog ikke foretaget en vurdering i forhold til benzinforureningen, da dette stof ikke har været angivet som kortlægningsårsag. Lokaliteten ligger ikke i nærheden af overfladevand, og dermed er robustheden for overfladevand ikke vurderet.

De anvendte forureningsstoffer og dybder i den landsdækkende screening stemmer til dels med de konstaterede stoffer ved undersøgelsen. På lokaliteten er der registreret en benzinforurening som ikke fremgår i screeningen. Det vil sige, at der burde være screenet for modelstoffet, benzin, også. Det vurderes dog ikke at ændre på vurderingen af robustheden af risikovurderingen på denne lokalitet.

Vigtigste læringer:

- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening.
- Det kan have betydning for screeningsresultatet, at der er angivet de korrekte stoffer som kortlægningsårsag i forhold de faktiske oplysninger om lokaliteten efter den seneste undersøgelse.

Lokalitet G8

På lokaliteten har der været træimprægnering og maskinreparationsværksted. Geologien på lokaliteten består af vekslende lag af moræneler, sand og grus til 14 m u.t., hvor kalken indtræffes. Således vurderes lokaliteten at være repræsentativ for typologi 3.

Der er ved undersøgelse konstateret forurening med petroleum, gasolie og arsen i de terrænnære jordlag. Desuden er der konstateret forurening med gasolie i det terrænnære grundvand. Det blev på

baggrund af forureningsundersøgelsen vurderet, at forureningen kan udgøre en risiko i forhold til grundvandet. Der er ikke foretaget en risikovurdering over for overfladevand.

Robustheden af risikovurderingen over for grundvand er vurderet til at være mellem (gul), idet der ved øget grundvandsdannelse, kan der forventes en øget udvaskning til grundvandet. Denne vurdering anses for at være retvisende. Lokalteten ligger ikke i nærheden af overfladevand, og dermed er robustheden for overfladevand ikke vurderet.

De anvendte forureningsstoffer og dybder i den landsdækkende screening stemmer overens med de konstaterede i forbindelse med forureningsundersøgelsen.

Vigtigste læringer:

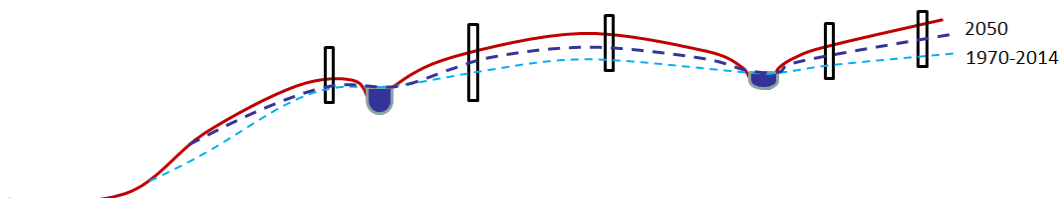
- Generel god overensstemmelse mellem den lokalitetsspecifikke vurdering og den landsdækkende screening.

Referencer

Miljøstyrelsen, 2009, Erfaringsopsamling på udbredelsen af forureningsfaner i grundvand på villatanksager. Miljøprojekt nr. 1309, 2009.

Bilag 6 Terrænnært grundvandspejl

Det hævdede grundvandspejl vurderes på baggrund af en analyse foretaget af NIRAS. Analysen omfatter en kortlægning af den terrænnære grundvandsstand, dels den nuværende terrænnære grundvandsstand (1970-2014) samt en fremskrivning af den terrænnære grundvandsstand i år 2020-2050. Figur angiver en principskitse for udarbejdelsen af terrænnær grundvandsstand.



FIGUR 1. PRINCIPSKITSE FOR BEREGNING AF DEN TERRÆNNÆRE GRUNDVANDSSTAND I HHV. REFERENCEPERIODE (1970-2014) OG I ÅR 2020-2050.

