



Miljøministeriet  
Naturstyrelsen

# Redegørelse for Viborg Syd

**Afgiftsfinansieret grundvandskortlægning 2011**

**Titel:** Afgiftsfinansieret grundvandskortlægning - Redegørelse for Viborg Syd området 2011

**Emneord:** Afgiftsfinansieret grundvandskortlægning, geologisk kortlægning, grundvandsmagasin, grundvandsbeskyttelse, grundvandskemi, nitrat, indvinding, vandværk, geofysik, potentialeforhold, strømningsretning, indvindingsopland, boringer, arealanvendelse, forureningskilde, sårbare områder, Områder med Særlige Drikkevandsinteresser.

**URL:** [www.nst.dk](http://www.nst.dk)

**ISBN:** 978-87-7279-271-2

**Udgiver:** Miljøministeriet  
Naturstyrelsen Vestjylland  
Holstebrovej 31, 6950 Ringkøbing  
Telefon 72 54 30 00  
VES@nst.dk  
[www.nst.dk](http://www.nst.dk)

**Udgiverkategori:** Statslig

**År:** 2011

**Sprog:** Dansk

**Copyright©** Må citeres med kildeangivelse.  
Miljøministeriet, Naturstyrelsen

**Grundkortmateriale:** Copyright © Kort- og Matrikelstyrelsen

## Indholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Beskrivelse af området</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Geologiske forhold</b>	<b>7</b>
2.1.1	Landskabsanalyse	7
2.1.2	Den prækvartære flade og begravede dale	11
2.1.3	Den regionalgeologiske ramme	12
<b>2.2</b>	<b>Geologisk og hydrostratigrafisk model</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Grundvandsmagasiner og lerdæklag</b>	<b>17</b>
2.3.1	Det dybe magasin (Sand 3 – Modellag 5).	17
2.3.2	Det mellemste magasin (Sand 2 – Modellag 3)	20
2.3.3	Det øverste magasin (Sand 1 – Modellag 1)	22
<b>2.4</b>	<b>Hydrologiske forhold</b>	<b>23</b>
2.4.1	Vandløb og søer	23
2.4.2	Potentialeforhold	24
2.4.3	Vandindvinding	29
2.4.4	Indvindingsoplande	31
<b>2.5</b>	<b>Grundvandskemi</b>	<b>32</b>
2.5.1	Nitrat	32
2.5.2	Sulfat	34
2.5.3	Klorid	37
2.5.4	Ionbytning	38
2.5.5	Hårdhed og forvittringsgrad	40
2.5.7	Vandtyper	44
2.6	Arealanvendelse og forureningskilder	46
2.6.1	Skovrejsning	47
2.6.2	Nitratbelastning	48
2.6.3	Anden arealanvendelse	50
2.6.4	Jordforurening	51
<b>3</b>	<b>Områdeudpegning</b>	<b>53</b>
<b>3.1</b>	<b>Vandværkernes indvindingsoplande</b>	<b>53</b>
<b>3.2</b>	<b>Område med særlige drikkevandsinteresser</b>	<b>54</b>
<b>3.3</b>	<b>Nitratfølsomme indvindingsområder</b>	<b>55</b>
3.4	Indsatsområder med hensyn til nitrat	62
<b>4</b>	<b>Anbefalinger og indsatser</b>	<b>64</b>
<b>4.1</b>	<b>Generelle indsatser</b>	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>Vandværker</b>	<b>65</b>
<b>5.1</b>	<b>Viborg Vandværk Syd</b>	<b>65</b>
5.1.1	Geologiske forhold	66
5.1.2	Potentialeforhold og indvindingsopland	67
5.1.3	Grundvandskemi og sårbarhed	68
5.1.4	Arealanvendelse og forureningskilder	71
5.1.5	Indsatser	72
<b>5.2</b>	<b>Bruunshåb Vandværk</b>	<b>73</b>
5.2.1	Geologiske forhold	74
5.2.2	Potentialeforhold og indvindingsopland	75
5.2.3	Grundvandskemi og sårbarhed	76
5.2.4	Arealanvendelse og forureningskilder	76
5.2.5	Indsatser	78
<b>5.3</b>	<b>Almind Kirke Vandværk</b>	<b>79</b>

5.3.1	Geologiske forhold	80
5.3.2	Potentialeforhold og indvindingsopland	81
5.3.3	Grundvandskemi og sårbarhed	82
5.3.4	Arealanvendelse og forureningskilder	85
5.3.5	Indsatser	86
<b>5.4</b>	<b>Almind Hede Vandværk</b>	<b>87</b>
5.4.1	Geologiske forhold	88
5.4.2	Potentialeforhold og indvindingsopland	89
5.4.3	Grundvandskemi og sårbarhed	90
5.4.4	Arealanvendelse og forureningskilder	92
5.4.5	Indsatser	92
<b>5.5</b>	<b>Skelhøje Vandværk</b>	<b>93</b>
5.5.1	Geologiske forhold	94
5.5.2	Potentialeforhold og indvindingsopland	95
5.5.3	Grundvandskemi og sårbarhed	96
5.5.4	Arealanvendelse og forureningskilder	99
5.5.5	Indsatser	100
<b>6</b>	<b>Referencer</b>	<b>101</b>

# 1 Indledning

Grundvandskortlægningen blev tidligere udført som led i amternes administration af vandforsyningsloven, ifølge hvilken amterne skulle kortlægge vandressourcernes beliggenhed, størrelse, kvalitet og naturlige beskyttelse mod forurening, samt gennemføre en zonerings af områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og af indvindingsoplande til almene vandforsyninger.

Formålet med zoneringsen er:

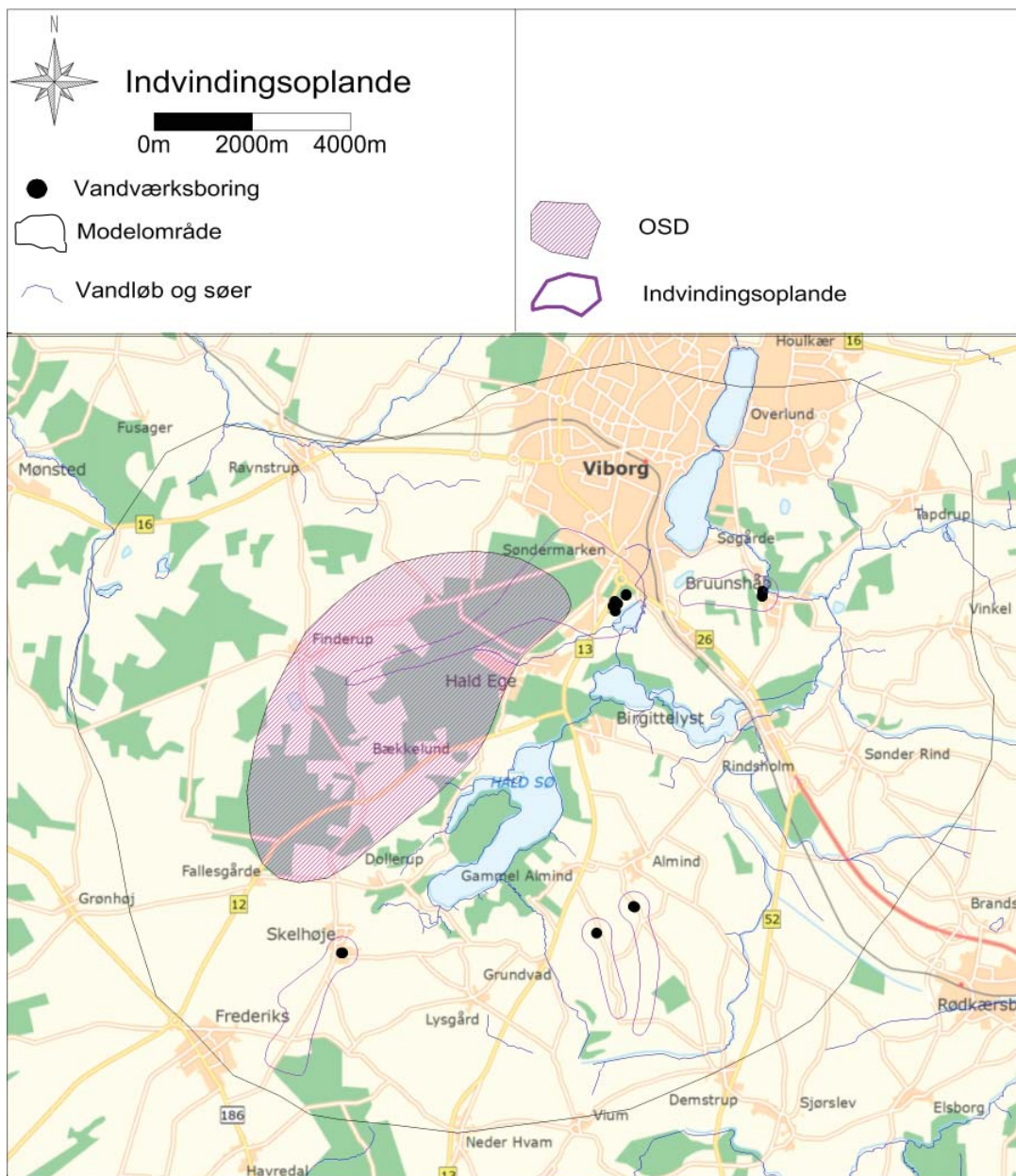
- At opnå en afgrænsning af delområder, der er særligt følsomme overfor én eller flere typer forurening, med angivelse af hvilken eller hvilke typer forurening de anses for følsomme overfor.
- At opnå en afgrænsning af områder, hvor en særlig indsats til beskyttelse af grundvandet er nødvendig.

Zoneringsen danner grundlag for udarbejdelse af indsatsplaner for grundvandsbeskyttelsen. Selve kortlægningen af grundvandsressourcerne varetages i dag af Naturstyrelsens enheder, som er en del af Miljøministeriet, mens indsatsplaner for grundvandsbeskyttelse udarbejdes af kommunerne jf. Vandforsyningsloven.

Denne rapport sammenfatter den hidtidige kortlægning i område i et område med særlige drikkevandsinteresser syd for Viborg (se figur 1.1) og skal således danne grundlag for Viborg Kommunes indsatsplanlægning i dette område.

Rapporten er opbygget således, at kapitel 2 er et grundlæggende kapitel, som giver et regionalt overblik over områdets geologi og grundvandsforekomster. Kapitel 3 omhandler de forskellige områdeudpegninger og kapitel 4 omhandler anbefalingerne og indsatsforslagene generelt for OSD og i kapitel 5 specifikt for hvert almene vandværk.

Der er 5 almene vandværker i området: Viborg Vands kildeplads syd for Viborg kaldet "Viborg Syd", Bruunshåb Vandværk, Skelhøje Vandværk, Almind Hede Vandværk og Almind Kirke Vandværk.



Figur 1.1: Kortlægningsområdet med oprindeligt OSD samt indvindingsoplande til de 5 vandværker. Afgrænsningen af den opstillede hydrologiske model er også angivet.

# 2 Beskrivelse af området

Kapitel 2 er en gennemgang af geologiske og hydrologiske forhold samt af vandforsyningsstrukturen og arealanvendelsen.

Kortlægningsgrundlaget, som består af kortlægningsresultaterne fra de forskellige kortlægninger og modeller der er udført og opstillet i området, præsenteres løbende gennem rapporten.

## 2.1 Geologiske forhold

Der er foretaget en sammenstilling af geologien i kortlægningsområdet Viborg Syd, bl.a. på baggrund af "Grundvandsmodel for Viborg Syd kortlægningsområde" /1/. "Hydrostratigrafisk model og grundvandsmodel for OSD-Viborg Nord" /2/. "Viborg Syd boringsregistrering, synkronpejlerunde og potentialekort" /3/. "Landskabskort over Danmark" /4/. "Geologisk set – det mellemste Jylland" /5/. Digital højdemodel over DK /6/. Jordartskort. 1:200.000 /7/. SESAM Boring DGU nr. 56.1086 og 56.1087 /8/. "Danmarks geologi fra Kridt til i dag" /9/. "Dataindsamling, processering og tolkning af SkyTEM data i området Viborg Syd" /10/. Undersøgelsesboring DGU nr. 66.2037 /11/. Undersøgelsesboring DGU nr. 66.2038 /12/. "Miljøcenter Ringkøbing regionale potentialekort" /13/.

Der fokuseres både på de kvartære og miocæne aflejringer, idet indvindingsinteresserne i området er knyttet til begge aflejringstyper, men overvejende til de kvartære aflejringer i de begravede dale, der regnes som de vigtigste grundvandsmagasiner i området. Naturstyrelsen har på basis af den udførte kortlægning opstillet en hydrostratigrafisk model for området.

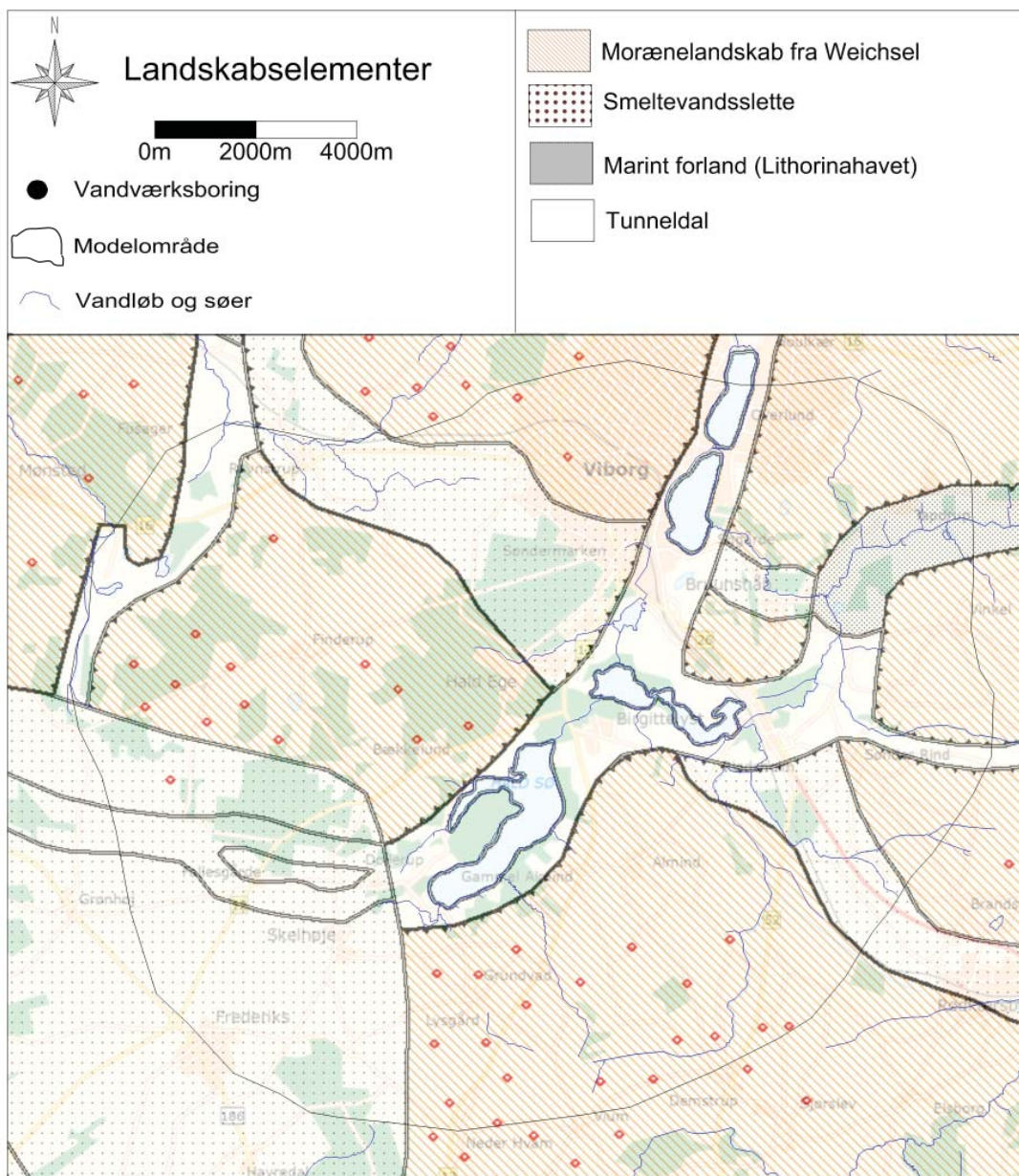
### 2.1.1 Landskabsanalyse

På figur 2.1 er vist et udsnit af Per Smeds "Landskabskort over Danmark" /4/ over området syd for Viborg. Området belyser landskabsudviklingen omkring Hovedopholdslinien, hvor den knækker fra nord-sydlig til øst-vestlig retning

(figur 2.1). Uden for Hovedopholdslinien (mod sydvest) findes smeltevandssletten Alheden. Inden for Hovedopholdslinien (mod nord og øst) et dødislandskab med et stort dalsystem indeholdende Hald Sø. Det mest karakteristiske ved landskabet omkring Hovedopholdslinien i dette område er at linien tegner sig som grænsen mellem et udstrakt dødislandskab og en smeltevandsslette. Derimod er egentlige randmoræner, sådan som de kendes andre steder langs Hovedopholdslinien, ikke til stede.

Dødislandskabet dækker en flere km bred zone henholdsvis nord og øst for Hovedopholdslinien. Det er et småkuperet landskab med talrige afløbsløse lavninger. Ved den nord-sydgående del af isranden er terrænhøjden næsten den samme på begge sider af linjen (figur 2.2). Derimod ligger dødislandskabet langs den øst-vest gående del af israndslinien iøjnefaldende lavere, ca. 10 m, end smeltevandssletten.

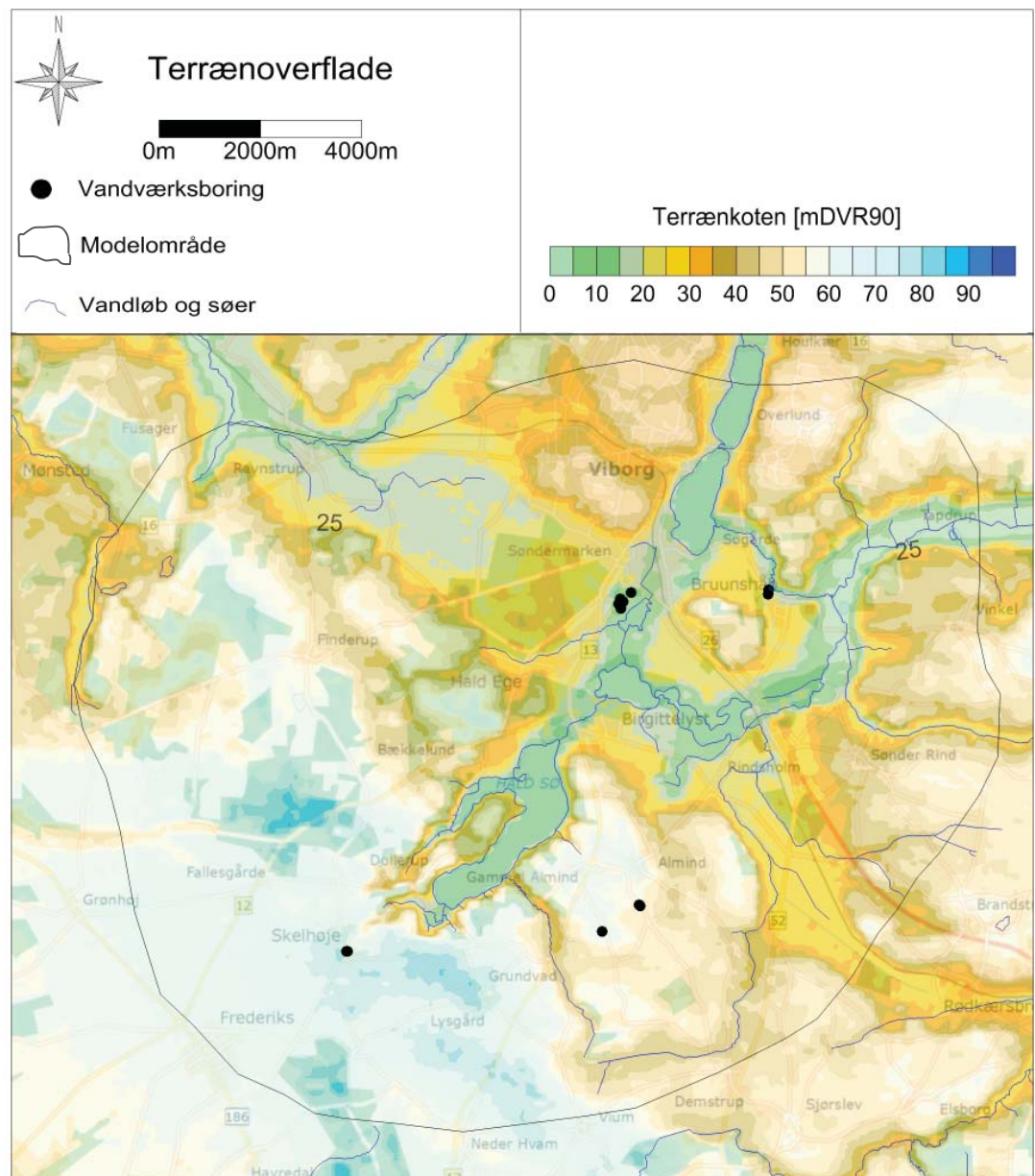
Fra dødisen strømede afsmeltningsvandet ud og aflejrede sand og grus som en jævn, svagt skrånende smeltevandsslette. Selv om der nok har været vandudsivning langs hele isranden, så er det tydeligt, at der visse steder har været større gletscherporte, hvor vandflommen var særligt koncentreret. Der var tilfældet ved Skelhøje, hvor man har toppunktet af Alheden svagt skrånende kegleflade. Øjensynlig blev der gennem Skelhøje gletscherporten afdrænet smeltevand fra et betydeligt isopland omfattende dalsystemet med Hald Sø. Alhedens jævne flade brydes af enkelte dalgange – således Hjørtedalen og Fløjgård Dalen. Det er tørdale, hvilket vil sige uden vandløb. Daludviklingen er således både påbegyndt og ophørt engang i fortiden, som falder sammen med isens tilbagesmeltning fra Hovedopholdslinien. Dalsystemet med Hald Sø træder markant frem i landskabet. Dalen er en tunneldal, der med fra Hald Sø løber mod nord gennem søerne Vedsø, Vintmølle Sø, Søndersø og Nørresø /5/.



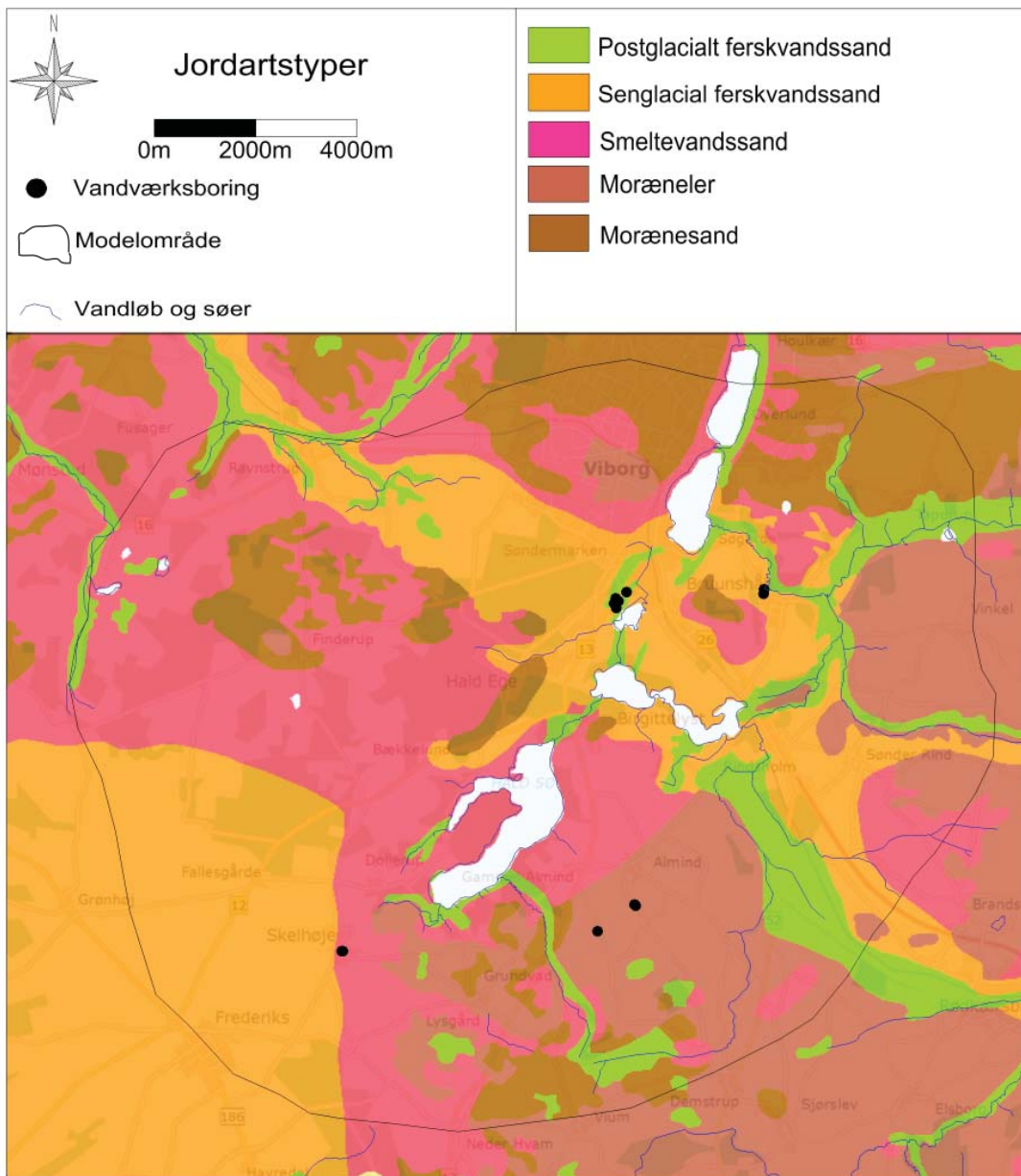
Figur 2.1: Uddrag af Naturstyrelsen Vestjyllands digitaliserede udgave af Per Smeds Landskabskort /4/.