Terrænnære grundvandsstand (1970-2014)

Datagrundlaget for den terrænnære grundvandsstand (1970-2014) baseres på baggrund af følgende data:

- 1) Pejlinger som repræsenterer det terrænnære GV
- 2) Støttepunkter langs vandløb (1 mut)
- 3) Støttepunkter langs søer (0 mut)
- 4) Støttepunkter langs kyst (kote 0 m)

Ad1) Der laves udtræk af pejlinger fra Jupiter-databasen på baggrund af følgende kriterier

- Pejlinger før 1970 frasorteres
- Alle pejlinger målt i drift frasorteres
- Til hver boring bestemmes dybde til øverste filtermidte. Filtermidte for boringer uden filteroplysninger bestemmes på baggrund af boringsdybde. Boringer uden filter- og boringsdybde frasorteres.
- Tykkelsen af ler over filtermidte bestemmes. Ukendte sedimenter ("X"), antages at være ler.
- Pejlinger med lertykkelse over 2 m frasorteres, dog bibeholdes alle pejlinger i 0-10 mut.

Ad2) Der indlægges støttepunkter for hver 250 m langs alle vandløb som er indeholdt i FOT vandløbstemaet (GeoDanmark, 2015a). Vandspejlskoten til hvert støttepunkt bestemmes pba. 10x10 m digital højdemodel (Geodatastyrelsen, 2015), fratrukket 1 m.

Ad3) Der indlægges støttepunkter for hver 250 m langs alle søer > 10 ha som er indeholdt i FOT søtema (GeoDanmark, 2015b). Vandspejlskoten til hvert støttepunkt bestemmes på baggrund af digital højdemodel (Geodatastyrelsen, 2015).

Ad 4) Der indlægges støttepunkter for hver 250 m langs kystlinien i kote 0 m.

Der er ikke foretaget kvalitetssikring af potentialekortet, men umiddelbart vurderes det til i nogle områder at estimere en for høj terrænnær grundvandsstand. Det er primært områder hvor den terrænnære grundvandsstand er bestemt på baggrund af støttepunkter i vandløb uden kendskab til terrænnære pejlinger. En for høj estimering af grundvandsstanden er således konservativt ift. denne opgave og vil give flere lokaliteter der er i risiko ift. grundvandspejlet.

Bilag 4.3 viser afstanden til det terrænnære grundvandsspejl. Det ses, at der generelt set er lille afstand til det terrænnære grundvandsspejl i den sydvestlige del af Jylland. Mange steder i Østjylland er der omvendt noget længere til grundvandsspejlet. På Fyn varierer afstanden generelt uden et entydigt billede. På Sjælland er der generelt lille afstand til grundvandsspejlet, men dog med en tendens til større afstand i nordøst-Sjælland.

Terrænnære grundvandsstand (2020-2050)

Datagrundlaget for den terrænnære grundvandsstand (2020-2050) baseres på baggrund af følgende data:

- 1) Pejlinger som repræsenterer det terrænnære GV + GEUS modelberegnet grundvandsstigning (våd klimamodel)
- 2) Støttestruer langs vandløb (1 mut)
- 3) Støttestruer langs søer (0 mut)
- 4) Støttestruer langs kyst (kote 0,4 m)

Ad1) Fremskrivning af den terrænnære grundvandsstand foretages pba. GEUS grundvandskort over stigning i grundvandsstand (KFT, 2012). For alle borerer adderes grundvandsstigningen til den observerede vandstand.

Ad2) Der foretages ingen ændringer ift. terrænnær grundvandsstand (1970-2014)

Ad3) Der foretages ingen ændringer ift. terrænnær grundvandsstand (1970-2014)

Ad4) Til støttestruer langs kyst adderes 40 cm, svarende til stigningen i middel havvandsstand.