Figur 2.2: Den konturerede terrænoverflade. Terrænmodellen er et uddrag fra /6/. På kortet ses endvidere områdets vandløb.



Jordartskortet /7/, figur 2.3, viser en bred vifte af overvejende sandede aflejringer fra morænesand og smeltevandssand til senglacial og postglacial ferskvandssand samt postglacial saltvandssand. Mod øst og sydøst ses endvidere en større sammenhængende forekomst af moræneler. I det småkuperede morænelandskab kan der iagttages smeltevandsaflejringer samt postglaciale ferskvandsaflejringer i forbindelse med vandløb. Derudover ses der også næsten cirkelformede lavninger med postglacialt ferskvandssand, som indikerer lavninger i landskabet. Disse tolkes som lavninger, der er dannet i forbindelse med dødishuller. Mod sydvest træder Alheden frem, som et stort sammenhængende område af senglacialt ferskvandssand /5/.

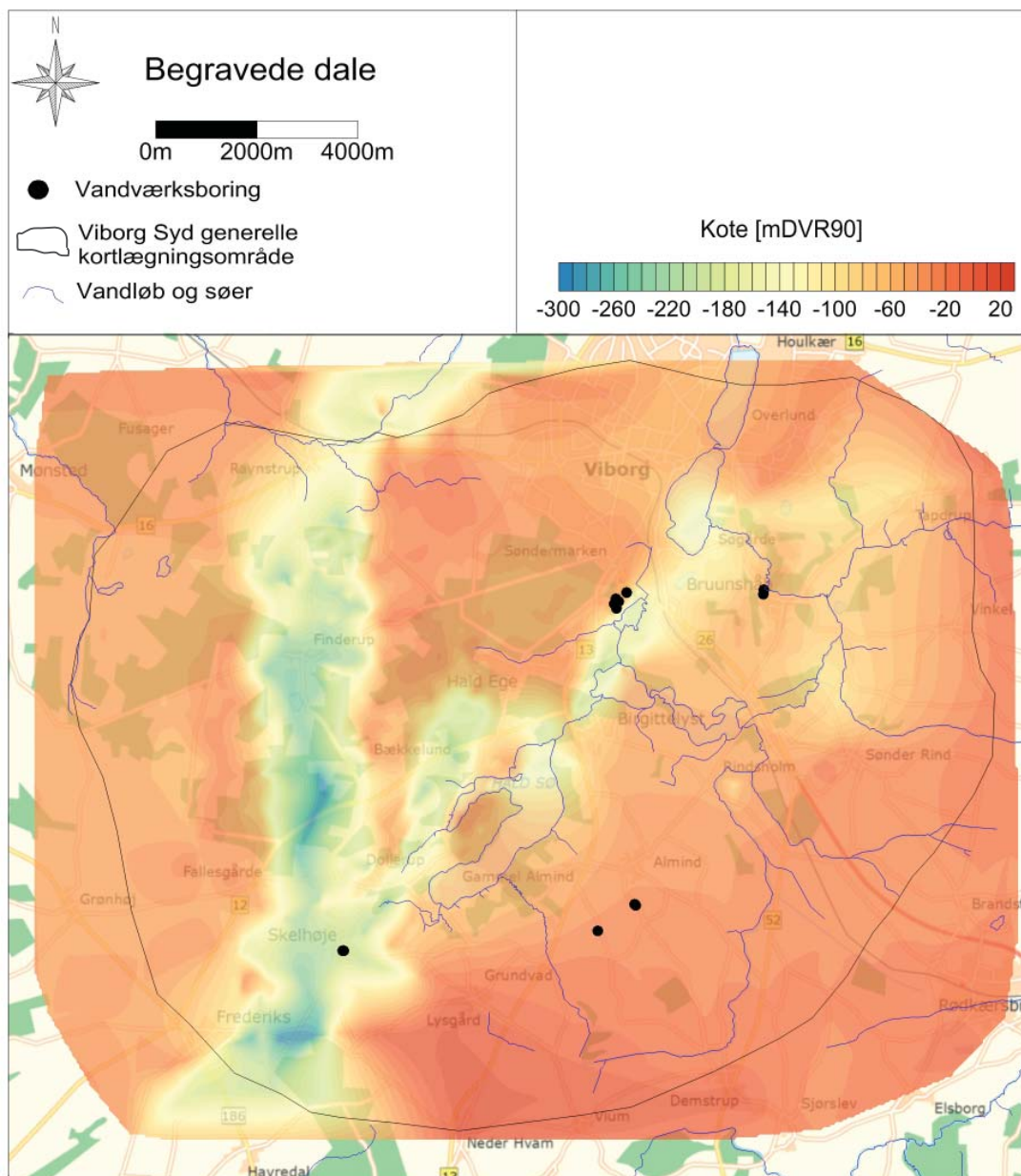


Figur 2.3. Uddrag af digitalt "Jordartskort 1:200.000" udarbejdet af GEUS /7/.

### 2.1.2 Den prækvartære flade og begravede dale

Der er indenfor Viborg Syd modelområde kortlagt 2 begravede dalsystemer (figur 2.4). Dalene kommer fra to forskellige retninger, men samles til én dal omkring Skelhøje. Figur 2.4 er en konturering af den hydrostratigrafiske models nederste lag. Det vil sige at i de begravede dale repræsenterer fladen den prækvartære flade, mens det uden for de begravede dale er en intern flade i miocænet, der repræsenterer bunden af det dybeste magasin. Fladen fremstår forholdsvis plant udenfor de begravede dale, dog med en tendens til at ligge topografisk højere i den østlige del af området end i den vestlige. Den prækvartære flade udenfor dalene er svær at kortlægge med de anvendte geofysiske metoder, da den oftest fremstår som en grænse mellem smeltevandssand og miocænt kvarts/glimmersand. Samtidigt er mange af områdets borerer usikkert beskrevet, hvilket giver et tyndt grundlag for kortlægning en sammenhængende prækvartær flade i hele modelområdet.

Prækvartæret i området består af glimmerler, glimmersilt, glimmersand og kvartssand aflejret i Miocæn. De begravede dale er dannet af erosion fra is og smeltevand, og er siden hen blevet fyldt op igen med smeltevands- og moræneaflejringer af sand, silt og ler. Under kortlægningen har der kunnet spores flere generationer af erosionsbegebenheder, der har ført til dalerosion og dannelse af magasiner og dæklag. Dalene er relativt dybe og stedvist vurderes de at nå dybder på ca. 400 m. Således er der lavet seismiske undersøgelser i området, der trods en forholdsvis ringe kvalitet antyder, at dalene stedvist når helt ned til kalkoverfladen omkring 400 m.u.t. Yderligere blev der lavet to borerer i løbet kortlægningsarbejdet ved Skelhøje Vandværk og i Guldborgland Plantage. Ved Skelhøje Vandværk blev den prækvartære flade fundet i 280 m.u.t. mellem smeltevandssand og Viborg Ler (boring 66.2017), og i Guldborgland Plantage blev den prækvartære flade ikke nået på trods af, at der blev boret 357 m u.t. (boring 66.2037). Der blev udført yderligere en undersøgelsesboring i plantageområdet vest for Viborg (boring 66.2038), men denne vurderedes at have højtliggende kvartær. Koten til bunden af de begravede dale er derfor hovedsageligt baseret på SkyTEM, hvor det har været muligt at tolke koten til den gode leder.



Figur 2.4: Begravede dale i modelområdet illustreret ved koten for det nederste lag i den hydrostratigrafiske model. Kortet er udarbejdet af Naturstyrelsen Vestjylland og er baseret på eksisterende data og data indsamlet under kortlægningen.

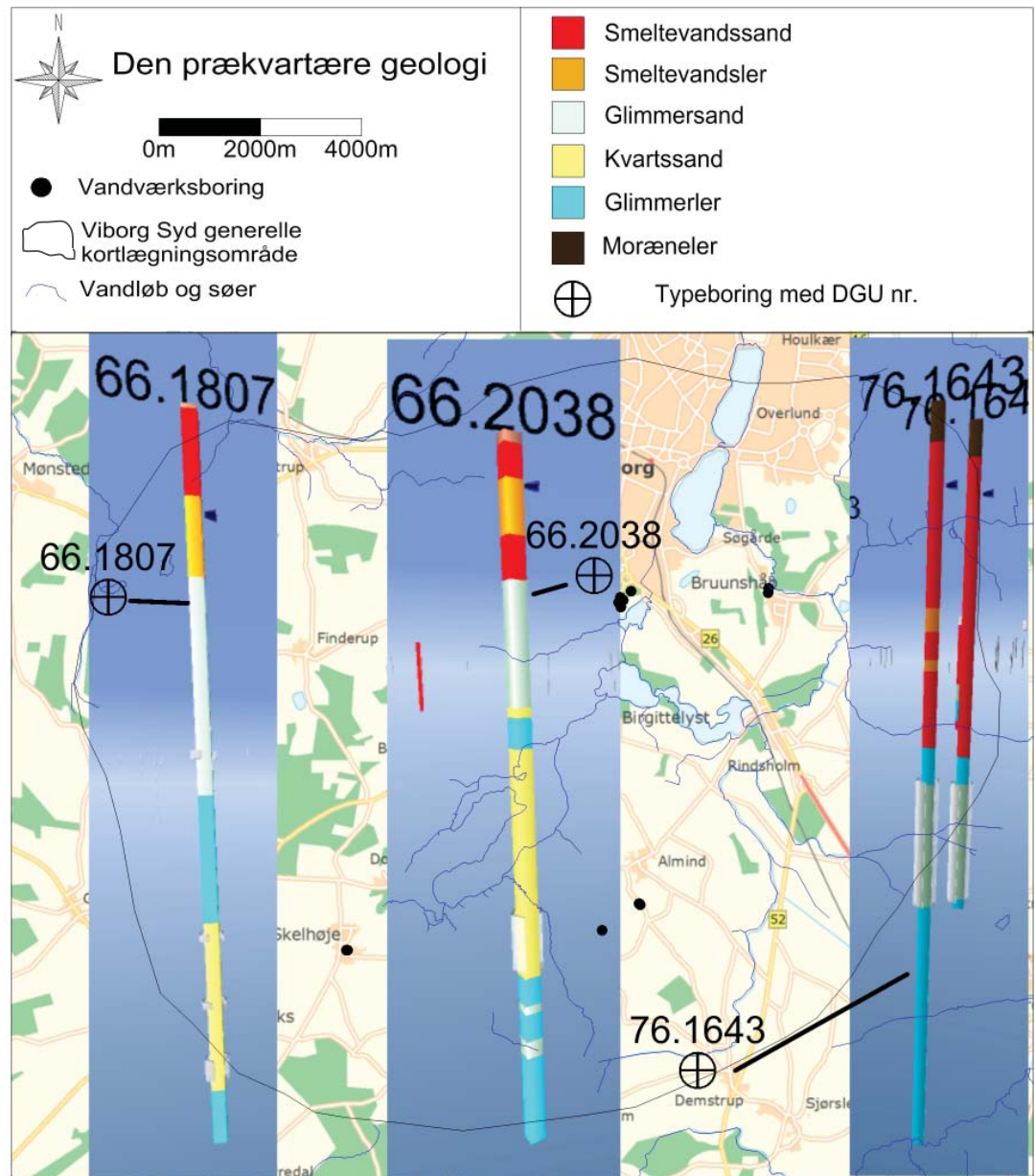
### 2.1.3 Den regionalgeologiske ramme

Oven på kalken findes fedt marint paleocæn og eocænt ler. Herefter træffes Viborg Ler som stammer fra øvre eocæn til nedre oligocæn. I Skelhøje Vandværksboring (DGU 66.2017) vurderes det, at den lerede aflejring i bunden af boringen tilhører Viborg Ler. Viborg Ler indikerer overgangen til de mere kystnære, glim Merrige og sandede aflejringer, som ses i de øvre oligocæne til nedre miocæne aflejringer /9/. Glim Merrige og sandede aflejringer ses i mange borer i hele området dels indenfor modelområdet og dels indenfor OSD. Ved en gennemgang af områdets borer tegner der sig et forholdsvis sy-

stematisk billede af den miocæne geologi (figur 2.5).

I de miocæne aflejringer træffes nedre lag af glimmerler, som udgør bunden af den hydrostratigrafiske model. Det er denne flade, som er kontureret i figur 2.4. Herover findes et magasin af kvartssand/glimmersand, som afgrænses opad af et lag af glimmerler. Disse tre lag kan genfindes i hele modelområdet. Det skal dog bemærkes, at det er Naturstyrelsen Vestjyllands opfattelse, at mange borer i området er fejltolket, og at de ovennævnte tre lag flere steder beskri-

Figur 2.5 Områdets prækvartære geologi illustreret ved tre borer fra forskellige dele af modelområdet.



ves som kvartære lag. Over det øverste lag glimmerler ses der sandede aflejringer, som skiftevis beskrives som miocæne og kvartære aflejringer i områdets borer. Den prækvartære flade i området findes i dette interval (når der ses bort fra de begravede dale).

Kortlægningsområdet har gennem kvartærtiden været overskredet flere gange af ismasser fra forskellige retninger, som har afsat moræner og smeltevandssedimenter. Området har været udsat for gentagne isoverskridelser i Menap, Elster, Saale og Weichsel /8/. I Weichsel overskrides

området af i alt 3 ismasser: fra nord (den "Norske Is"), fra sydøst (det "Gammelbaltiske Isfremstød") og endelig fra nordøst ("Nordøstisen"). Nordøstisen nåede sin maksimale udbredelse ved Hovedopholdslinien i Jylland /5/ og er dermed det sidste af Weichsels isfremstød, som er nået frem til modelområdet og OSD.

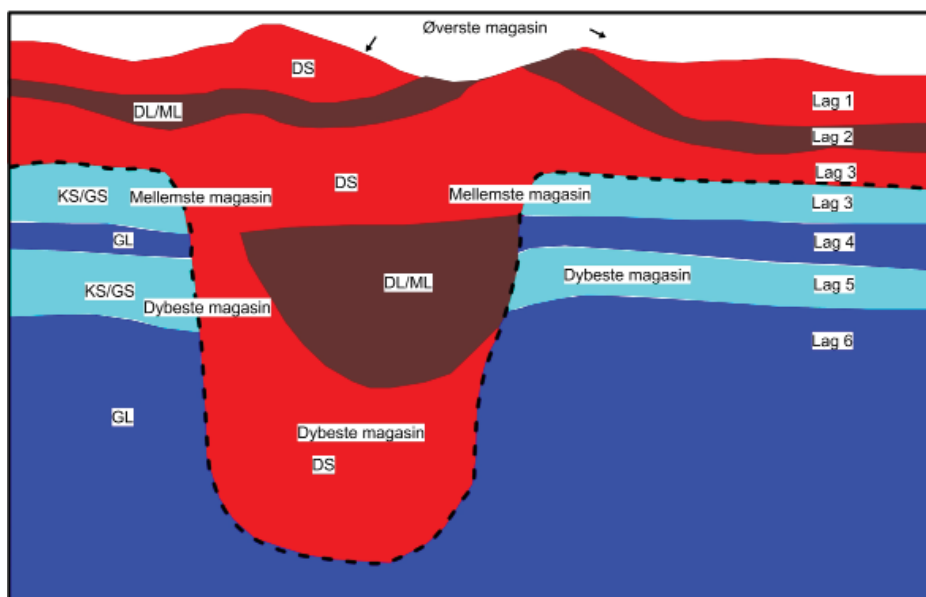
Flere af de glaciale og interglaciale begivenheder, som er opstillet i /5/ (se figur 2.6) er genfundet i to dybe undersøgelsesboringer (DGU nr. 56.1086 og 56.1087) umiddelbart nord for Viborg. Dette gælder Urebro Stadium i Præ-Elster, som i /8/

tolkes til sandsynligvis at tilhøre Menap, samt Haar, Hinnerup og Asklev Stadium i Saale og Sundøre (Norske Isen), Ringshøj (Gammalbaltiske Is) og Fårup Stadium (Nordøstisen) i Weichsel. Der er endvidere dateret Eem interglacial i boring DGU nr. 56.1086 /8/. Området nord for Viborg, og formentlig også modelområdet repræsenterer hermed mange isfremstød, som har afsat en succession af vekslende moræne- og smeltevandsaflejringer.

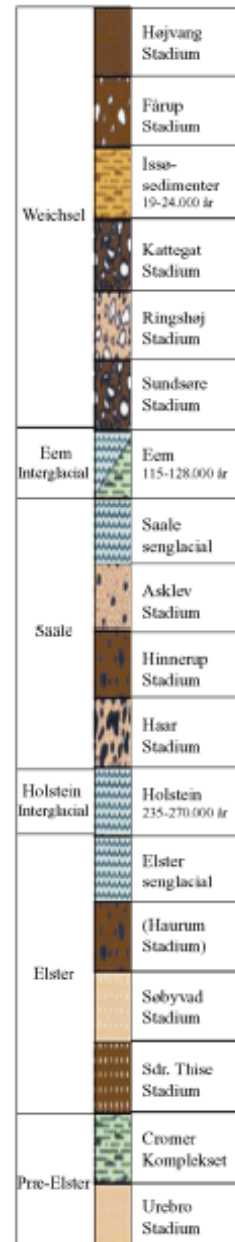
De største kvartære mægtigheder findes i de begravede dale med en dokumenteret mægtighed på over 357 meter i de dybeste dele af de begravede dale /11/. Uden for det begravede dale er det kvartære dække mere begrænset og varierer generelt mellem ca. 25 m og 50 m.

De kvartære aflejringer i OSD består af en vekslende lagfølge af smeltevandssand og moræner/smeltevandsler samt morænesand. I de begravede dale ses hovedsageligt store mægtigheder af smeltevandssand. Det er i sær gældende for den nordøst-sydvest gående dal, hvor Skelhøje Vandværks nye boring 66.2017 viser næsten 300 m uafbrudt smeltevandssand. Den nord-sydgående begravede dal viser et mere varieret fyld, med både moræner, smeltevandsler og smeltevandssand. Smeltevandssand er dog stadig dominerende, og ingen af dalens lerlag har kunnet dokumenteres at have nogen større sammenhængende dækkende flade.

Figur 2.7 viser en konceptuel geologisk model for området langs et tænkt tværsnit.



Figur 2.6: Glaciale og interglaciale aflejringer i det midtjyske område /5/.



Figur 2.7: Konceptuel model for Viborg Syd kortlægningsområde. Figuren er et tænkt tværsnit uden orientering gennem området og viser fordelingen af vigtige sand og ler lag på et overordnet niveau. Den stiplede linje er den prækvartære flade.

## 2.2 Geologisk og hydrostratigrafisk model

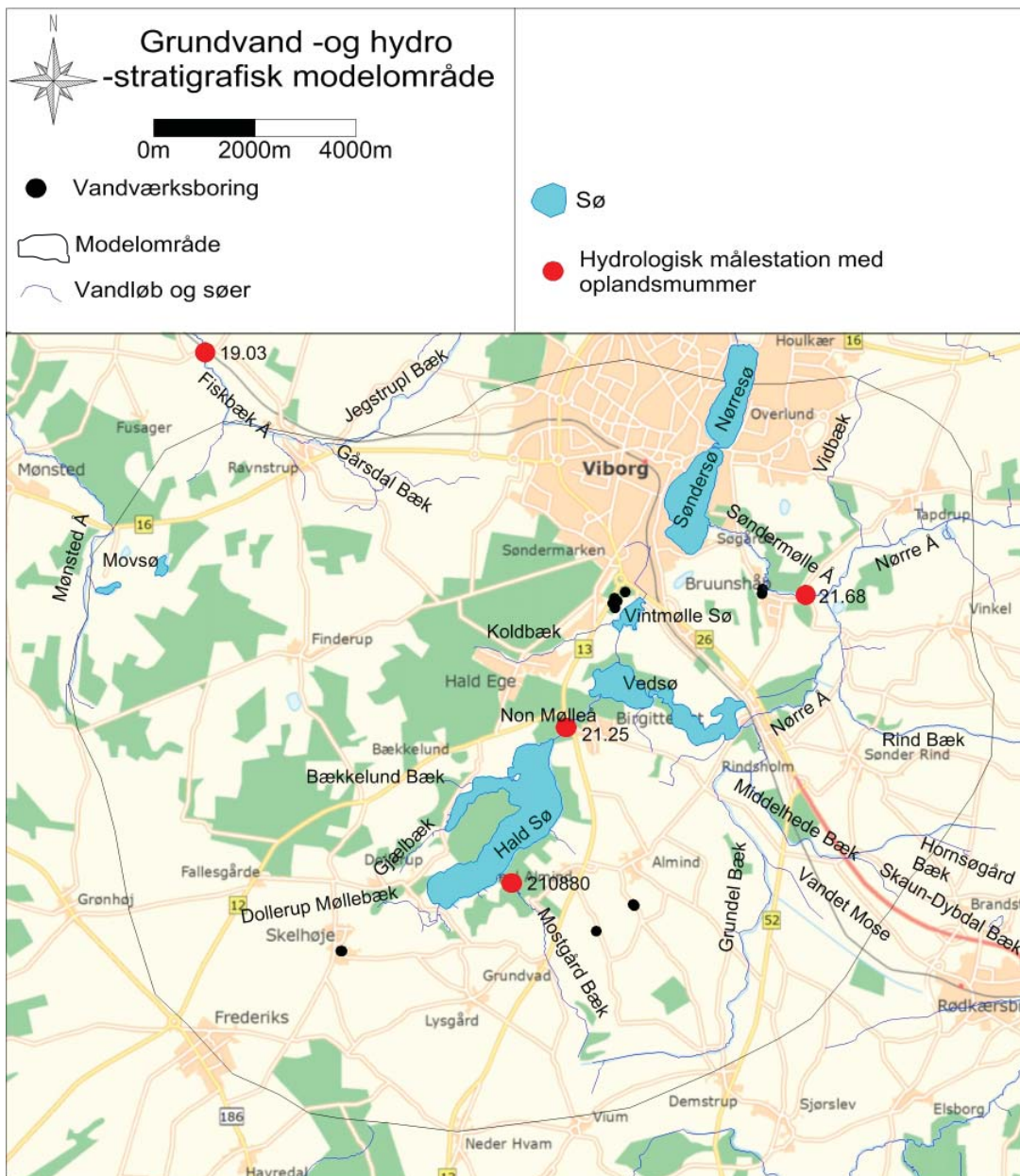
Naturstyrelsen Vestjylland har udarbejdet en geologisk model for området. Modellen er en hydrostratigrafisk model, som er opbygget med gennemgående lag, der mere tager sigte på at skelne mellem lagenes hydrauliske egenskaber end på den geologiske dannelse af de enkelte lag. Der er tolket 5 laggrænser i den hydrostratigrafiske model (se figur 2.7). Som det fremgår af figur 2.7 er den hydrostratigrafiske model opbygget med tre højpermeable lag og to lavpermeable lag, der nedad afgrænses af glimmerler. De højpermeable lag består af kvartært smeltevandssand (Sand 1 og 2 samt Sand 3 i de begravede dale), og prækvartært kvartssand og glimmersand (Sand 2 og 3), mens de lavpermeable lag består af smeltevandsler, moræneler og glimmerler. Disse lag er overført til og anvendt i en grundvandsmodel for området /1/, hvor Sand 2 og 3 er blevet yderligere inddelt i beregningslag.

tentialekort for de tre magasiner i området samt beliggenheden af de større vandløb i området (figur 2.9). Langs størstedelen af randen følger modelafgrænsningen mere eller mindre markante grundvandsskel. I mindre områder er modellen dog afgrænset af vandløb eller har en fastholdt tryk rand /1/. Alle tre magasiner findes i stort set hele modelområdet, og da der er mange sandvinduer i de mellemliggende lerlag, ses der ensartede trykniveauer i alle tre magasiner.