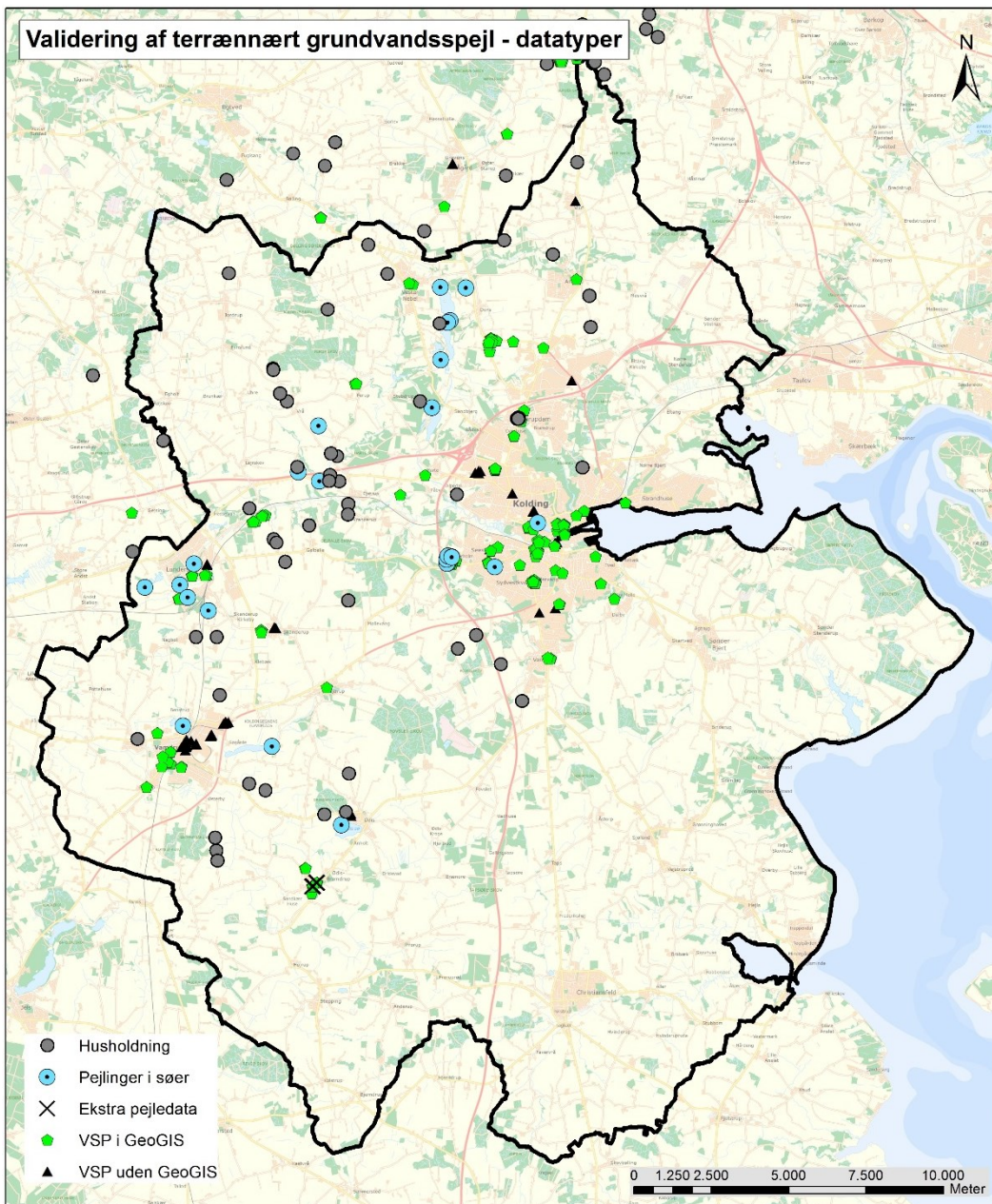
På bilag 4.4 og figur 3-3 er GEUS grundvandskort med stigning i grundvandsstand vist. Det ses, at stigningen i grundvandsstand sker i størrelsesordenen 0-5 meter. Langt de fleste områder stiger grundvandsstanden mellem 0-1 m. I Jylland er stigninger på over 1 m primært relateret til Bakkeøerne, Himmerland og den jyske højderyg. På Fyn er de største stigninger knyttet til den sydøstlige og sydvestlige del, mens det på Sjælland primært er i den nordlige del af Sjælland.