Grundvandsmodellens ydre randbetingelser er fastlagt på baggrund af magasinspecifikke po-

Figur 2.8: Modellagene i den hydrostratigrafiske model og grundvandsmodellen. Lysegrå felter indikerer lagflader. Som det fremgår er Sand 2 og 3 inddelt i flere beregningslag i grundvandsmodellen.

Terræn	
Beregningslag 1: Sand 1 – Øvre sandlag	
TopLer1	
Beregningslag 2: Ler 1 – Øvre lerlag	
BundLer1	
Beregningslag 3:	Sand 2 – Mellem sandlag
Beregningslag 4:	
Beregningslag 5:	
TopLer2	
Beregningslag 6: Ler 2 – Nedre lerlag	
BundLer2	
Beregningslag 7:	Sand 3 – Nedre sandlag
Beregningslag 8:	
Beregningslag 9:	
Top_Glimmerler	



Figur 2.9 – Modelområdet for grundvandsmodellen.



## 2.3 Grundvandsmagasiner og lerdæklag

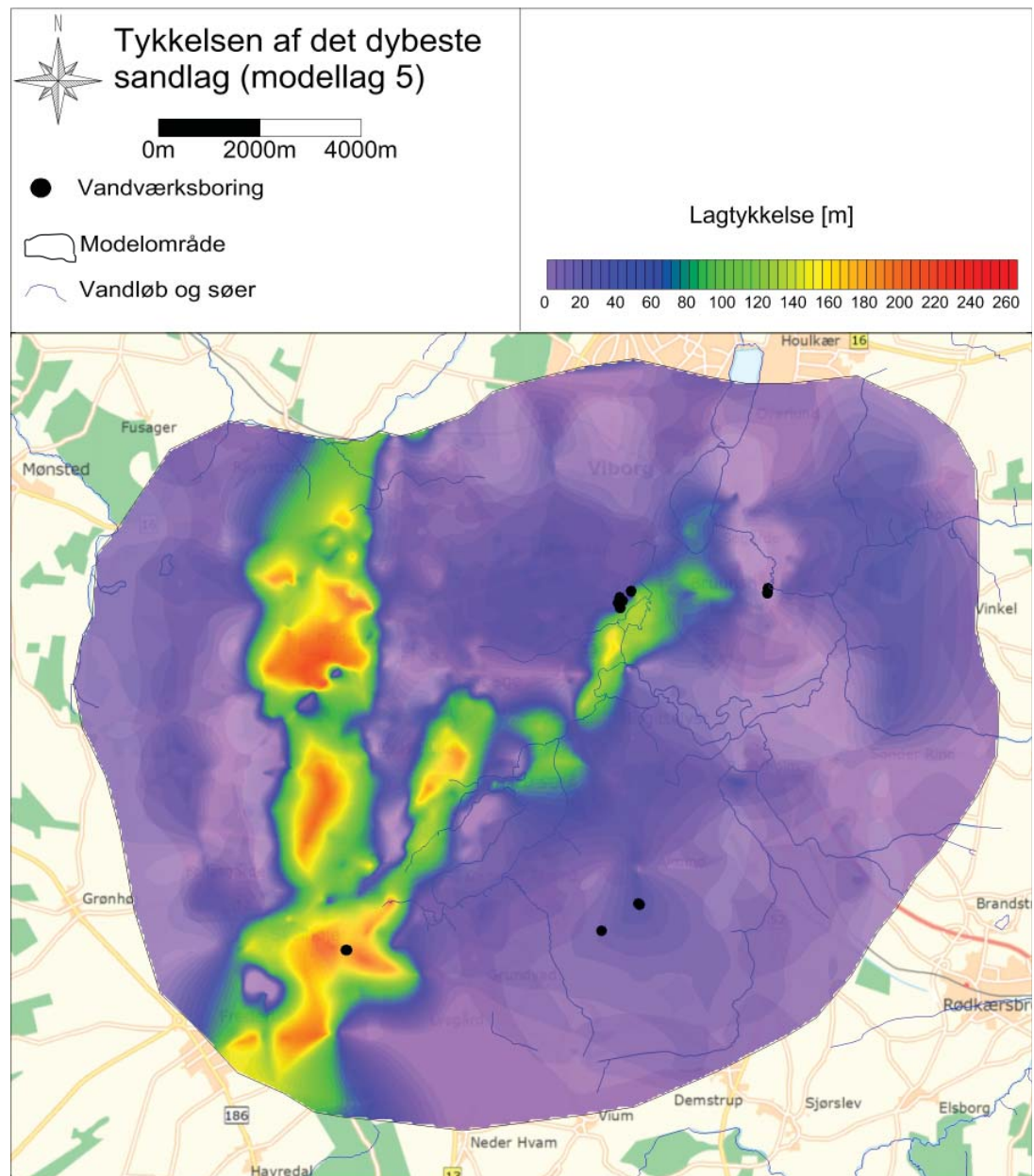
Med udgangspunkt i lagene fra den hydrostratigrafiske model gennemgås magasiner og dæklag i det følgende.

### 2.3.1 Det dybe magasin (Sand 3 – Model lag 5).

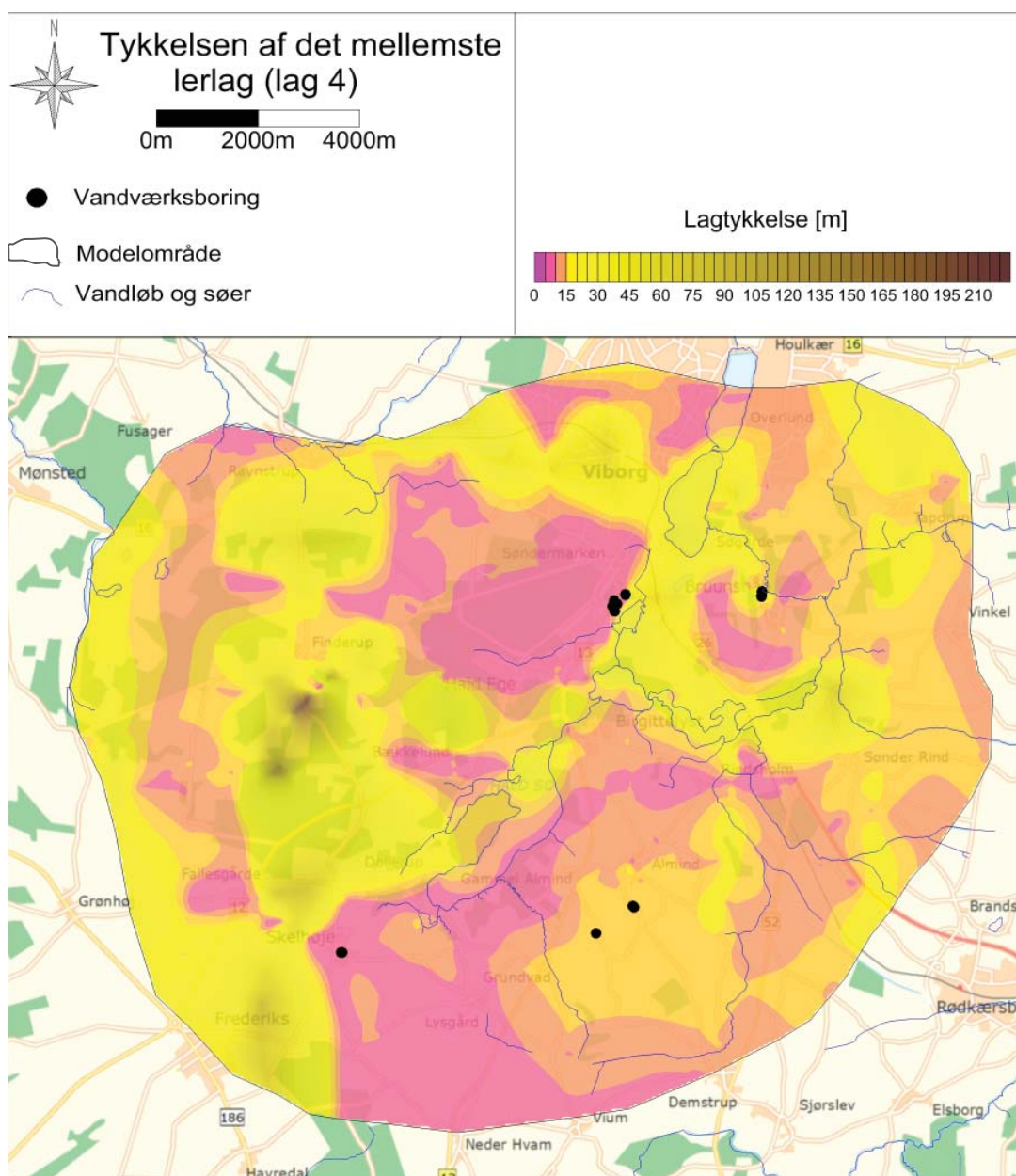
Områdets dybeste magasin ses på isopachkortet figur 2.10. Det findes i hele området, men har den største tykkelse i de begravede dale. Laget svarer til modellens lag 5, og består uden for dalene af miocænt kvartssand, som typisk har en tykkelse på 10-20 m. I dalene består det af kvartært smeltevandssand og opnår tykkelser på næsten

300 m. Kortlægningen af magasinet er i høj grad gjort vha. SkyTEM. Dog er hele magasinet gennemboret ved Skelhøje Vandværk (66.2017) og viste sig her at bestå af smeltevandssand i hele sin tykkelse og samtidigt være hydraulisk sammenhængende med magasinerne oven for (Sand 1 og 2). Undersøgelingsboringen i Guldborgland Plantage (66.2037) viser imidlertid, at den øvre del af magasinet består af et sammenhængende lag af smeltevandssand, hvor den nedre del består af skiftende lag af smeltevandssand, smeltevandssilt, moræneler og smeltevandsler.

Figur 2.10: Tykkelsen og udbredelse af dybeste magasin (Sand 3).



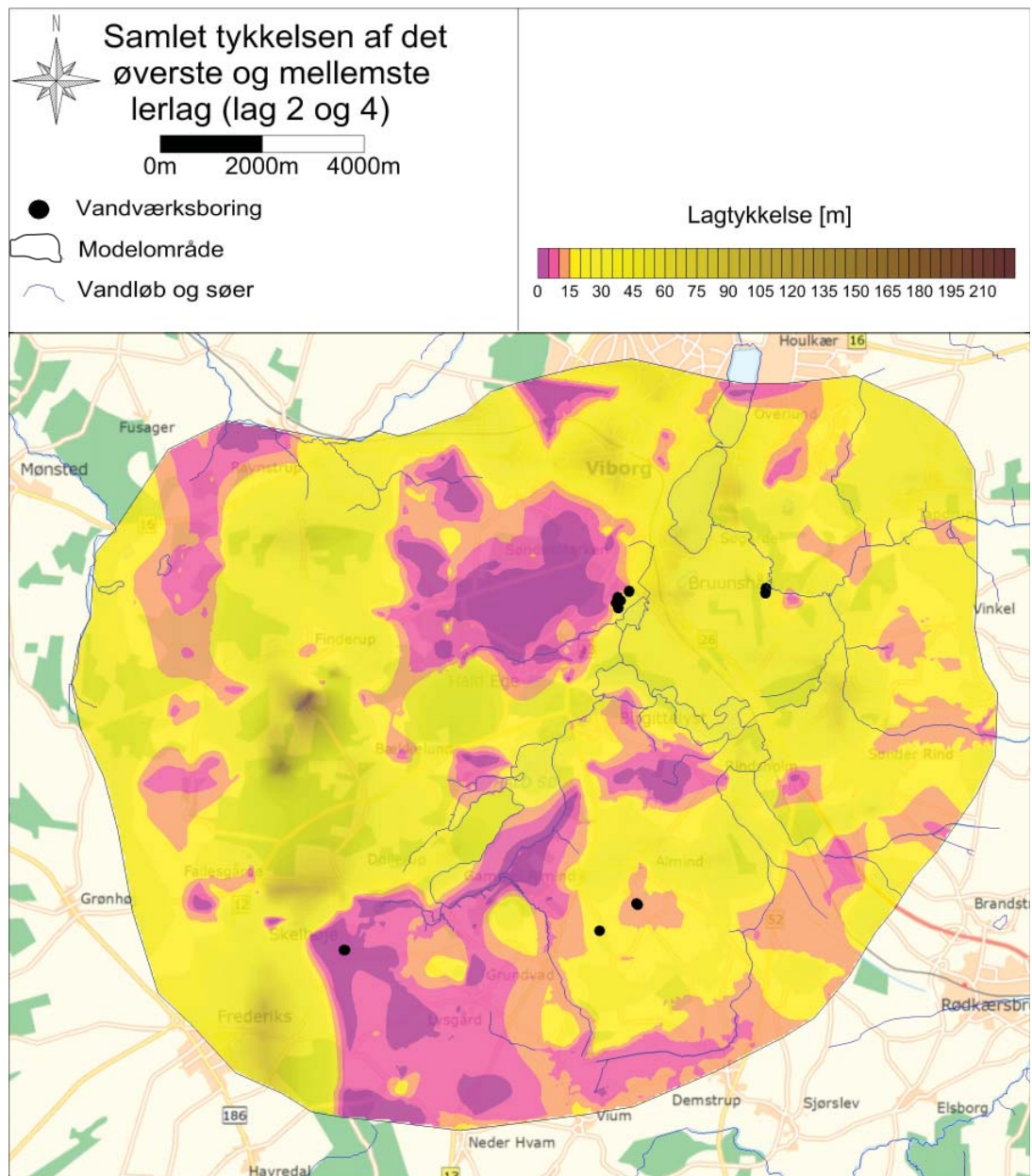
Af figur 2.11 fremgår det, at det dybeste magasin i omkring halvdelen af området er afgrænset opad til af et lerlag (Ler 2 – Modellag 4). I den resterende del af området er der ingen, eller kun et tyndt lerlag, som adskiller det dybeste og det mellemste magasin, hvilket betyder, at disse to magasiner er i hydraulisk kontakt.



Figur 2.11: Tykkelsen af Ler 2 over det dybeste magasin (Sand 3).

På figur 2.12 er tykkelsen af det mellemste og øverste lerlag (Ler 1 og 2, Modellag 2 og 4) samlet for at vise beskyttelsen i form af lerlag over det dybeste magasin. I forhold til figur 2.11, så ses et mere udbredt lerdæklag over det dybeste magasin, men der er stadig store områder, hvor der kun findes et tyndt, eller intet lerdæklag. Det betyder, at der i store områder ikke er beskyttelse af det dybeste magasin i form af lerlag, og at der her også er hydraulisk kontakt mellem alle tre magasiner (Sand 1, 2 og 3).

Figur 2.12: Samlet tykkelse af Ler 1 og 2 over det dybeste magasin (Sand 3).

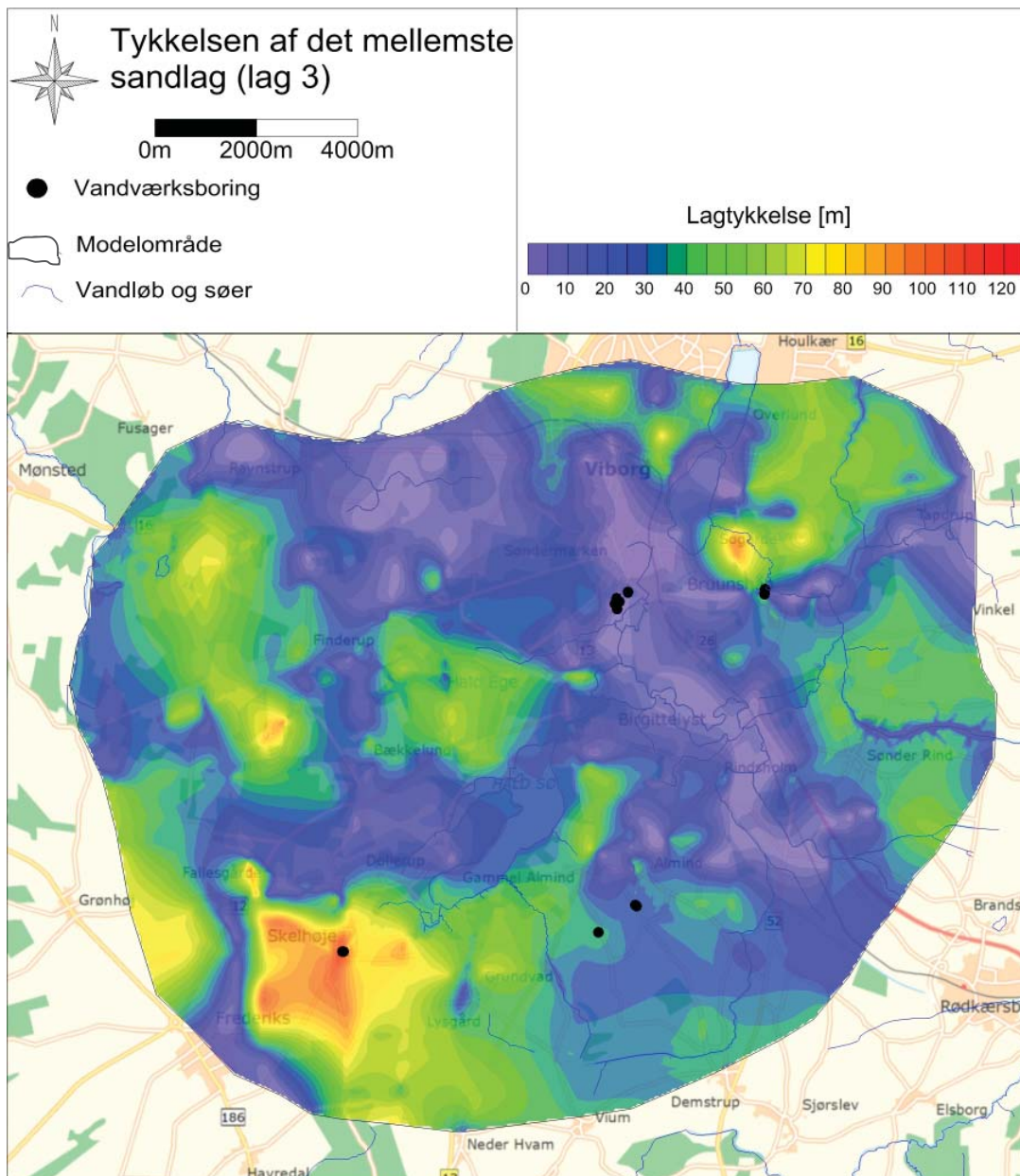


### 2.3.2 Det mellemste magasin (Sand 2 – Modellag 3)

Det mellemste magasin består i de begravede dale af smeltevandssand. Uden for de begravede dale består magasinet både af smeltevandssand og miocænt kvartssand. Det er i dette lag, at man uden for de begravede dale finder den prækvarterare overflade.

Magasinet varierer meget i tykkelsen og svinger i tykkelser mellem 0-120 m. De tykkeste mægtigheder findes ved Skelhøje, hvor de tre magasiner (Sand 1, 2 og 3) er sammenhængende fra jordoverfladen til 280 m.u.t.

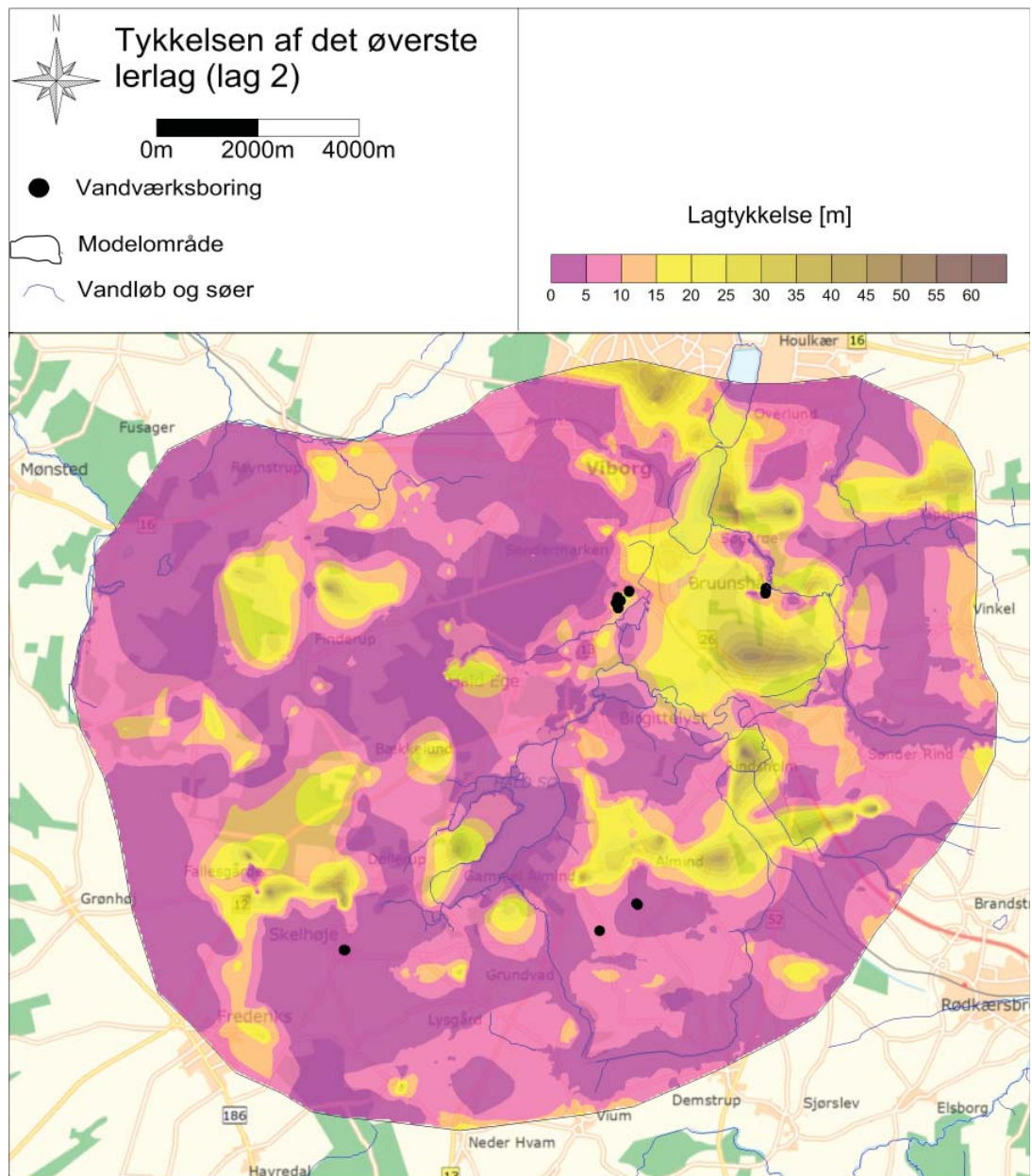
Vandværkerne Almind Hede, Skelhøje og Bruunshåb indvinder fra dette magasin.



Figur 2.13: Det mellemste magasins tykkelse (Sand 2).

Figur 2.14 viser det beskyttende lerlags tykkelse over det mellemste magasin. Figuren viser, at store dele af magasinet ikke har nogen beskyttelse i form af lerlag og er således i størstedelen af området et frit magasin med direkte kontakt til jordoverfladen.

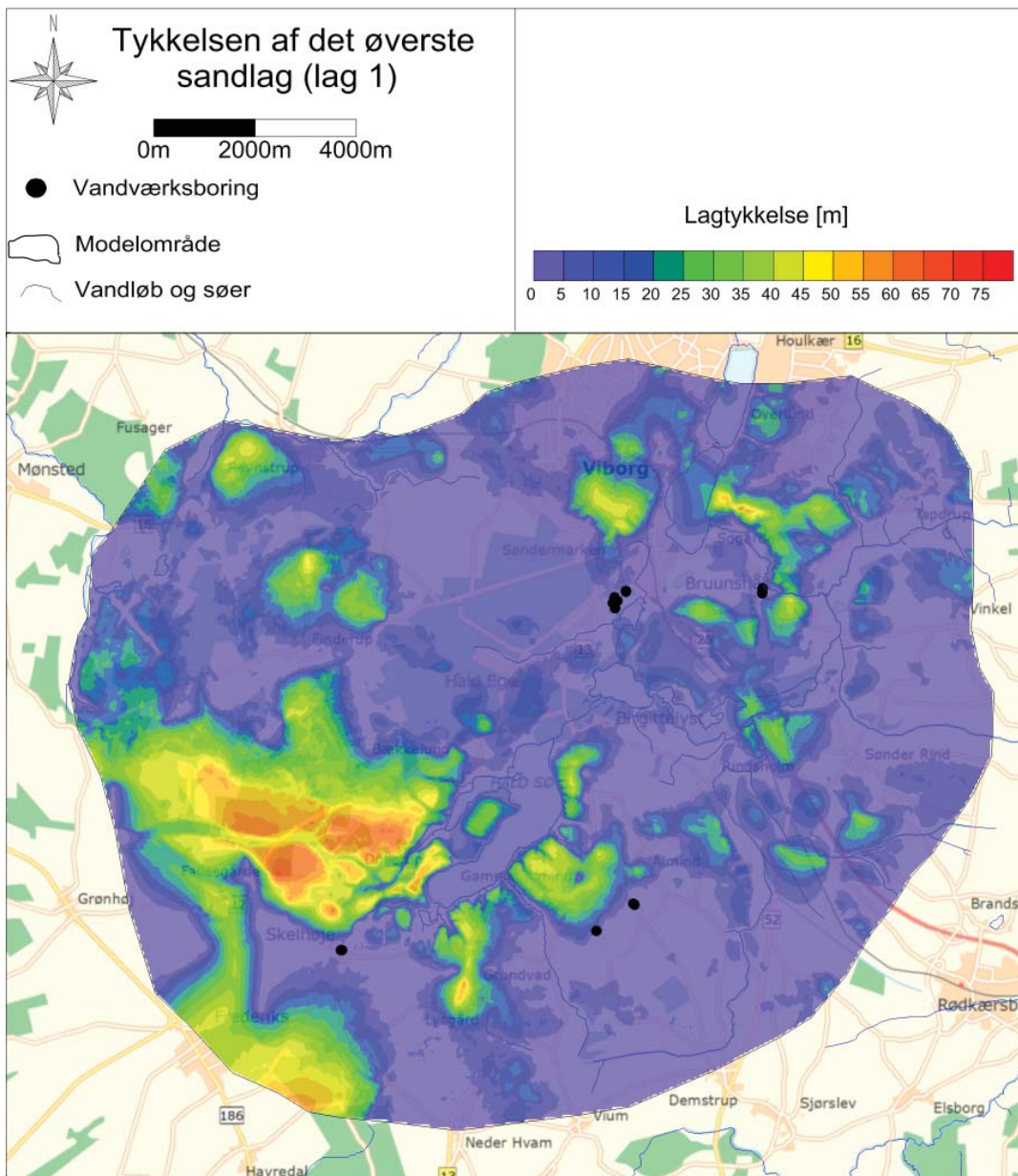
Figur 2.14. Lertykkelse over det mellemste magasin (Sand 2).



### 2.3.3 Det øverste magasin (Sand 1 – Model lag 1)

Det øverste magasin i modellen udgør også det øverste lag i modellen. Laget er i størstedelen af området meget tyndt (<5 m). De større mægtigheder ligger spredt rundt i området med tykkelser på typisk 30-40 m. Kun i den sydvestlige del ses et større sammenhængende tykt område, som her er relateret til tykke forekomster af smeltevandssand.

Det kan konkluderes at der generelt ikke forekommer større sammenhængende, beskyttende lag over grundvandsmagasinerne inden for kortlægningsområdet. Dette gør sig især gældende i området vest for Viborg Syd kildeplads og området omkring Skelhøje (se figur 2.12).



Figur 2.15 Tykkelsen af det øverste/terrænnære magasin (Sand 1).

## 2.4 Hydrologiske forhold

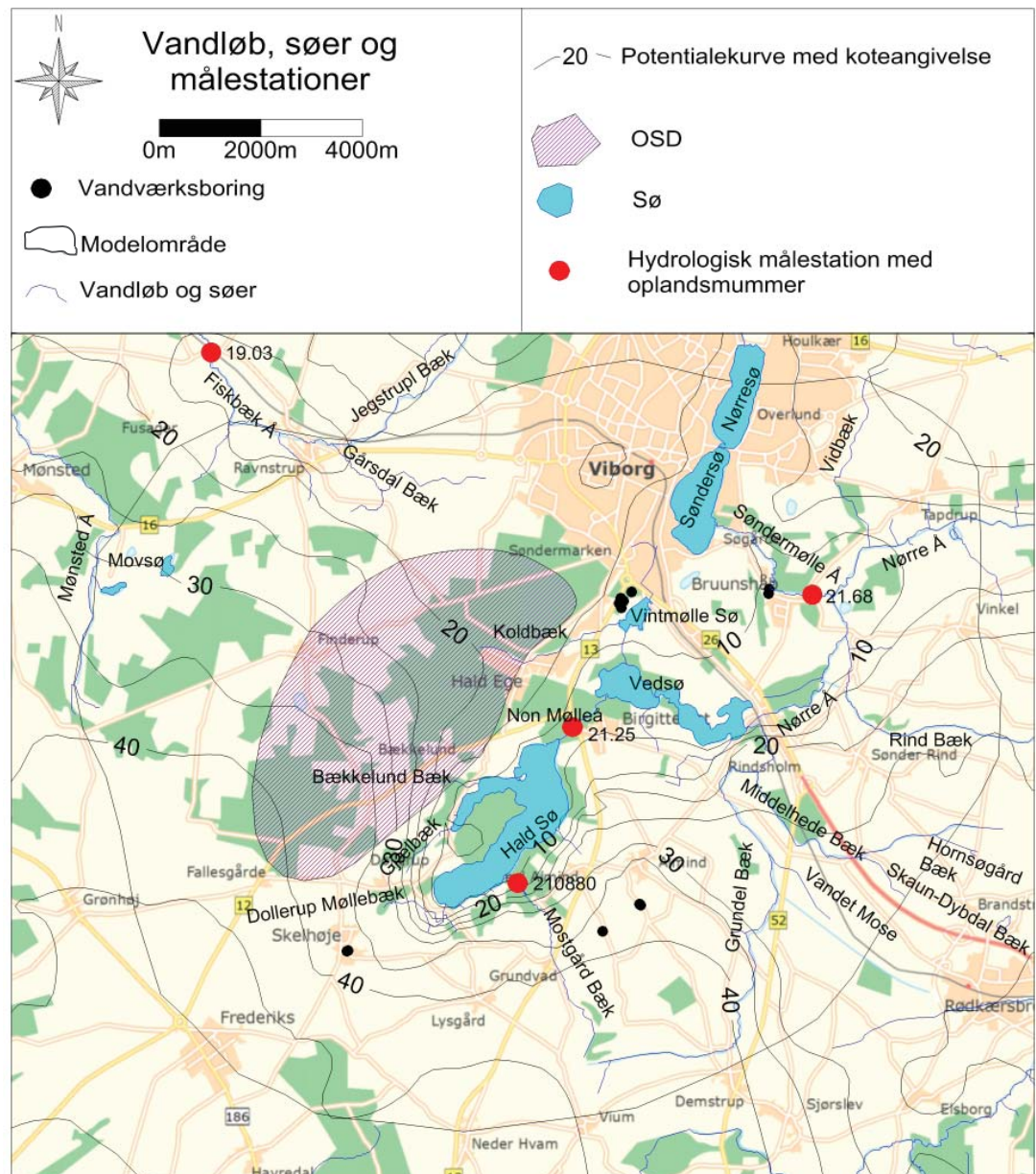
### 2.4.1 Vandløb og søer

På figur 2.16 ses overfladevandforholdene i området. Nørreåen udspringer fra Vedsø, og er som det største vandløb i området afgørende for afstrømningen. Nørreåen har desuden en række mindre tilløb fra nærområdet fra bl.a. Rindbæk og Søndermølle Å. Lidt sydligere ses en række mindre vandløb som alle løber mod Hald Sø, Vedsø og Vintmølle Sø. Mod nord og vest ses

Mønsted Å og Fiskbæk Å, der løber ud i Hjarbæk Fjord.

Området er kendetegnet ved, at der findes mange store og dybe søer, som har en tydelig påvirkning på grundvandspotentialet og grundvandsstrømningen. De største søer er gennemgået nedenfor.

Figur 2.16 – Vandløb og søer samt synkronpejlet grundvandspotentiale /3/ .



**Nørresø:** Vandspejlet i søen blev i 1987 opmålt til kote +11,1 m DNN. Søen er på det dybeste sted 12,4 m dyb. I den vestlige halvdel er søen er bunden beliggende i Ler 1 (lag 2), men i den vestlige del når bunden helt ned i Sand 2 (lag 3). Nørresø har indløb i den nordlige ende, hvor vandet via Nørre Mølle Å kommer fra Loldrup Sø og Stigsbæk. Udløbet er i den sydlige ende, hvor vandet løber ind i Søndersø.

**Søndersø:** Vandspejlet i søen blev i 1987 opmålt til kote +11,1 m DNN (det samme som Nørre Sø). Søen er på det dybeste sted 6,5 m dyb. I størstedelen af søen er bunden beliggende i Sand 1 (lag 1), men når enkelte steder lidt dybere. Udløbet fra Søndersø ligger i det sydøstlige hjørne, hvorfra vandet løber gennem Søndermølleå ud til Nørreå.

**Vintmølle Sø:** Vandspejlet i søen er ikke opmålt, men højdemodellen fra Naturstyrelsen Vestjylland viser, at overfladen ligger i ca. +8,1 m DVR90. Søen er på det dybeste sted ca. 4,5 m dyb. I størstedelen af søen er bunden beliggende i Sand 1 men når enkelte steder lidt dybere. Udløbet fra søen ligger i den sydlige ende, hvorfra vandet løber til Vedsø.

**Hald Sø:** Vandspejlet i søen blev i 1986 opmålt til kote +8,6 m DNN. Søen er på det dybeste sted 30,9 m og er således en af Danmark dybeste søer. Bunden af søen ligger generelt i Sand 2 (lag 3), men er nogle steder helt nede i Ler 2 (lag 4). Udløbet fra søen ligger i den nordlige ende, hvorfra vandet løber til Vedsø.

**Vedsø:** Vandspejlet i søen blev i 1975 opmålt til kote +6,9 m DNN. Søen er på det dybeste sted 13,9 m. Bunden af søen ligger i Ler 1 (lag 2) eller Sand 2 (lag 3). Udløbet fra søen – Nørreå - ligger i søens nordøstlige ende.

## 2.4.2 Potentialeforhold

Naturstyrelsen Vestjylland fik i 2009 udført en boringsregistrering og synkronpejlerunde i modelområdet /3/ - se figur 2.16. Yderligere blev der opsat 6 dataloggere i udvalgte borer, som monitorerede vandstanden i borerne i ca. 1 år. Data fra synkronpejlerunden og dataloggerne er anvendt i arbejdet med grundvandsmodellen, hvor der er blevet modelleret potentialekort for modellens tre magasiner. Potentialerne for det tre magasiner fremgår af figur 2.17-2.19 og gradienten mellem det øverste og nederste magasin fremgår af figur 2.20.

Som det fremgår af figur 2.17 findes der ikke vand i store dele af det øverste sandlag, og man skal således ned i det mellemste magasin for at finde et vandmættet magasin der dækker hele området.

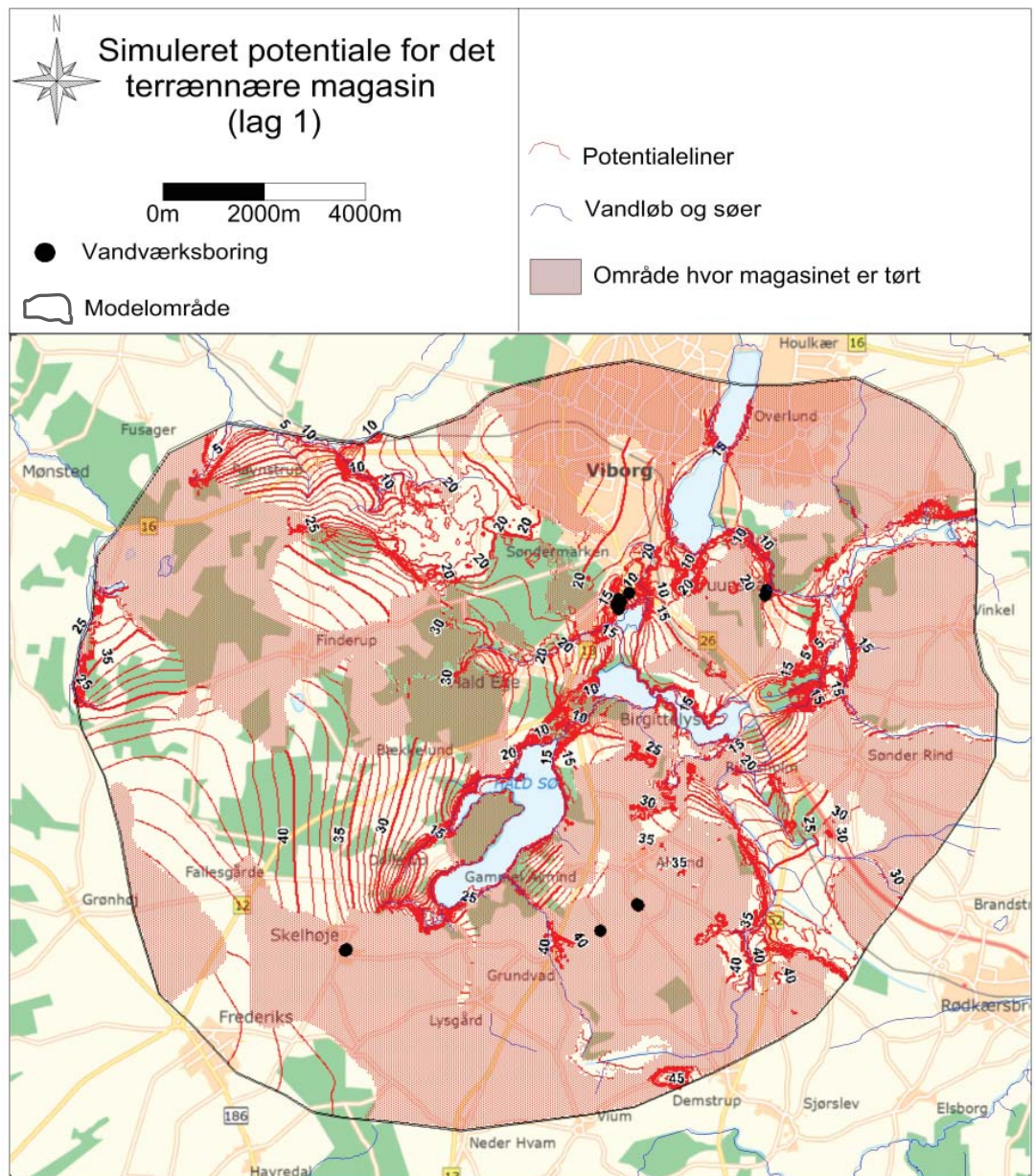
Potentialet er generelt højest i de terrænnære magasiner og lavest i de dybtliggende magasiner. De fleste steder er der således en nedadrettet gradient mellem magasinerne. Lokalt omkring vandløb optræder der dog opadrettede gradientforhold (figur 2.20). De områder, der viser de største nedadrettede gradienter er sammenfaldende med de topografiske højeste områder. Det er således det sydvestlige område, hvor den største nedadrettede gradient findes. Ellers fremgår det af figur 2.20 at den generelle nedadrettede gradient er forholdsvis lille, typisk 1-5 fra det øvre til det dybe magasin, og kun få steder er omkring 10 m. Der ses generelt at være god hydraulisk kontakt mellem magasinerne i området.

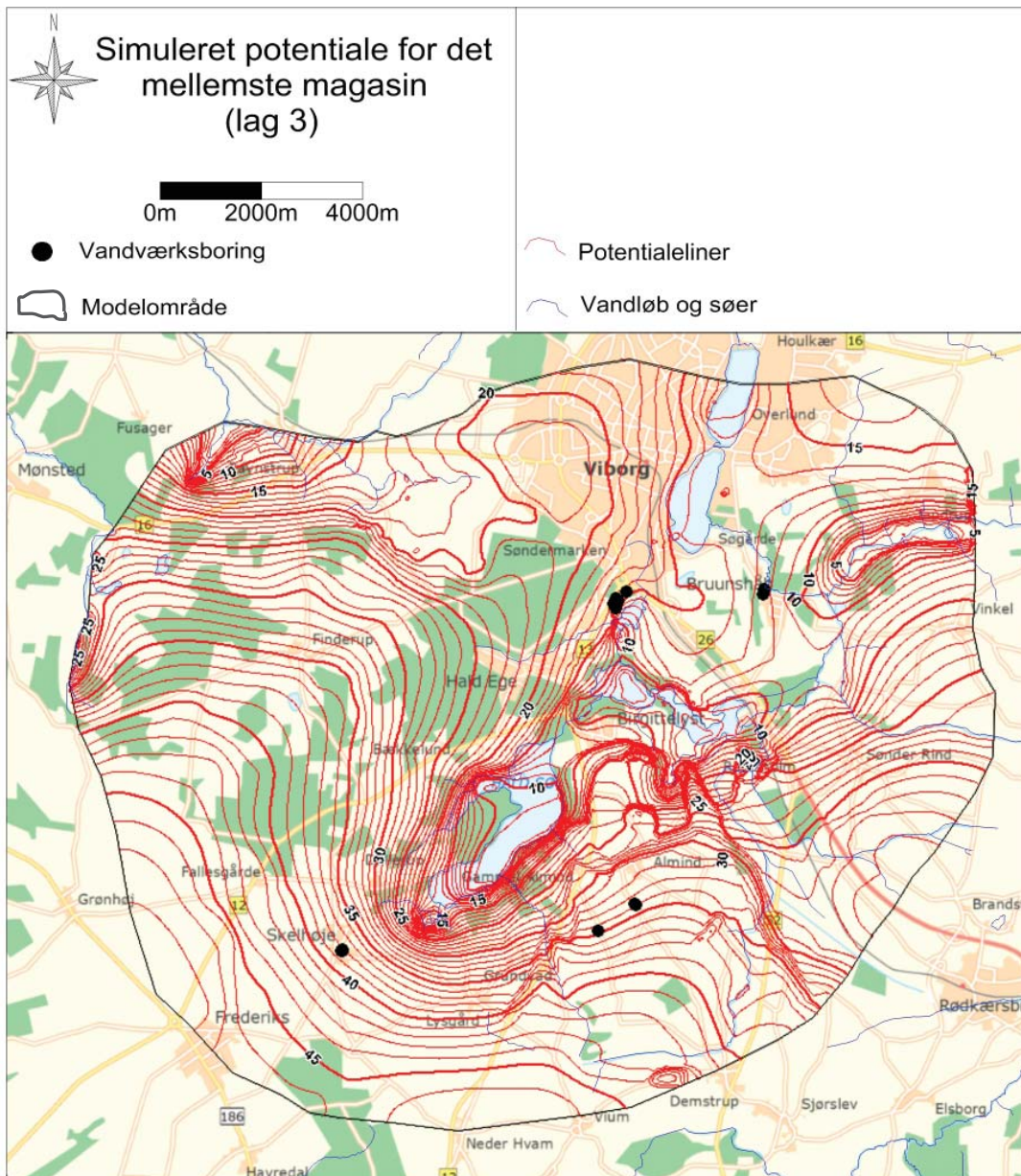
Både for det terrænnære og det mellemste magasin ses det at potentialet er styret af vandløbene i området, og der tolkes således at være en god kontakt mellem disse to magasiner og vandløbene. Kontakten mellem det dybeste magasin og de mindre vandløb i området er mindre tydelig på potentialekortet (figur 2.19), men Nørre Å træder tydeligt frem i potentialebilledet. Potentialekurverne viser her en stærk kontakt mellem åen og det dybe magasin.

Alle potentialekort viser, at potentialet er højest i den sydlige og sydvestlige del af modelområdet med de højeste potentialer langs modelranden. Strømningsretningen er derfor overordnet fra syd ind i modelområdet, og ud af området via Nørre Å og Fiskbæk Å mod nord (figur 2.17-2.19).



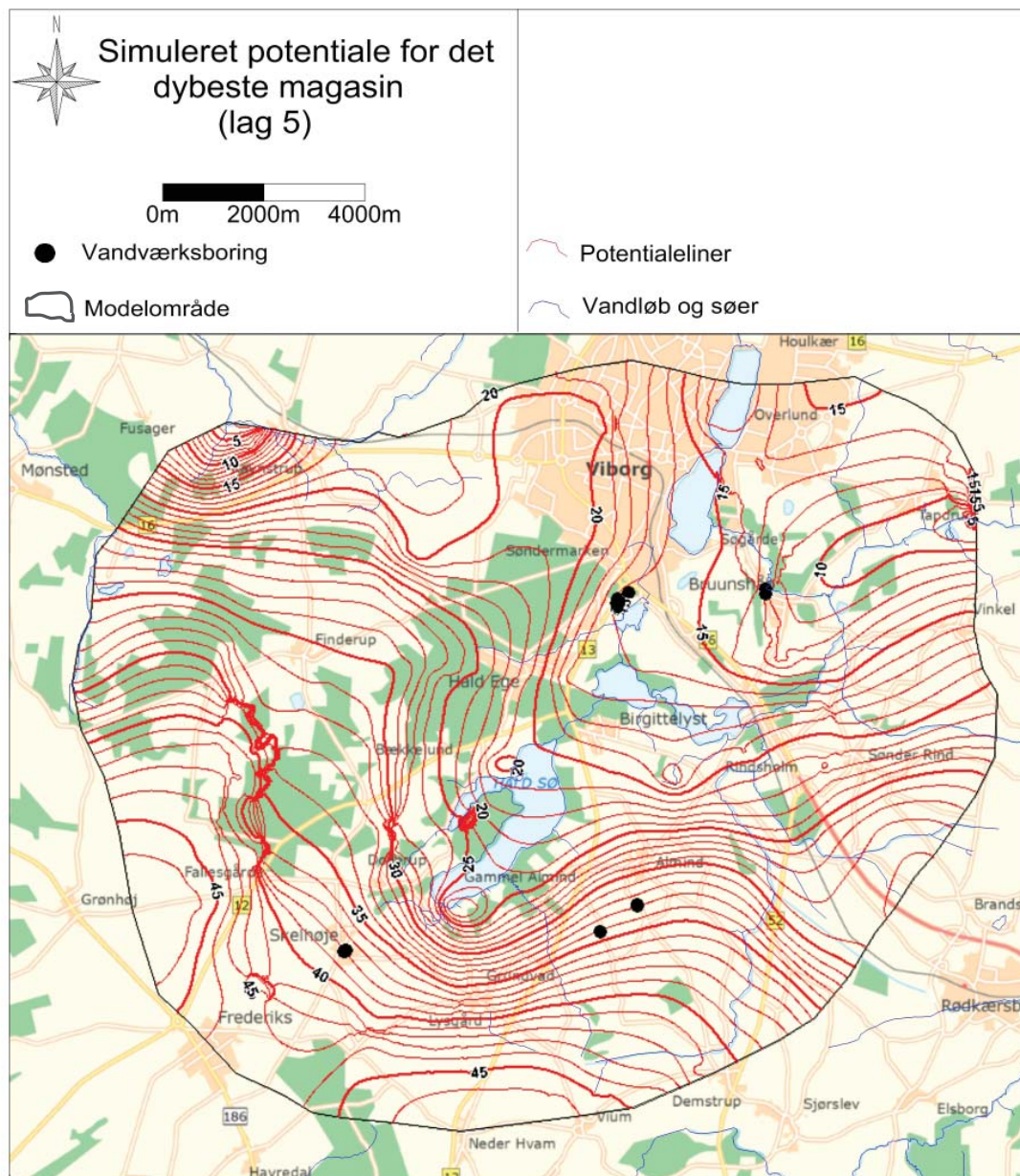
Figur 2.17 – Potentialekort for det øverste/terrænnære, frie magasin (Sand 1).