Validering af terrænnær grundvandsstand

Kolding Kommune har i forbindelse med deres klimatilpasningsplan indsamlet pejledata til vurdering af den nuværende placering af det terrænnære grundvandsspejl på baggrund af følgende datakilder:

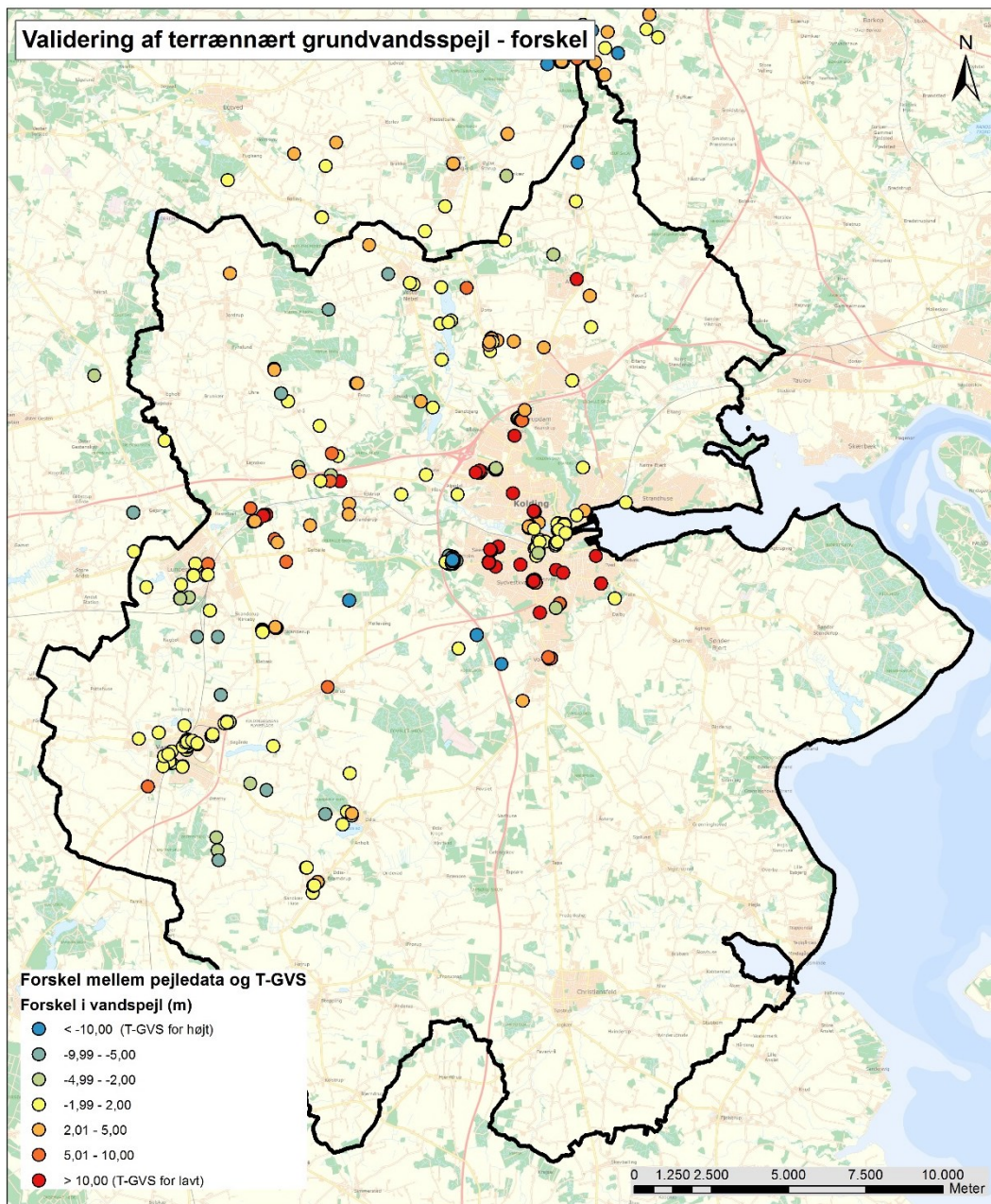
- Pejlinger fra undersøgelser, der ikke findes i GeoGis – 93 stk.
- Pejlinger fra undersøgelser, der findes i GeoGis – 460 stk.
- Ekstra pejlinger – 30 stk.
- Husholdning (opsøede borer og pejlinger) – 80 stk.
- Søer (indsamlede sø vandspejl) – 41 stk.