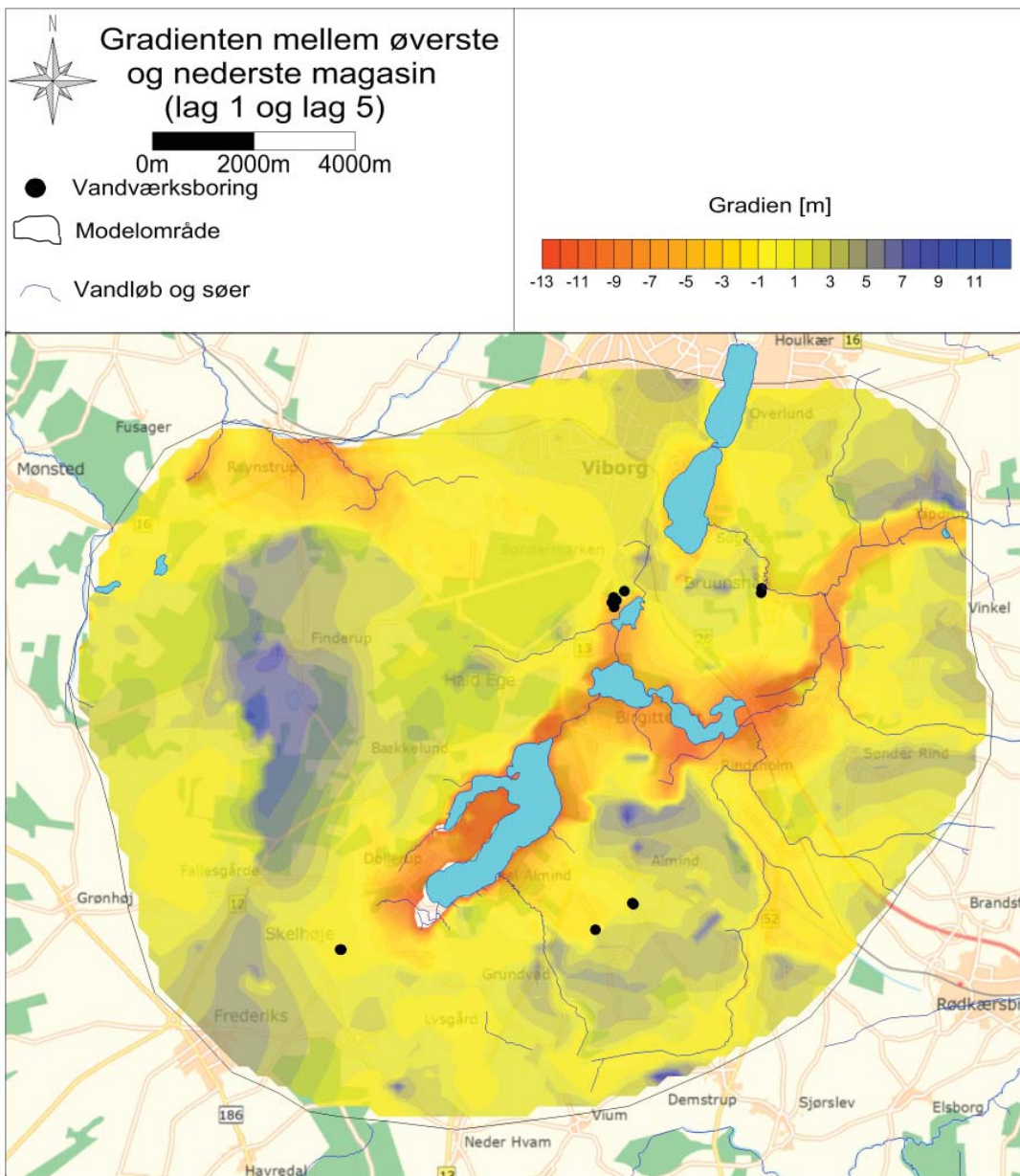




Figur 2.18- Potentialekort for det mellemste magasin (Sand 2).

Figur 2.19- Potentialekort for det dybe magasin (Sand 3).



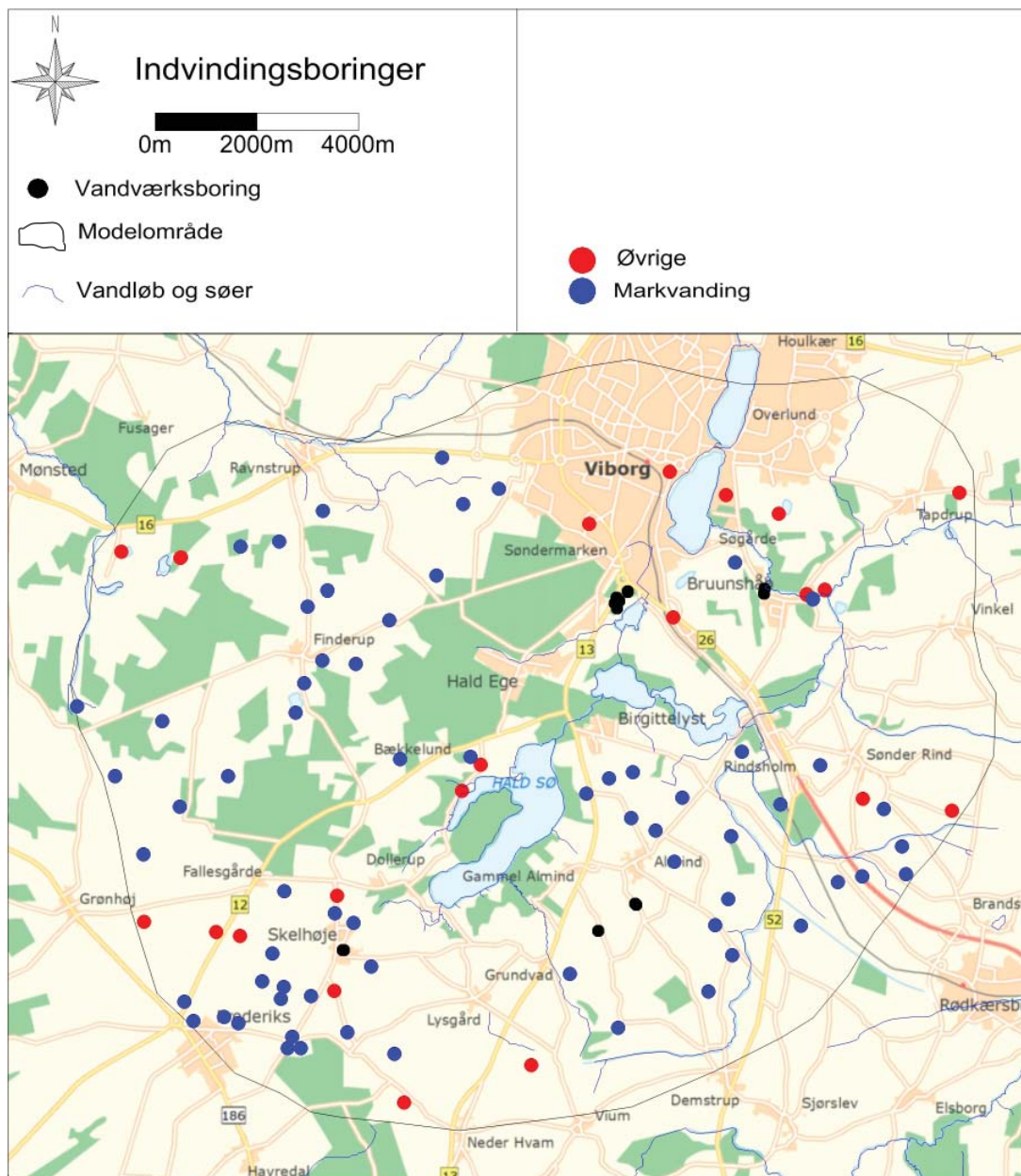


Figur 2.20 – Gradientforhold mellem det terrænnære magasin og det dybe magasin (Sand 1 og 3). Negative værdier betyder opadrettet gradient og positive værdier nedadrettet gradient.

### 2.4.3 Vandindvinding

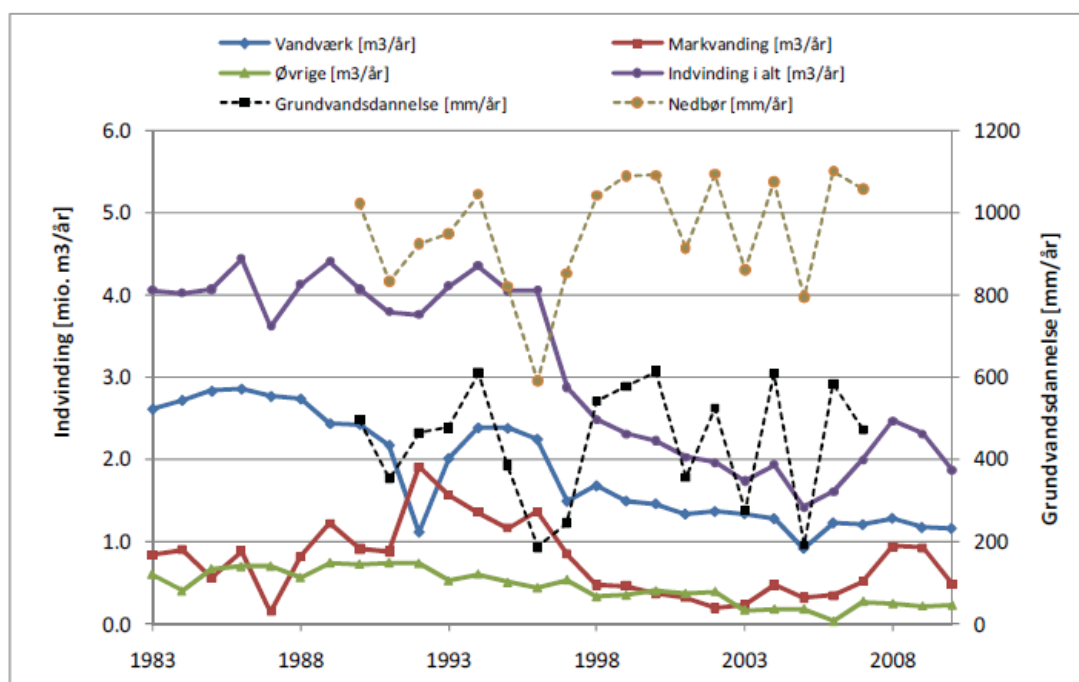
På figur 2.21 ses fordelingen af indvindingsboringer i modelområdet. Grundvandsindvindingen i modellen er baseret på data fra Jupiter, downloadet d. 24. marts 2011. Den samlede årlige indvinding i perioden fra 1983 til 2010 er vist på figur 2.22.

Figur 2.21 – Fordelingen af indvindingsboringer indenfor modelområdet.



Indvindingen er delt ud på de tre største indvindingsstyper; vandværker, markvanding og øvrige. Desuden er grundvandsdannelsen og nedbøren vist. Vandværkerne står for den største indvinding i perioden, hvor der siden 1980'erne ses en faldende indvinding. Et fald i indvindingsmængden ses ligeledes for markvanding efter begyndelsen af 1990'erne. Indvindingen til øvrige forbrug ligger relativt konstant i hele perioden. Det er tjekket, at antallet af indberetninger til Jupiter for markvanding er nogenlunde konstant over perioden. Der er sket et lille fald i indberetningen fra vandværker, hvilket antages at skyldes sammenlægninger af vandforsyningerne. Dette verificerer, at der er sket et faktisk fald i indvindingen i perioden. Den totale indvinding kan inddeles i to perioder med nogenlunde konstant indvinding; fra starten af 1980'erne og til 1996 og fra årtusindeskiftet og til i dag.

Figur 2.22 viser ligeledes grundvandsdannelsen og nedbøren i perioden 1990-2007. Det fremgår, at der er stor variation i grundvandsdannelsen, der ligger mellem 200 og 600 mm/år, mens nedbørmængden varierer fra mellem 600 og 1.100 mm/år. Der er en tydelig sammenhæng mellem nedbør og grundvandsdannelse, og det er således typisk mellem 30 og 50 % af nedbøren, der bliver til grundvandsdannelse. Der er ingen tydelig sammenhæng mellem nedbørmængden og omfanget af markvanding. De største indvindere inden for modelområdet er Viborg Vand City og Viborg Vand Syd. Umiddelbart uden for modelområdet ligger en anden stor indvinder: Viborg Vand Nord. Indvindings-tilladelserne for de fem vandværker, som der beregnet oplande til er vist i figur 2.23.



Figur 2.22 – samlet årlig grundvandsindvinding i omkring modelområdet.

Vandværk	Tilladt indvinding (m3/år)
Almind Hede	7.000
Almind Kirke	30.000
Bruunshåb	70.000
Skelhøje	98.000
Viborg Syd	600.000

Figur 2.23 – Indvindings-tilladelser for vandværkerne i modelområdet.

#### 2.4.4 Indvindingsoplande

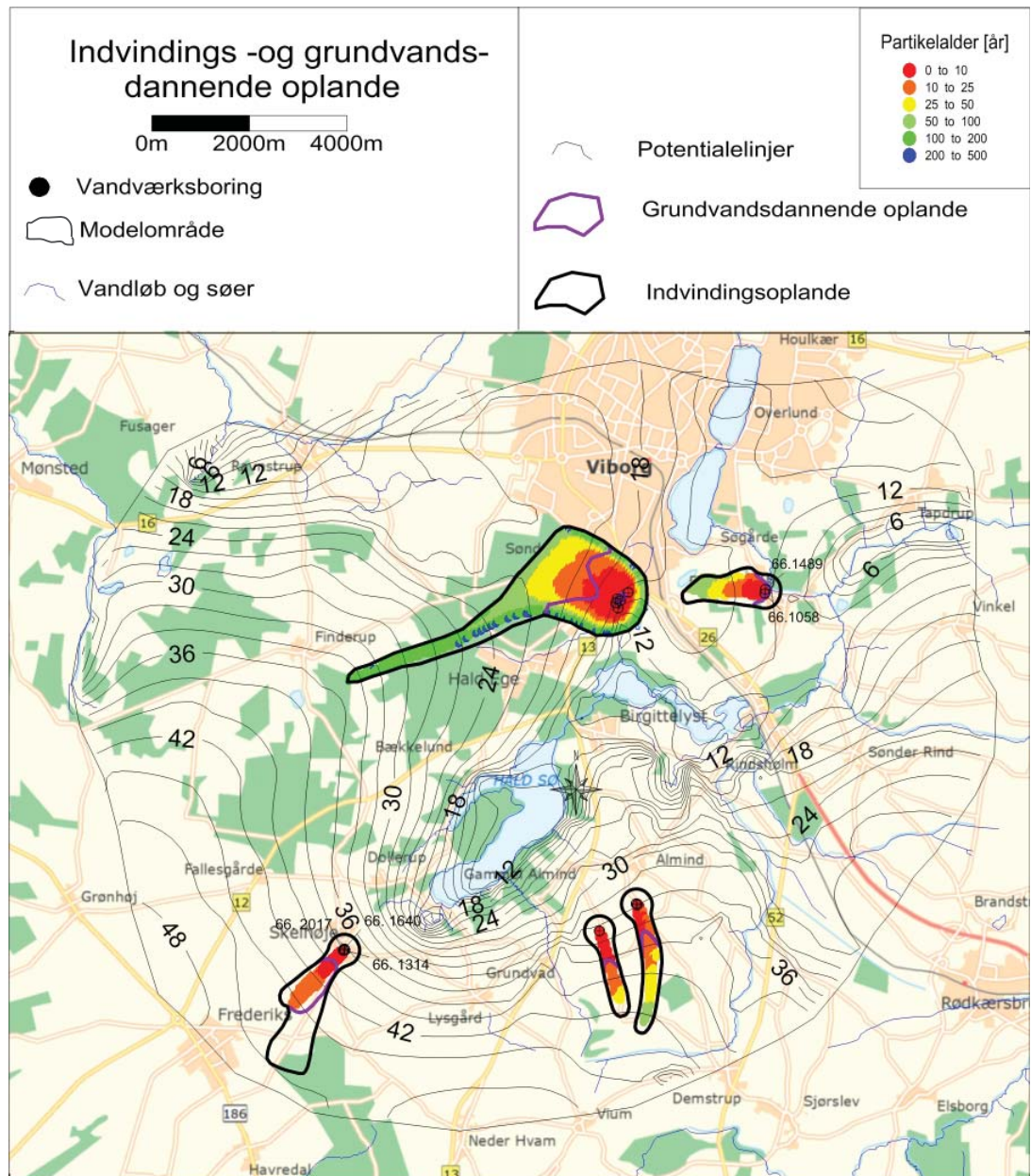
Med udgangspunkt i den opstillede grundvandsmodel er der beregnet indvindingsoplande og grundvandsdannende oplande for de enkelte vandværker. Indvindingsoplandene omfatter de arealer, hvor modellen viser, at der strømmer grundvand til vandværkernes indvindingsboringer, mens de grundvandsdannende oplande viser hvor det oppumpede vand dannes. Indvindingsoplandene og de grundvandsdannende oplande er bestemt ved baglæns partikelbanesimulering. Beregningerne er beskrevet i /1/. Det er med udgangspunkt i disse beregninger muligt at vurdere aldersfordelingen af det tilstrømmende vand – dvs. vurdere transporttiden fra et givent sted i indvindingsoplandet til indvindingsborin-

gerne. Figur 2.24 viser indvindings- og grundvandsdannende oplande samt aldersfordelingen.

Aldersfordelingen kan alene anvendes til en overordnet vurdering af alderen af det indvundne grundvand. Alderen skal altså ikke opfattes som en eksakt alder, men en vurdering af hvorvidt der er tale om 'ungt vand' eller 'gammelt vand'.

Der er foretaget stokastiske beregninger til vurdering af oplandenes usikkerhed /1/, og de endelige indvindingsoplande på figur 2.24 er optegnet under hensyntagen til usikkerhedsvurderingerne. De nærmere forhold for hvert indvindingsopland er beskrevet i kapitel 5.

Figur 2.24 – Beregnede indvindingsoplande, grundvandsdannende oplande og alder af grundvandet.



## 2.5 Grundvandskemi

De data, der præsenteres i denne redegørelse, er fra Jupiterdatabasen udtrukket 8. august 2011. Med udgangspunkt i den seneste analyse fra hver boring, er der udarbejdet en række kort der viser indholdet af en række relevante stofparametre i boringerne. Endvidere er der udarbejdet tidsserier for en række stoffer med henblik på at vurdere en eventuel tidlig udvikling.

### 2.5.1 Nitrat

Nitrat er det væsentligste stof i forhold til at vurdere grundvandskvaliteten og grundvandsmagasinets sårbarhed. I mange kortlægningsområder er det indholdet af nitrat i grundvandet, der er årsag til at vandkvaliteten må karakteriseres som ringe. I drikkevand er grænseværdien for nitrat 50 mg/l.

Nitrat kan stamme fra gødning som spredes på landbrugsarealerne, men der vil også under naturarealer kunne ske en udvaskning af nitrat i forbindelse med nedbrydningen og omsætningen af det organiske stof i jordbunden. Udvasningen under naturarealer er dog betydeligt mindre end under landbrugsarealer.

Hvorvidt den nedsivende nitrat når grundvandsmagasinet afhænger af jordens evne til at nedbryde og omsætte nitraten. Såfremt jordlagene har tilstrækkelig med reduktionskapacitet i form af bl.a. pyrit (svovlkis) vil nitraten blive nedbrudt længe før det når de dybe grundvandsmagasiner. Det skal dog understreges, at processerne kun sker under reducerede forhold, dvs. typisk i de vandmættede dele af jordlagene og/eller de øvre dele af grundvandsmagasinet.

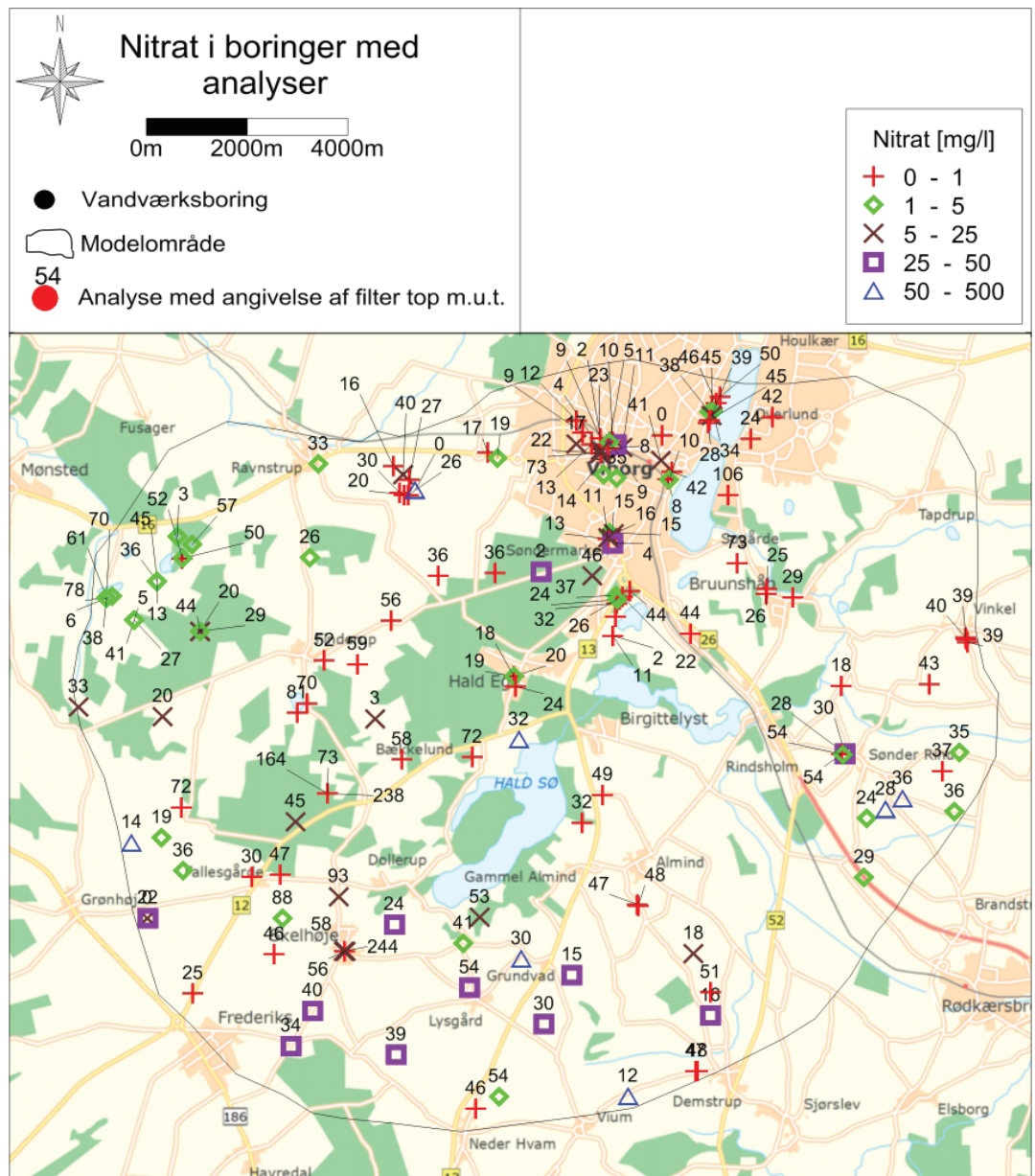
Er der målt nitrat i grundvandet kan grundvandsmagasinet karakteriseres som sårbart overfor påvirkninger fra overfladen, herunder også andre stoffer som f.eks. miljøfremmede stoffer.

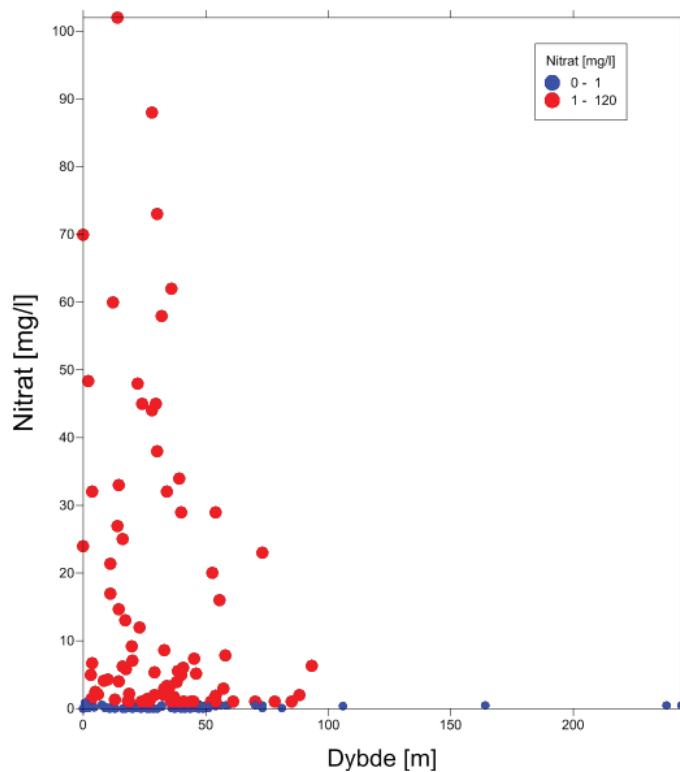
På figur 2.25 er nitratindholdet i de respektive boringer vist. Der ses fund af nitrat nær alle kildepladser, bortset fra ved Bruunshåb Vandværk. Ved Skelhøje Vandværk drejer det sig om de fungerende indvindingsboringer 66.1314 (16 mg/l) og 66.1640 (42 mg/l), og en tidligere indvindingsboring som nu er sløjfet. Ved Almind Hede er der registreret et lille indhold (1,3 mg/l) i vandværkets eneste boring. Det samme gør sig

gældende for Almind Kirke Vandværks ene boring (66.1601), som viser et indhold af nitrat lige over detektionsgrænsen (0,6 mg/l). Ved Viborg Vandværk Syd er der også registreret nitrat (1,4 mg/l) tæt på detektionsgrænsen i en enkelt boring (66.1174).



Figur 2.25 – Boringer hvor der er fundet nitrat i grundvandet.





Figur 2.26 – Nitratindholdet sammenholdt med dybden under terrænen af filter top.

På figur 2.26 ses borerer med nitrat sammenholdt med filterdybden. Plottet viser, at der generelt set findes nitrat ned til knap 100 m.u.t, hvilket omfatter alle tre magasiner. Et nitratindhold på over kvalitetskriteriet for drikkevand (>50 mg/l) findes kun i dybde mindre end 50 m.u.t. Borerer med nitrat findes i hele området. Dog synes der at være et strøg fra Guldborgland Plantage og op mod Viborg by, hvor langt hovedparten af borererne viser ingen nitrat.

### 2.5.2 Sulfat

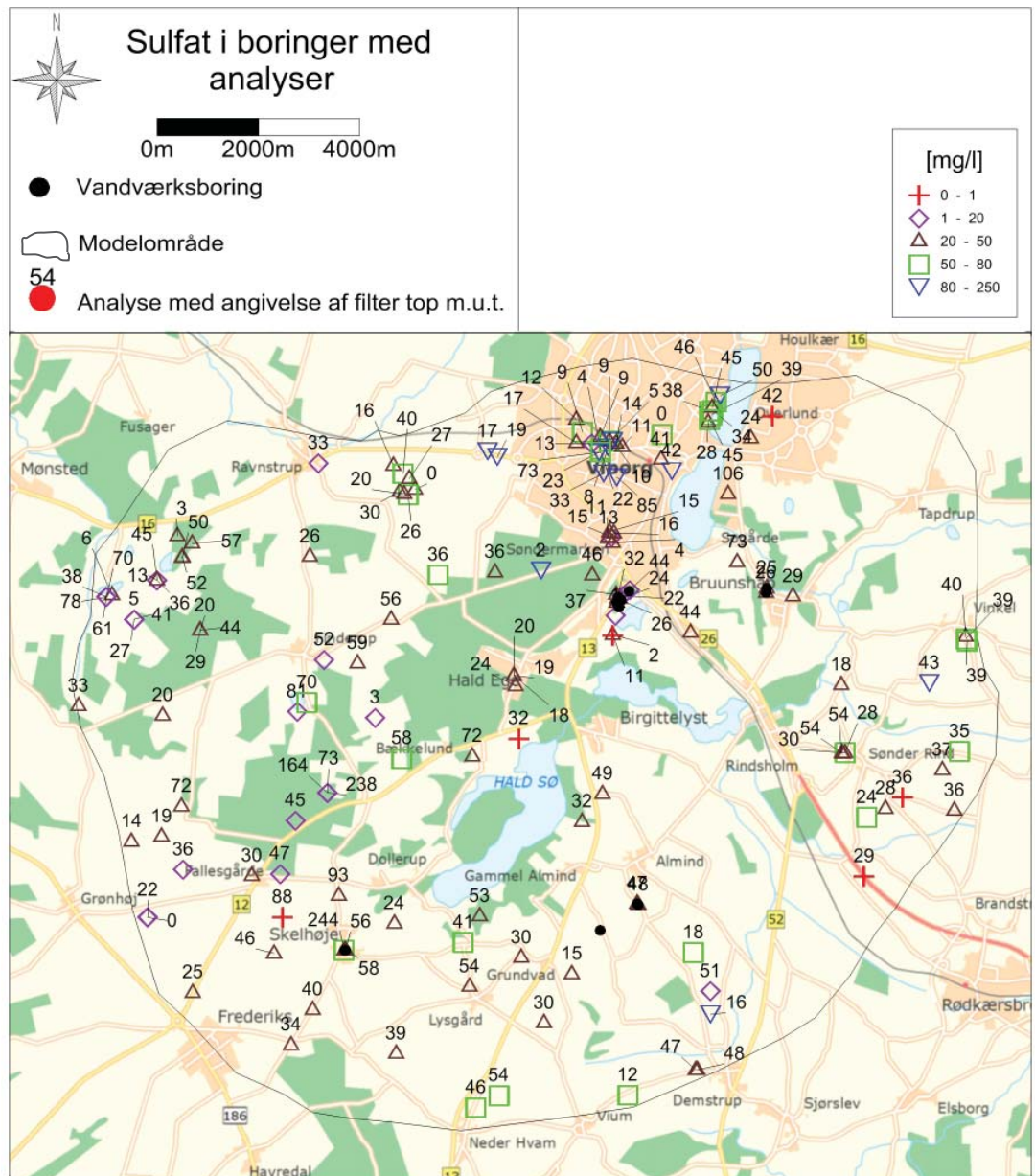
Et sulfatindhold over 50 mg/l indikerer, at der er tilført mere sulfat til grundvandet end der naturligt er indeholdt i det nedsivende regnvand. Kilden vil ofte være pyritoxidation. Pyritoxidation finder sted, når iltet eller nitratholdigt vand passerer pyritholdige jordlag. Pyritoxidationen reducerer ilt- og nitratindholdet under dannelse af bl.a. sulfat. Et højt sulfatindhold viser derfor, at grundvandsmagasinet og/eller de overliggende jordlag er belastet med nedsivende nitrat, eller at vandspejlet, som følge af kraftigt op-pumpning, ligger lavt således, at der kan trænge

ilt dybt ned i jordlagene. I drikkevand er grænseværdien for sulfat 250 mg/l.

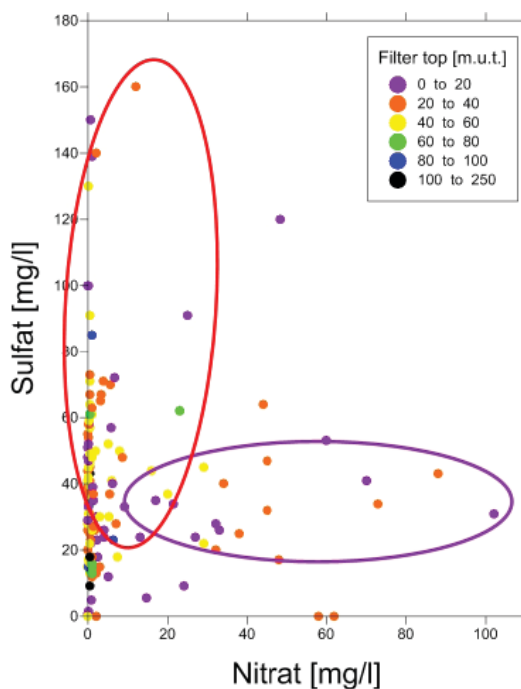
Omvendt viser lave koncentrationer (<20 mg/l) at der sker sulfatreduktion. Sulfatreduktion er en proces der forekommer i et iltfrit miljø, hvor sulfat reduceres til svovlbrinte samtidig med, at organisk stof oxideres til hydrogenkarbonat ved hjælp af mikroorganismer.

På figur 2.27 er vist sulfatindholdet. Som det fremgår af kortet, så er der en stor spredning i sulfatindholdet, og der er ca. 25 % borerer, som indeholder mere end 50 mg/l. Omkring 1/3 af borererne indeholder under 20 mg/l. På figur 2.28 er nitratindholdet sammenholdt med sulfatindholdet (uafhængigt af magasintilknytning).

Figur 2.27 – Sulfatindholdet i boreriger med vandanalyser.



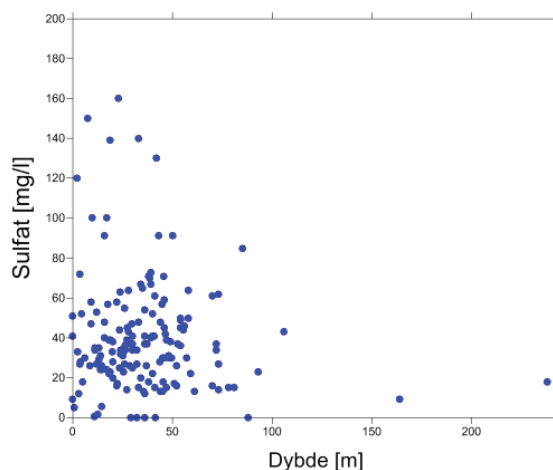
Af figur (2.28) ses det, at sulfatindholdet varierer hvor der er nitrat tilstede. Der tegner sig overordnet to populationer af vandprøver, som er omkranset af en henholdsvis rød og lilla ellipse. Den røde ellipse omkranser vandprøver, der viser både høje og lave koncentrationer af sulfat. De høje koncentrationer (>50 mg/l) stammer hovedsagelig fra filtre 0-60 m.u.t. hvilket indikerer, at der i dybdeintervallet 0-60 m.u.t., findes pyrit, som oxideres af nitrat. Den lilla ellipse omkranser vandprøver hvor nitratindholdet er relativt højt, men hvor sulfatindholdet ligger fast i koncentrationer omkring 30 mg/l. Disse vandprøver tilhører stort set alle intervallet 0-40 m.u.t., hvilket betyder, at der også er område hvor dybdeintervallet 0-40 m.u.t. er udvasket for pyrit, og at sulfatniveauet omkring de 30 mg/l svare til baggrunds niveauet i området. De sulfatreducerende forhold i området synes generelt at indtræde i dybder større end 60 m.u.t., og ses på figur 2.28 der hvor nitratindholdet er 0 mg/l og sulfatindholdet er under 30 mg/l.



Figur 2.28 – Sammenhæng mellem indhold af sulfat og nitrat tematiseret med top filter i meter under terræn.

Af figur 2.28 kan det generelt udledes, at der er variationer i områdets nitratreduktionskapacitet. I de øverste 60 m.u.t. findes der således områder, hvor nitratreduktionskapaciteten er opbrugt og områder hvor nitratreduktionskapaciteten ikke er opbrugt. I dybder større end 60 m.u.t. kan der dog generelt siges, at der hersker reducerede forhold og sulfatkoncentrationen er <30 mg/l.

Denne tolkning bekræftes yderligere af figur 2.29, der sammenholder sulfatindholdet med dybden til top filter. Her ses de højeste sulfatkoncentrationer (der viser pyritoxidation) at klumpe sig sammen i dybdeintervallet 0-60 m.u.t., hvorefter der generelt ses lave koncentrationer af sulfat.



Figur 2.29 – Indholdet af sulfat sammenholdt med dybden under terræn til top filter.

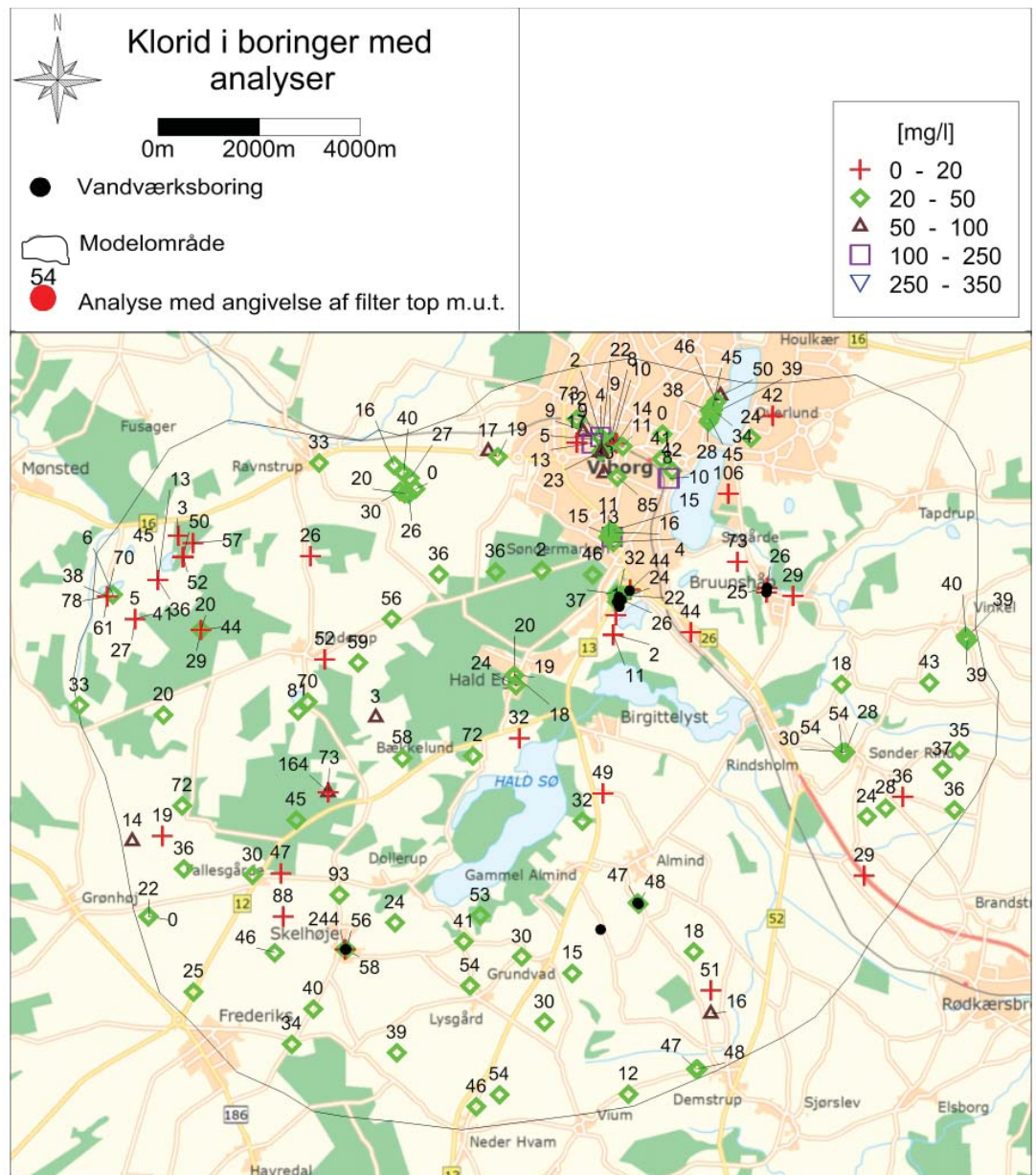
### 2.5.3 Klorid

Kloridindholdet i grundvand stammer overvejende fra opløst natriumklorid. Kloridindholdet i det nedsvivende regnvand er ofte i en størrelsesorden af 20-40 mg/l afhængigt af nærheden af kysten. En stigende tendens i kloridindholdet, som følge af vejsaltning eller anden aktivitet på jordoverfladen er en indikator for sårbarhed, og viser at aktiviteter på jordoverfladen påvirker vandkvaliteten i magasinet.

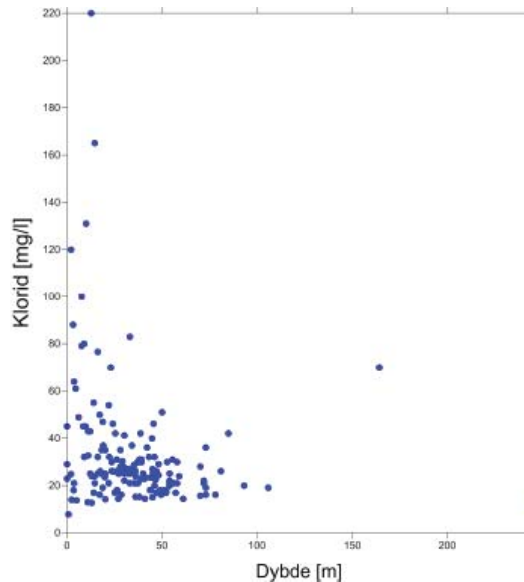
området ligger indenfor et naturligt baggrundsniveau, men der ses også forhøjede koncentrationer, hvoraf ingen dog er over kvalitetskriteriet for drikkevand.

Vandkvalitetskravet for klorid i drikkevand er <250 mg/l. Langt størstedelen af borerne i

Figur 2.30 – Indholdet af klorid i borer med vandanalyser.



Enkelte borer viser et forhøjet indhold af klorid. Alle disse borer er filtersat forholdsvis terrænnært og kan tilskrives V1 og V2 kortlagte arealer (i Viborg by), eller højst sandsynligt en følge af vejsaltning (nord for Demstrup og Grønhøj).



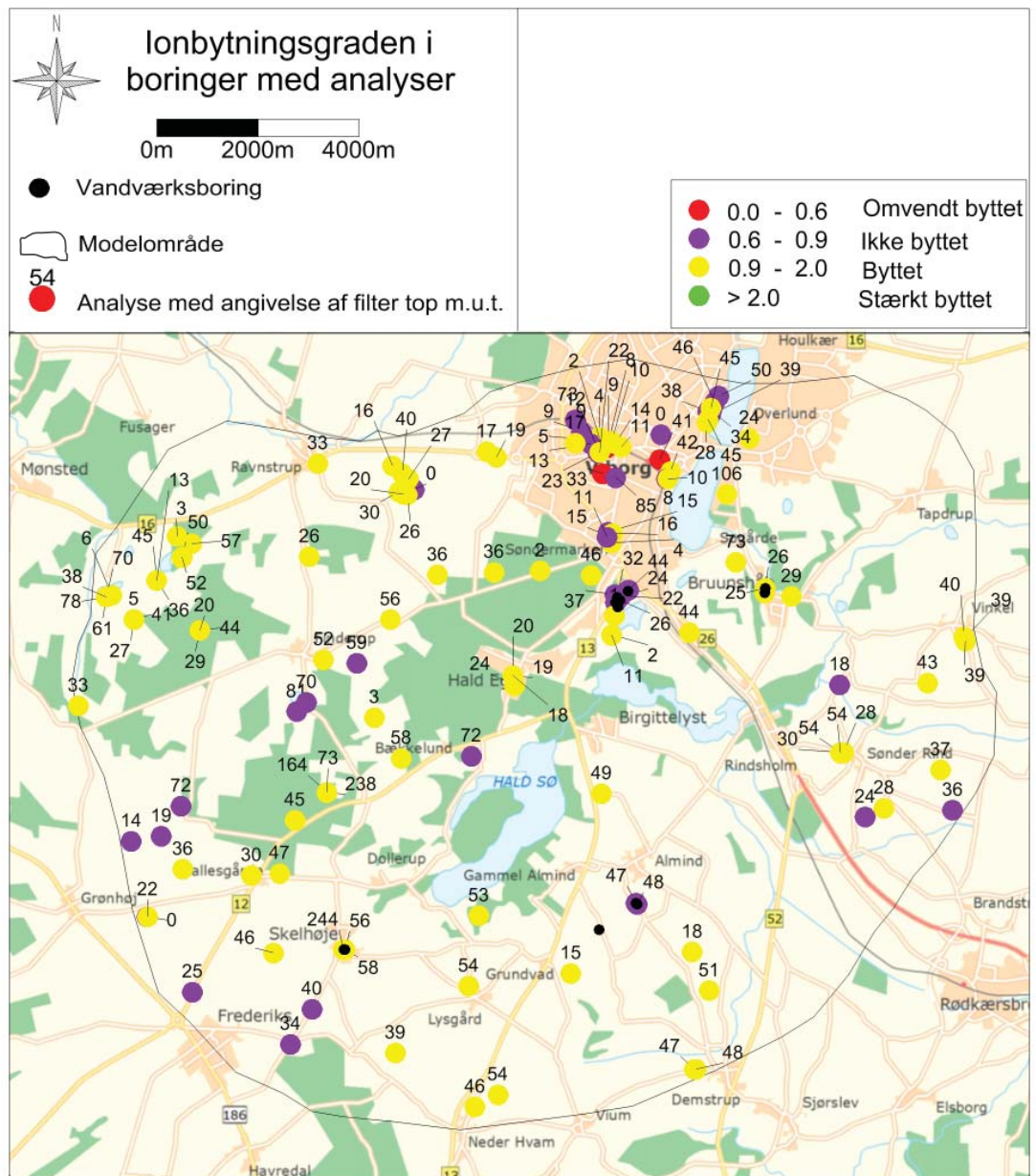
Figur 2.31 – Indhold af klorid i borer med vandanalyser.

#### 2.5.4 Ionbytning

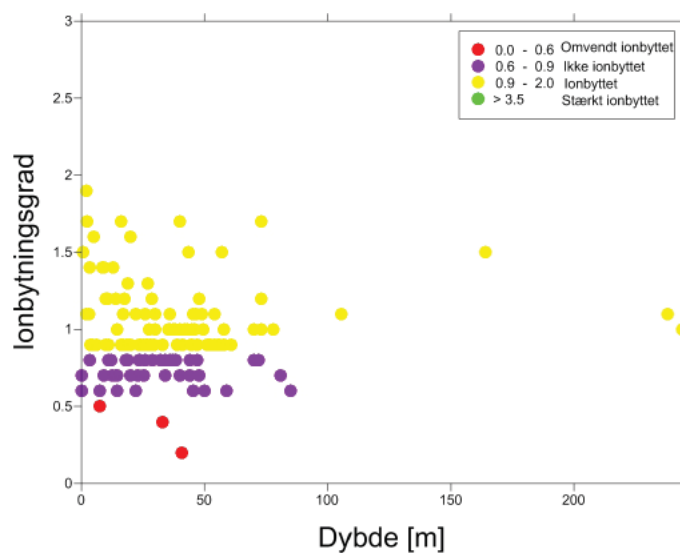
Ionbytning øger vandets indhold af natrium, på bekostning af calciumindholdet og herved falder vandets hårdhed. Ionbytning kan anvendes som en indikation af beskyttet grundvand. Der er fordi ionbytning kun finder sted hvis vandet har passeret en ionbytter (ofte lerlag) og gennemstrømningen ikke er stor. Derimod indikerer manglende ionbytning ikke nødvendigvis sårbart grundvand, da at der findes ler uden stor ionbytningskapacitet. Figur 2.32 og 2.33 viser, at borerne har ionbyttet og ikke ionbyttet vand i en nogenlunde ligelig fordeling, dog med en lille overvægt af ionbyttede vandprøver. Ingen borer viser stærkt ionbyttet vand og kun få borer viser omvendt ionbyttet vand. Det ikke ionbyttede vand ses kun i de øvre knap 100 m af lagserien, hvor de ionbyttede vand ses fra overfladen og ned til knap 250 m, som en vandprøve fra det dybeste filter ved Skelhøje Vandværk viser. Omvendt ionbytning ses kun i Viborg by i det terrænnære magasin og kan henføres til vejsaltning.

Figurerne 2.32 og 2.33 synes ikke at give nogen entydig forklaring på fordelingen af ionbytningsgraden. Kun det faktum, at ikke-ionbyttet vand kun findes i dybder under 100 m.u.t., og at det omvendt ionbyttede vand findes i de øverste 40 m.u.t., virker logisk. Langt størstedelen af vandprøverne findes fra 0-100 m.u.t., og i dette interval synes der ikke at være nogen systematik i fordelingen af ionbyttede og ikke-ionbyttede vandanalyser. Ionbytningsgraden synes derfor ikke, at kunne anvendes som indikator for sårbarheden i modelområdet.

Figur 2.32 – Ionbytningsgraden i boringer med vandanalyser.



Figur 2.33 – Ionbytningsgraden sammenholdt med dybden af top filter under terræn.