I det efterfølgende omtales ovenstående data som GeoGis. Undersøgelsen har ikke omfattet den sydøstlige del af kommunen. Fordelingen af pejlinger fremgår af Figur 2.



FIGUR 2. FORDELINGEN AF PEJLINGER I KOLDING KOMMUNES DATASÆT.

Ovenstående pejlinger er sammenlignet med det terrænnære potentialekorts vandspejlskote i de pågældende punkter og forskellen er beregnet, se Figur 3. Her ses det at boringer i det centrale Kolding samt mange i den resterende del af kommunen ligger inden for +/- 2 meter. En del boringer i det sydligere Kolding underestimeres dog i det terrænnære potentialekort. Flere steder ses der også eksempler på at det terrænnære potentialekort overestimerer grundvandsspejlet, f.eks. i det sydvestlige Kolding. Ved sammenligning med det terrænnære grundvandsspejl ligger 213 ud af 704 pejlinger inden for +/- 2 meter, mens 454 ud af 704 pejlinger ligger inden for +/- 5 meter. Derudover er der 142 pejlinger hvor forskellen er større end 10 m, en forskel som oftest medfører at det terrænnære grundvandsspejl underestimeres – i mange tilfælde skyldes dette manglende datatæthed i det terrænnære potentialekort. GeoGIS boringer m.fl. må derfor anses at kunne bidrage positivt ift. at få et fyldtestgørende potentialekort for det terrænnære grundvandsspejl.



FIGUR 3 FORSKELLEN MELLEM DET LANDSDÆKKENDE GRUNDVANDSSPEJL OG DET LOKALE DATASÆT.

I områder hvor der findes et af ovenstående datasæt samt terrænnære pejlinger fra Jupiter-databasen er der lavet en sammenligning:

- Uoverensstemmelse mellem GeoGis pejlinger og terrænnært grundvandsspejl skyldes at det terrænnære grundvandsspejl medtager boringer som formentlig ikke repræsenterer det terrænnære grundvandsspejl. F.eks. er der ved Almind By to Jupiter-pejlinger: en kort boring samt en dybere med sand mellem terræn og filter. Pejlingerne i disse to boringer afviger væsentligt fra hinanden og den dybe boring repræsenterer formentlig ikke det terrænnære grundvandsspejl.
- Hvis der ikke findes pejlinger mellem to vandløb interpoleres der mellem vandløbene – herved fås en lavere terrænnær grundvandsstand end der er tilfældet. Dette giver anledning til underestimering af det terrænnære grundvandsspejl.

- Jupiter-pejletæthed i byer er lav, mens GeoGis-pejletæthed er høj. Her vil GeoGis kunne forbedre det terrænnære grundvandsspejl væsentligt – eksempelvis i det sydlige Kolding.
- Uoverensstemmelse ved søer. Hvis det terrænnære potentialekort ikke inkluderer en given sø vil potentialet ikke trækkes op nær terræn og det terrænnære grundvandspotentiale vil blive underestimeret.
- I områder hvor Jupiter-pejletæthed og GeoGis-pejletæthed er høj er der generelt set god overensstemmelse – eksempelvis ved Vamdrup.

[Bagsideoverskrift]
[Bagside tekst}



Naturstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.nst.dk