### 2.5.5 Hårdhed og forvitningsgrad

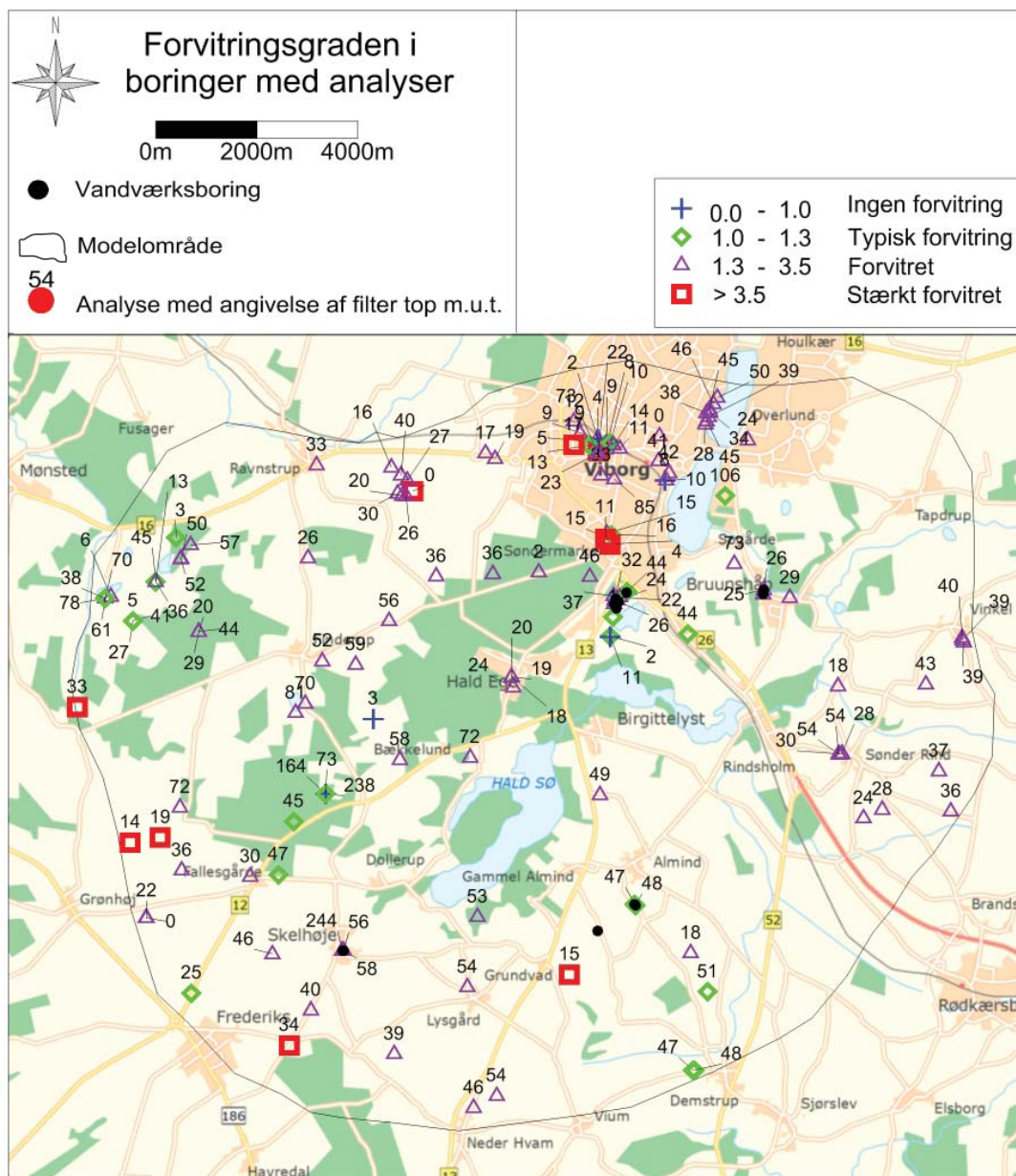
Hårdheden er beregnet ud fra indholdet af calcium og magnesium og vandanalyserne viser, at der er tale om blødt til middelhårdt vand med hårdhedsgrader mellem 1 og 18 °dH.

Forvitningsgraden er et udtryk for, hvorvidt der er andre syrer end opløst kuldioxid i systemet. Disse andre syrer kan være svovlsyre og saltpetersyre som følge af gødning, eller som følge af pyritoxidation, og er derfor en sårbarhedsindikator. Forvitningsgraden beregnes ud fra indholdet af calcium og magnesium i forhold til hydrogencarbonat (i milliækvivalenter).

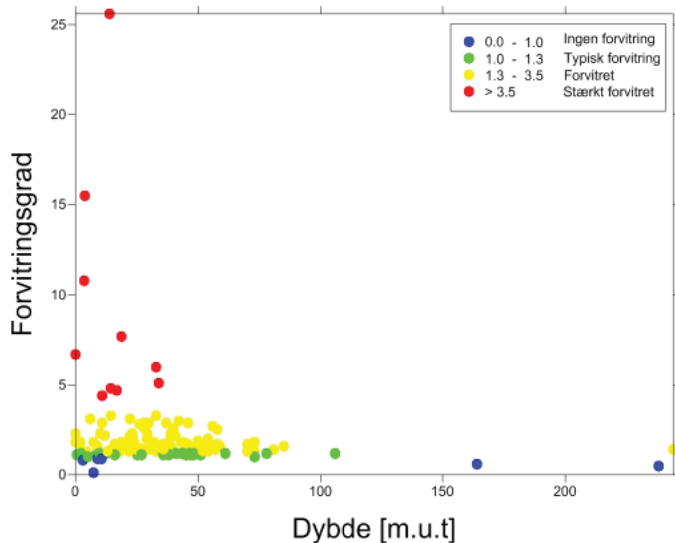
På figur 2.34 er vist forvitningsgraden i boringerne. Ca. 2/3 af boringer viser forvitret til stærk forvitring, og den resterende del viser typisk til ingen forvitring. Sammenholdes figur 2.35 med plottet figur 2.34, så ses der en trend, hvor analyser med stærk forvitningsgrad stammer fra boringer som er filtersat fra 0 til ca. 40 m.u.t. Forvitrede vandanalyser (1,3-3,5) findes i boringer filtersat fra 0 knap 100 m.u.t. Dog viser en enkelt vandanalyse fra undersøgelsesboring 66.2037 i ca. 250 m.u.t. forvitret vand. Typisk til ingen forvitring (0 – 1,3) ses fra 0 til knap 250 m.u.t.



Figur 2.34 – Forvitningsgraden for boringer med vandanalyser.



Figur 2.35 – Forvitningsgraden sammenholdt med dybden.



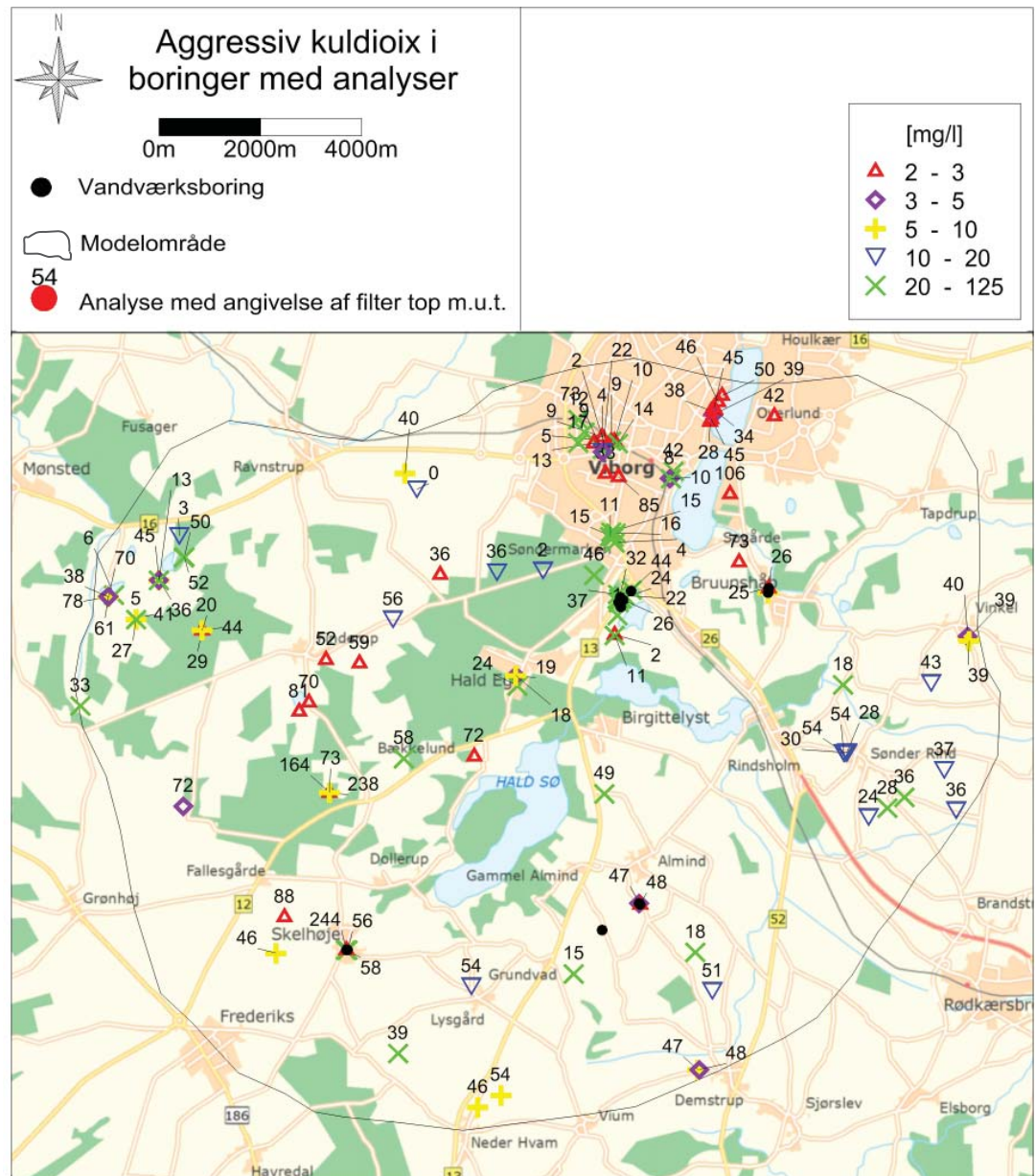
### 2.5.6 Aggressiv kuldioxid.

Når der ikke er tilstrækkeligt med kalk i jorden til at neutralisere den syre der dannes, f.eks. ved nedbrydning af organisk stof, så vil der optræde et indhold af aggressiv kuldioxid i grundvandet. Aggressiv kuldioxid er skadeligt, da det angriber installationer på vandværket og i husholdninger, med risiko for at der kan frigives skadelige tungmetaller til drikkevandet. I forhold til drikkevandskvalitetskriteriet må der ikke være aggressiv kuldioxid i drikkevandet og grænseværdien for drikkevand sættes til 2 mg/l, der typisk er detektionsgrænsen.

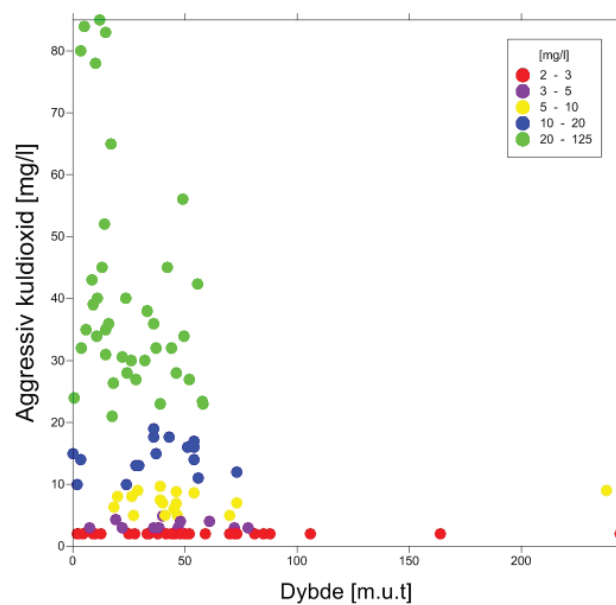
Som forventet, ud fra at der generelt er tale om blødt til mellemhårdt vand, er der også et indhold af aggressiv kuldioxid i grundvandet. Figur 2.36 viser fordelingen.

Ca. 25 % af analyserne ligger i intervallet 2-3 mg/l, som er lige omkring detektionsgrænsen. Omkring 50 % af analyserne har koncentrationer mellem 3-20 mg/l, og ca. de sidste 25% har høje koncentrationer >20 mg/l. De høje koncentrationer findes bl.a. i Viborg Syd og Skelhøje vandværkers borer, hvor de resterende vandværker har et forholdsvis lavt indhold af aggressivt kuldioxid, som ikke bør give anledning til problemer i vandbehandlingen. Af figur 2.37 ses det, at de høje koncentrationer findes i de øverste ca. 80 m af lagserien, og kun undersøgelsesboring 66.2037 viser et forhøjet indhold af aggressivt kuldioxid dybere end 80 m u.t.

Figur 2.36 – Indholdet af aggressiv kuldioxid i boringer med vandanalyser.



Figur 2.37 – Indholdet af aggressiv kuldioxid sammenholdt med dybden til top filter under terræn.



### 2.5.7 Vandtyper

Ud fra en række redoxfølsomme stoffer: ilt, nitrat, sulfat, jern, methan og forvitningsgrad har Miljøstyrelsen opstillet en klassifikation i 4 vandtyper /14/. Da der ofte er usikkerhed mht. det reelle indhold af ilt i vandprøverne, pga. iltning under prøvetagning, er vandtype A og B samlet i en gruppe. Beskrivelsen af vandtyperne fremgår af figur 2.36

På figur 2.39 ses vandtyperne i borerne. Der er generelt tale om en varieret råvandskvalitet af både type A/B, C og D (figur 2.39). Af figur 2.40 fremgår det, at der er flest prøver med vandtype C. Dog viser figuren ingen tydelig sammenhæng mellem vandtype og dybden under terræn, men at alle vandtyper findes i alle dybder. Dette skal dog nok ses i lyset af, at der kun er få borer over 100 m dybde, som har vandprøver og at en del prøver er sorteret fra på grund af redoxkonflikter

Sammenholdes alle de vandkemiske data for området, så ses det, at der er en varieret påvirkning af de ca. 80 øverste meter af lagserien. Denne del af lagserien viser en påvirkning fra jordoverfladen i form af nitrat, forøget sulfat, højt forvitningsindeks og sårbare vandtyper. Dog ses der også mange vandprøver fra dette dybdeinterval uden påvirkning. Under dette dybdeinterval er der kun ganske få vandanalyser, men der tegner sig umiddelbart et billede af en vandkemi, som er mindre påvirket af aktiviteter på jordoverfladen.

Vandtype	Sårbarhed	Beskrivelse
A eller B	Sårbar	Indeholder ilt eller nitrat. Ofte højt sulfatindhold. Grundvandsmagasinet er direkte påvirket fra overfladen
C	Mindre sårbar	Ingen ilt eller nitrat. Højt sulfatindhold. Grundvandsmagasinet er kun indirekte påvirket fra overfladen
D	Ikke sårbar	Ingen ilt eller nitrat. Lavt sulfatindhold. Grundvandsmagasinet er ikke påvirket fra overfladen

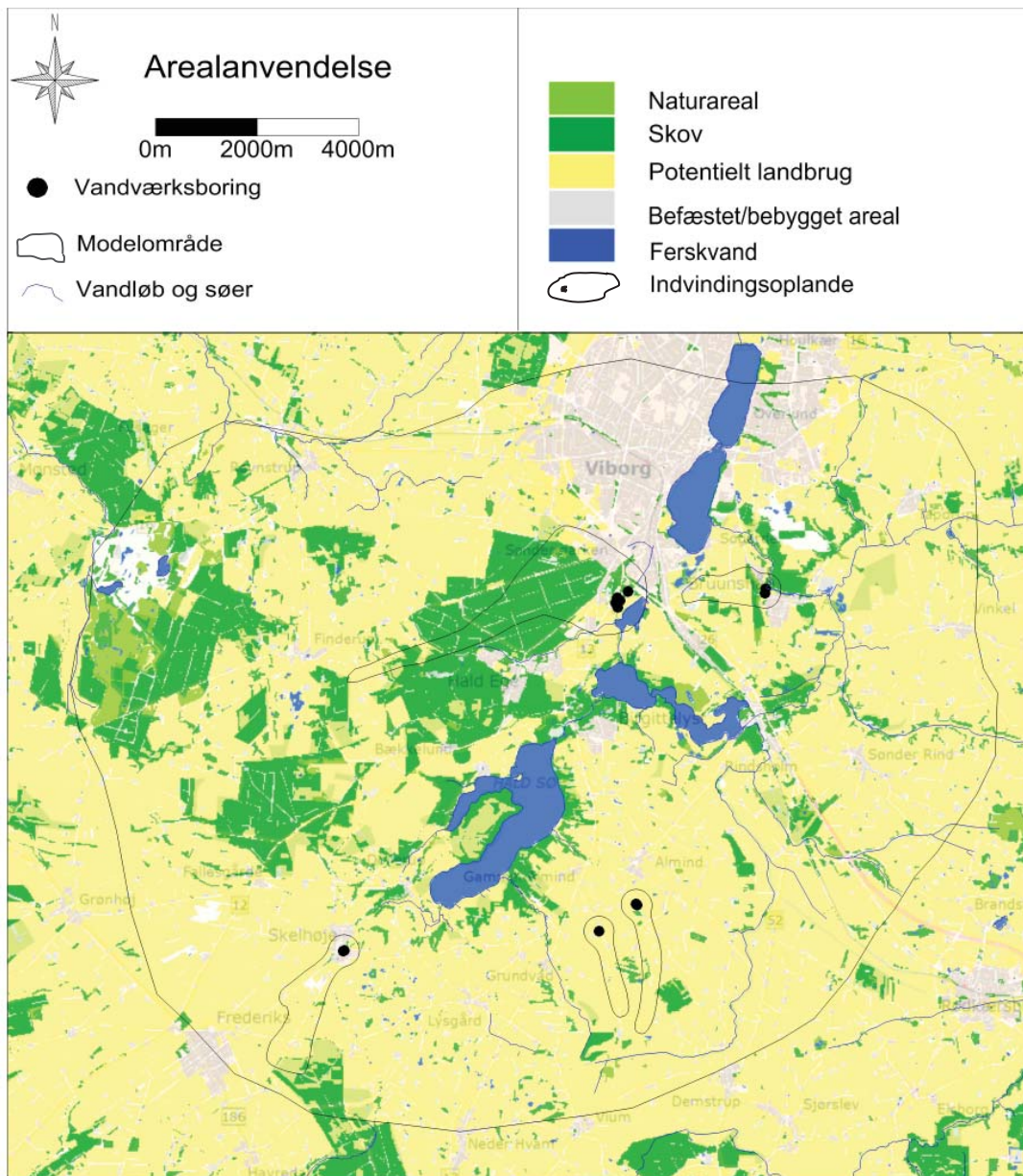
Figur 2.38 – Kategorisering af vandtyper ud fra deres sårbarhed.



## 2.6 Arealanvendelse og forureningskilder

I forhold til at vurdere grundvandsmagasiner-nes robusthed med hensyn til at opretholde en god vandkvalitet, er det væsentlig at se på arealanvendelsen i området. Navnlig i områder med stor grundvandsdannelse kan arealanvendelsen have betydning for vandkvaliteten i fremtiden. Ud fra AIS data (Areal Informations System) er den overordnede arealanvendelse vurderet og præsenteret på figur 2.41.

Hovedparten af arealanvendelsen er potentielt landbrug. Dette er især gældende for den østlige og sydlige del af området, hvorimod det centrale og vestlige område er præget af tre større skov og naturområder. Disse omfatter Viborg He-deplantage, Guldborgland Plantage, FINDERUP Plantage, samt det militære øvelsesterræn ved FINDERUP.

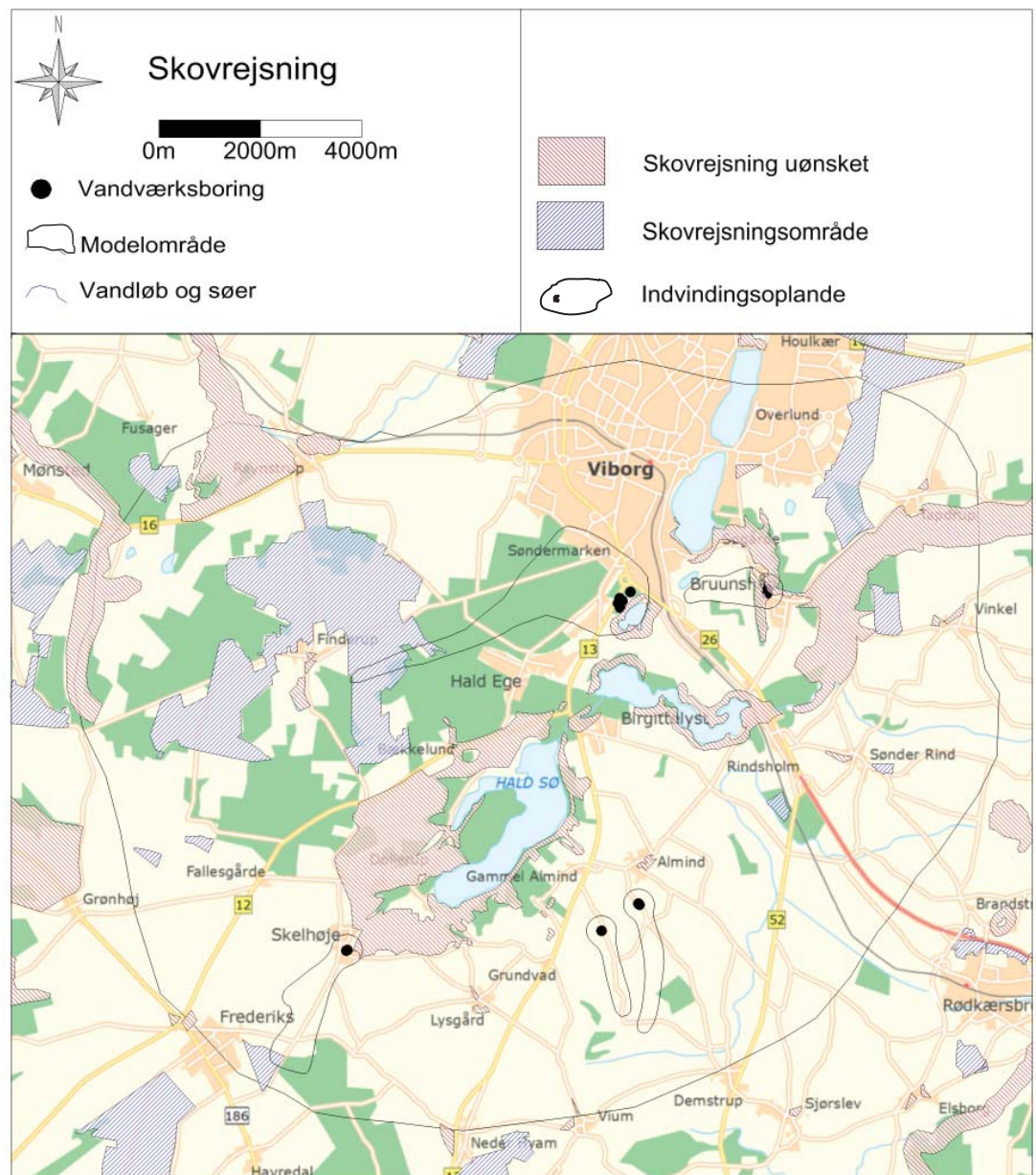


Figur 2.41 - Arealanvendelsen i området.

### 2.6.1 Skovrejsning

I forbindelse med Regionplan 2005 har Viborg Amt udpeget skovrejsningsområder, og områder hvor skovrejsning er uønsket, se figur 2.42. Som det fremgår, er der udpeget forholdsvis store skovrejsningsområder i OSD i mellemrummene mellem de allerede eksisterende skovområder. Områderne, hvor skovrejsning er uønsket, er overvejende udlagt i bræmmer langs området vandløb og søer.

Figur 2.42 - Uønskede skovrejsningsområder og skovrejsningsområder, jf. Regionplan 2005.



### 2.6.2 Nitratbelastning

Da langt hovedparten af arealerne i kortlægningsområdet udgøres af landbrugsjord, er det væsentligt at se nærmere på nitratbelastningen. Med udgangspunkt i landbrugsregisterdata fra 2009 er nitratbelastningen vurderet.

såsom jordtype, jordbehandling, såtidspunkt, gødningstype, nettonedbør og ikke mindst afgrødetype.

Data er henholdsvis koblet til en bedrift, det vil sige en punktplacering, og til markblokke. Markblokke er en opdeling af landbrugsarealer i blokke, bestående af en eller flere marker. Grænserne følger typisk faste grænser i landskabet, som f.eks. hegn og vandløb. I en markblok kan der være marker tilhørende forskellige bedrifter.

Figur 2.43 viser den potentielle udvaskning af nitrat fra rodzonen indenfor de enkelte markblokke.

Den viste nitratudvaskning på figur 2.43 er en sammenkobling af information fra det Generelle Landbrugsregister (GLR), gødningsregnskaberne og en perkulationsberegning. Beregningerne bygger som nævnt på data fra 2009. Der kan således i dag lokalt være ændrede forhold, som giver ændret udvaskning af nitrat. I forhold til denne redegørelsesrapport og det efterfølgende indsatsplanarbejde kan kortet primært bruges som en screening, der viser områder med intensivt dyrkede landbrugsarealer og dermed arealer, hvor der er risiko for en stor udvaskning af nitrat.

Den potentielle nitratudvaskning varierer meget indenfor området, fra under 25 mg/l til over 100 mg/l. Fordelingen af markblokke med høj potentiel nitratudvaskning (>100 mg/l) ser ud til at være spredt jævnt ud i området. Derimod tegner der sig større sammenhængende områder med lav potentiel udvaskning (25-50 mg/l), som i overvejende grad knytter sig til bræmmer langs området vandløb. Markblokke med moderat potentiel udvaskning (50-75 mg/l) tegner sig for størstedelen af områdets arealer.

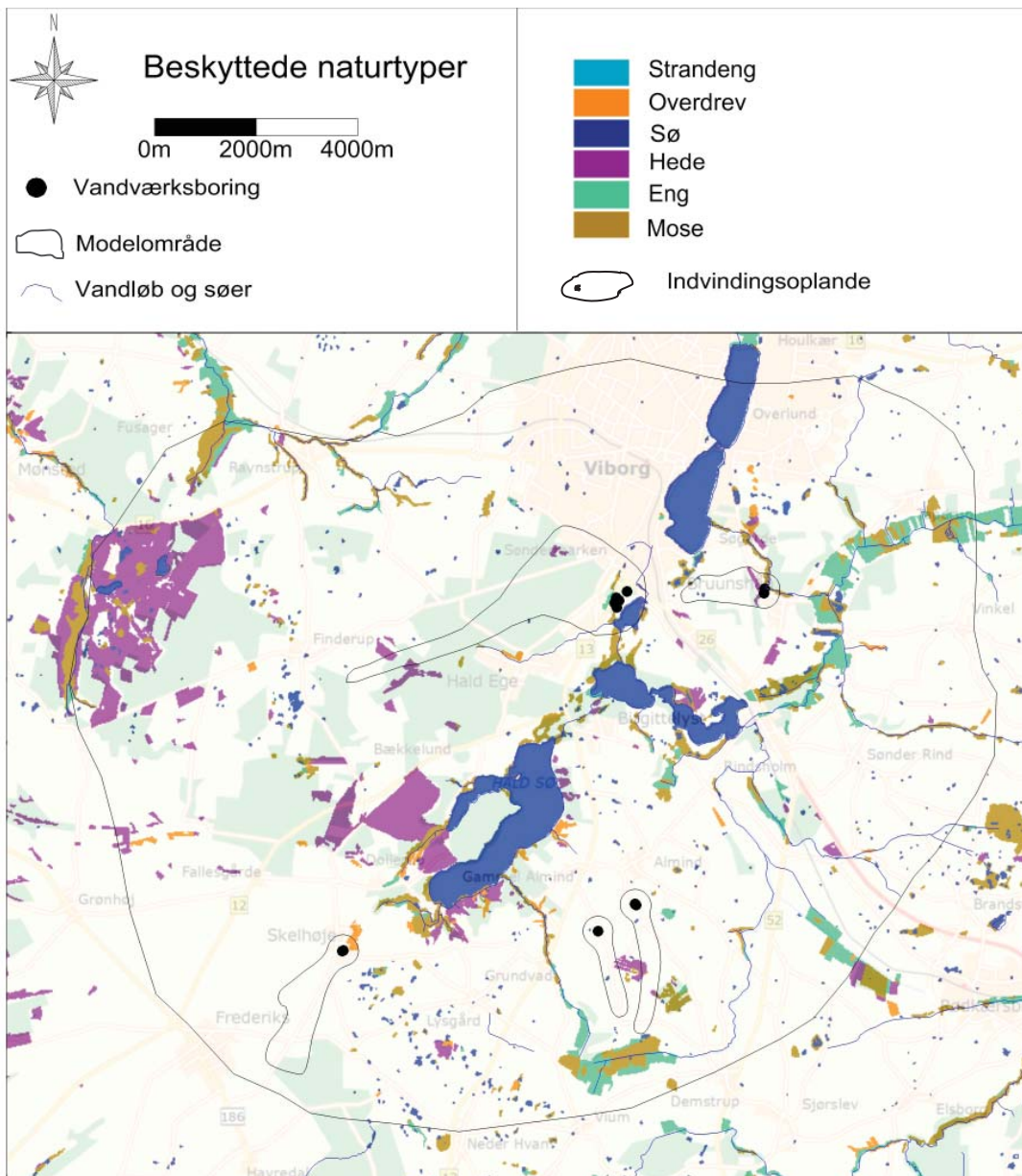
Den gennemsnitlige potentielle nitratudvaskning omfatter kun de arealer, som dyrkes landbrugsmæssigt, og som der er søgt tilskud til. Den gennemsnitlige nitratudvaskning fra alle arealer vil formentlig være en del lavere. Det er væsentligt at bemærke, at der er mange forhold, som spiller ind på den potentielle nitratudvaskning,





### 2.6.3 Anden arealanvendelse

I området ved Viborg Syd er der udpeget en række beskyttede naturtyper. Eng, mose og hedere naturtyper er de mest dominerende naturtyper og udgør stedvist store sammenhængende arealer.



Figur 2.44 - Beskyttede naturtyper (§3 områder).

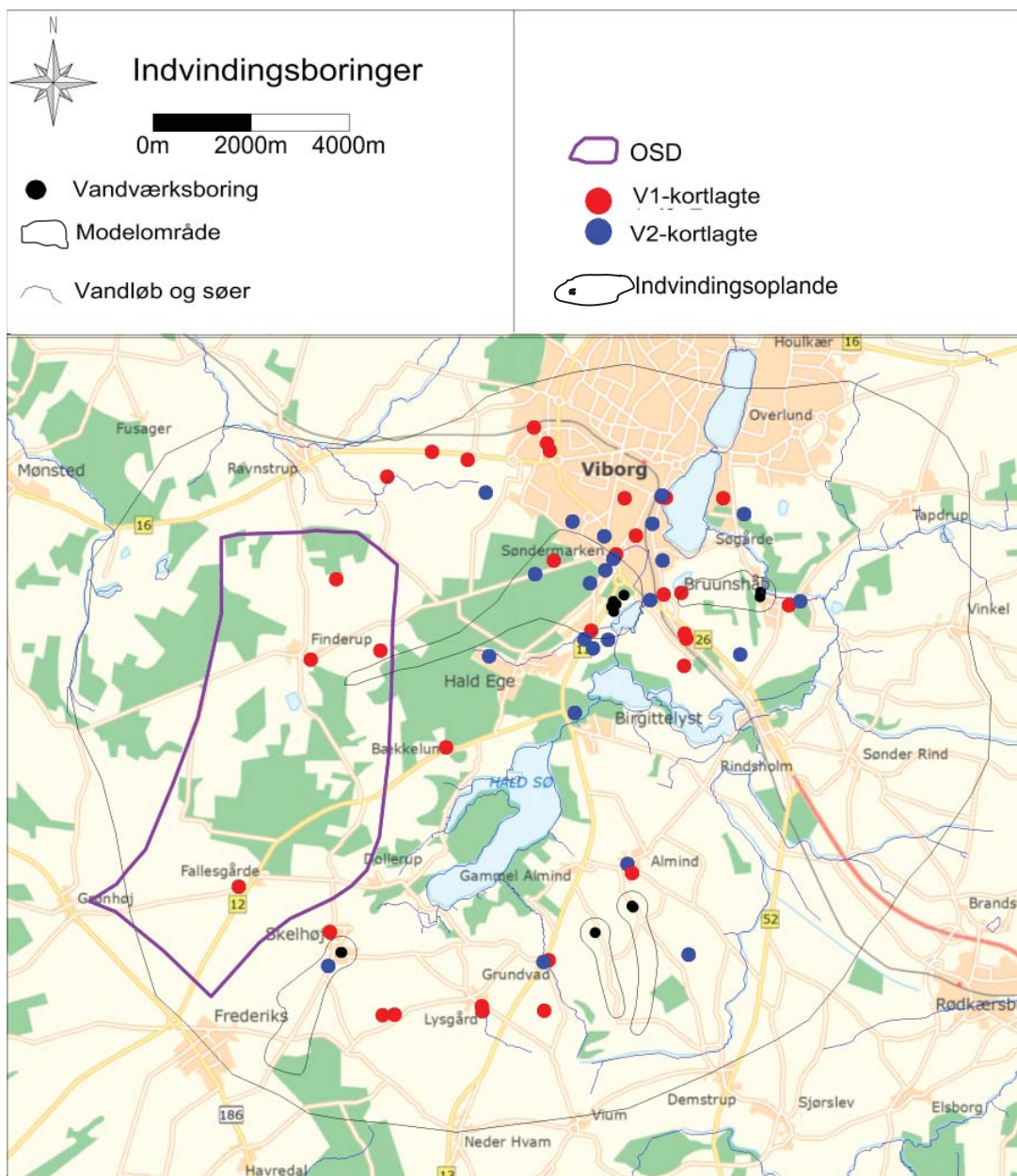
#### 2.6.4 Jordforurening

Med udgangspunkt i data hentet ved Region Midtjylland i maj 2011 findes der inden for OSD og indvindingsoplandene i kortlægningsområdet 12 lokaliteter, som er registreret i forbindelse med jordforureningskortlægningen. 5 lokaliteter er V2 kortlagt, 7 lokaliteter er V1-kortlagte (figur 2.45).

Placeringen af de kortlagte lokaliteter er angivet på figur 2.46. Følgende lokaliteter ligger inden for indvindingsoplandene: lokalitet nr. 769-00003 ved Skelhøje Vandværk, 791-00174, 791-00196, 791-00259, 791-00306, 791-00402, 791-00414 ved Viborg Vandværk Syd, 791-00074 ved Bruunshåb Vandværk. De resterende fire lokaliteter ligger i OSD'et.

Figur 2.45 – V1- og V2-kortlagte lokaliteter.

Nummer	Type	Lokalitetsnavn	Branche	Stoffer	
769-00003	V2	FYLDPLADS/LOSSEPLADS, SKELHØJE	Affaldsbehandling	Olie, benzin, BTEX	Ingen indsats pga. risikovurdering
791-00074	V1	JOHN STAALLING EKSPORT APS	Metalgenbrug	Ikke angivet	Ingen indsats. Ikke omfattet af offentlig indsats
791-00174	V2	HAAHR V/ MIKA	Olie og benzin	Olie, benzin, BTEX, benzen mm.	Ingen indsats pga. afværge
791-00196	V2	FINDERUP LOSSEPLADS	Affaldsbehandling	Tungmetaller, olie, benzin	Monitering, overvågning
791-00224	V1	FALLESGÅRDE LOSSEPLADS VEST	Affaldsbehandling	Ikke angivet	Ingen indsats. Ikke omfattet af offentlig indsats
791-00259	V1	NONBO AUTOTRAKTORVÆRKSTED APS	Autoværksted	Ikke angivet	Indledende undersøgelse
791-00306	V2	VIBORG MILITÆRE SKYDEBANER	Skydebaner	Ikke angivet	Ingen indsats pga. afværge
791-00378	V1	POULSENS PLANTESKOLE	Planteskole	Ikke angivet	Indledende undersøgelse
791-00401	V1	SKYDEBANE FINDERUPVEJ 67	Skydebaner	Ikke angivet	Indledende undersøgelse
791-00402	V1	SKYDEBANE FINDERUPVEJ 50	Skydebaner	Ikke angivet	Indledende undersøgelse
791-00414	V2	KOLDINGVEJ TRANSFORMATORSTATION	Elforsyning	Cyanid	Videregående undersøgelse
791-00437	V1	BENDIXEN NEON APS	Elektriske apparater	Ikke angivet	Indledende undersøgelse



Figur 2.46 – V1- og V2-kortlagte forureningslokaliteter

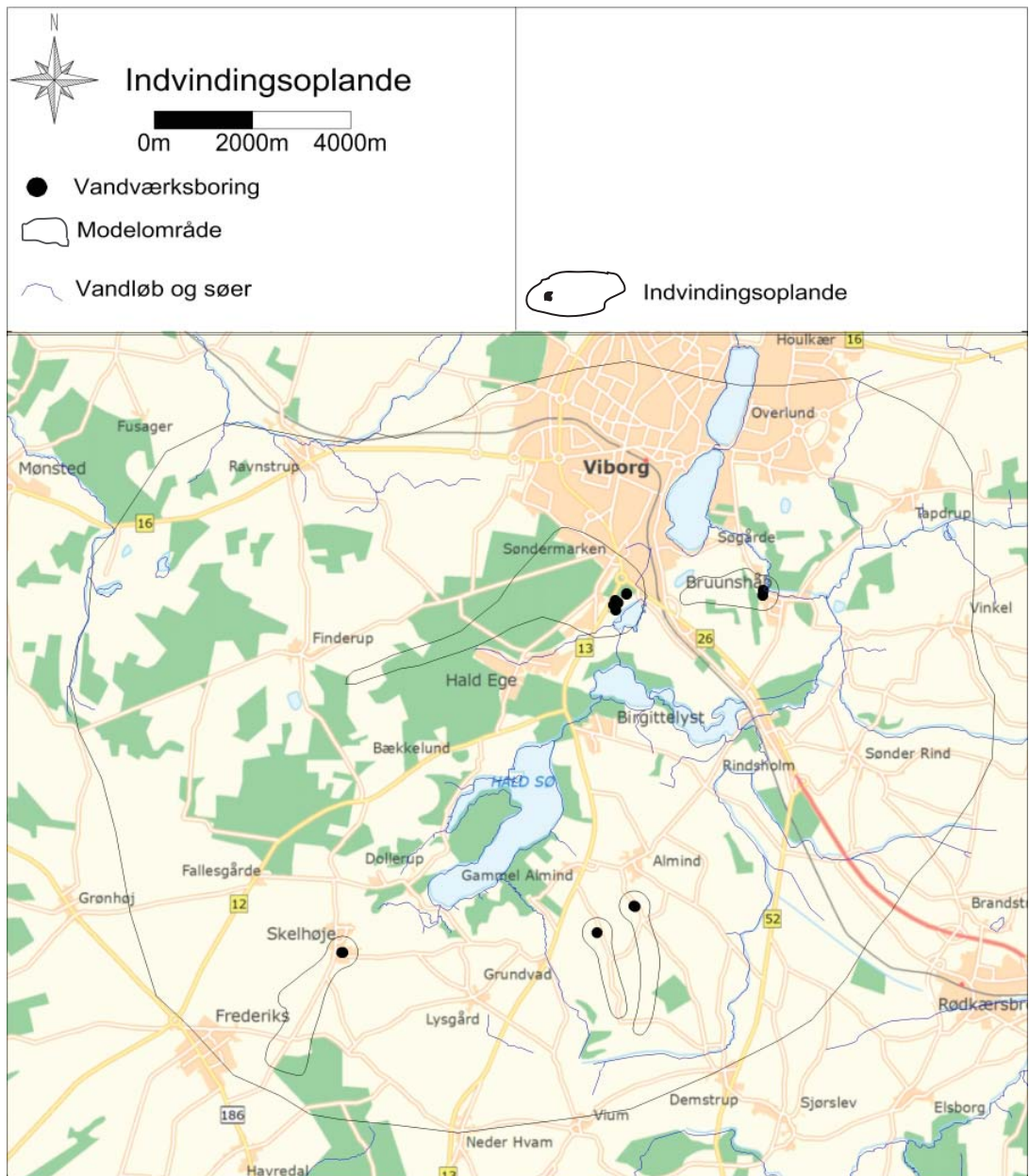
# 3 Områdeudpegning

I dette afsnit vurderes afgrænsningen af Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD). Endvidere præsenteres indvindingsoplande til de almene vandværker. Sårbarheden af kortlægningsområdet vurderes, og efterfølgende revideres de nitratfølsomme indvindingsområder og der udpeges indsatsområder med hensyn til nitrat.

## 3.1 Vandværkernes indvindingsoplande

Med udgangspunkt i den opstillede grundvandsmodel for området, jf. afsnit 2.4.4. er indvindingsoplandene til vandværkerne i området optegnet, se figur 3.1.

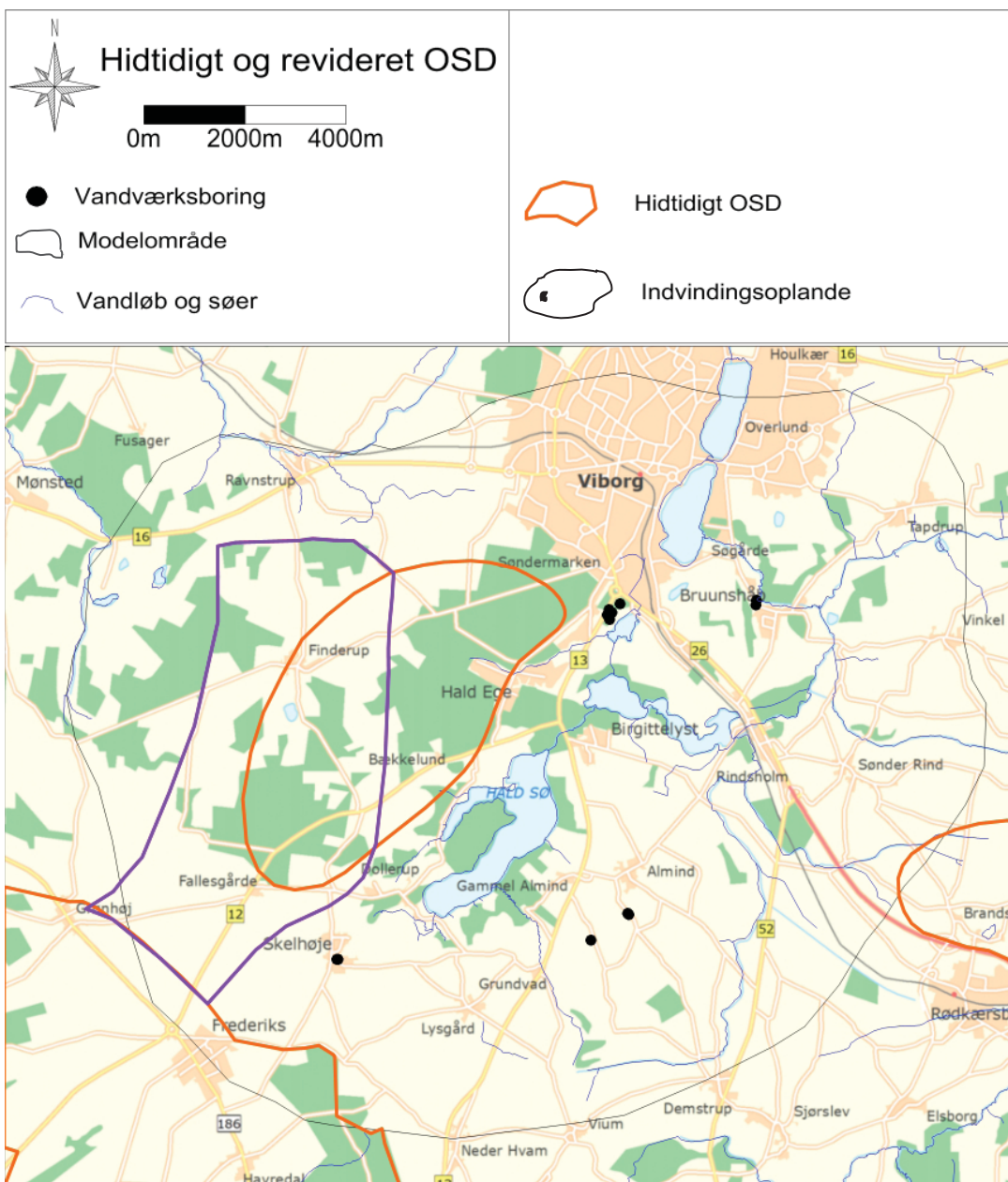
Figur 3.1 – Beregnede indvindingsoplande til vandværkernes kildepladser.



### 3.2 Område med særlige drikkevandsinteresser

OSD er oprindeligt udpeget af amterne i forbindelse med regionplanarbejdet. Ud fra kortlægningsresultaterne er afgrænsningen af OSD nærmere vurderet og justeret. De nye OSD grænser tager udgangspunkt i de hidtidige grænser, men er justeret ud fra den opnåede viden om grundvandsdannelse, gradientforhold og

strømningsretning, beskyttelse og grundvandskvalitet. Udpegningen af OSD er foretaget ud fra en vurdering af ovennævnte forhold i områdets mellemste magasin (Sand 2) inden for den begravede dal, og det dybeste magasin (Sand 3) i området uden for den begravede dal.



Figur 3.2 – Hidtidigt og revideret OSD.

### 3.3 Nitratfølsomme indvindingsområder

Nitratfølsomme indvindingsområder udpeges, hvor grundvandsmagasinerne er sårbare overfor nitrat indenfor OSD eller indenfor almene vandværkers indvindingsoplande. Udpegningen foretages i henhold til Miljømålslovens § 8 a.

De nitratfølsomme indvindingsområder er oprindeligt udpeget i amtets regionplan, men med udgangspunkt i den detaljerede kortlægning er udpegningen som nitratfølsomt indvindingsområde og sårbarheden i det hele taget nærmere vurderet.

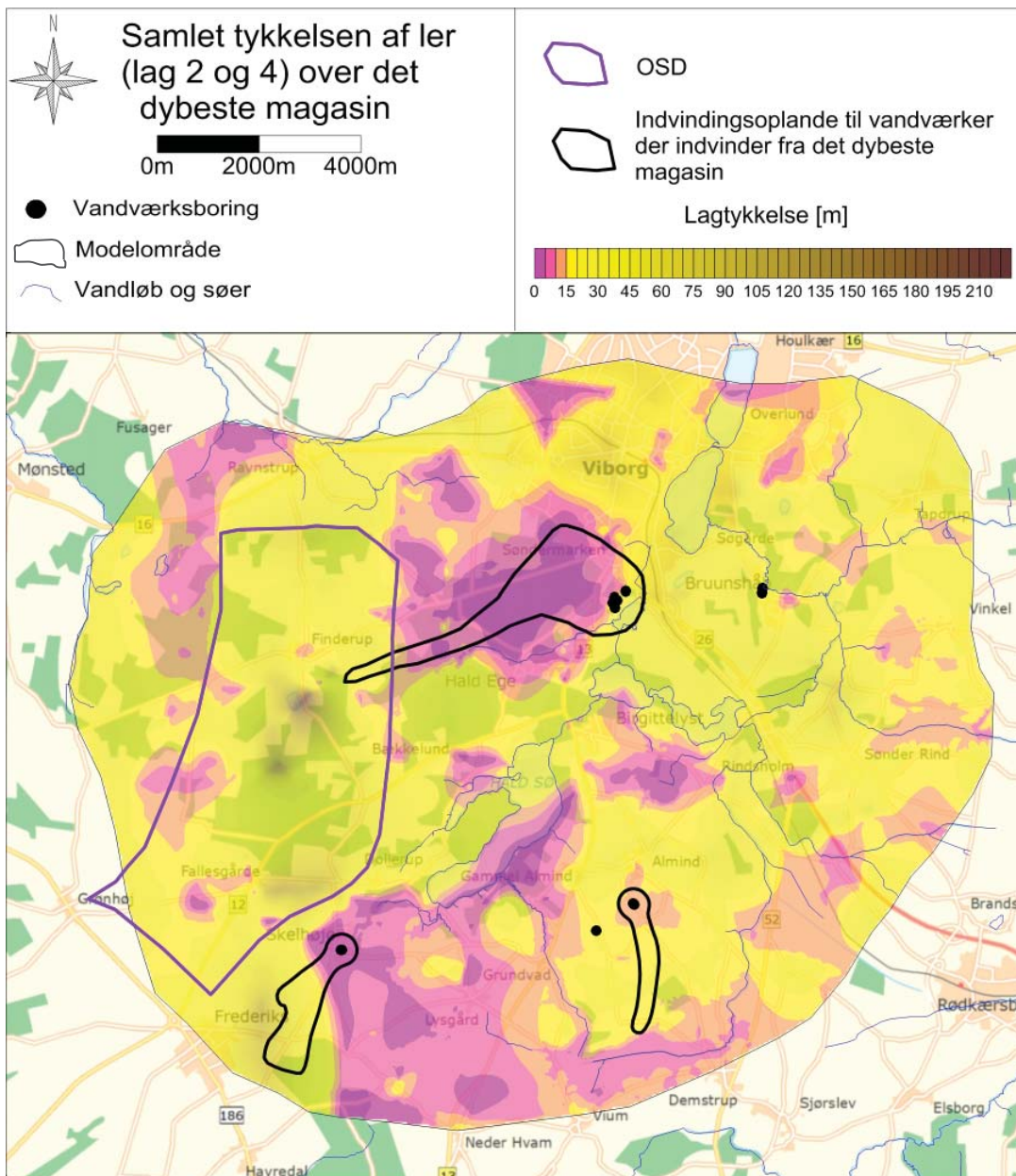
Udpegningen af nitratfølsomme indvindingsområder tager udgangspunkt i Geo-Vejledning nr. 5, "Vurdering af grundvandsmagasineres sårbarhed" /15/. Jf. denne vejledning skal arealet over grundvandsmagasiner, der er kortlagt til nogen eller stor nitratsårbarhed, som udgangspunkt udpeges som nitratfølsomme indvindingsområder.

Vurderingen af grundvandsmagasineres nitratsårbarhed bygger på Miljøstyrelsens zoneringsvejledning /14/. Der tages således udgangspunkt i de dele af grundvandsmagasinet hvor der sker en grundvandsdannelse. I disse dele af grundvandsmagasinet vurderes nitratsårbarheden, hvor der er nitrat i grundvandet, eller hvor den geologiske beskyttelse er ringe, d.v.s. hvor der er tynde eller ingen dæklag af ler over grundvandsmagasinet.

Nitratsårbarheden skal vurderes i forhold til de grundvandsmagasiner, hvor indvindingen til de almene vandværker foregår og forventes at foregå fremover.

Som det fremgår af nedenstående figur 3.3 og 3.4, så ses der huller i de beskyttende lerlag over det mellemste og det dybeste magasin (Sand 2 og 3) i modelområdet, og indvindingsoplandene til de vandværker, der indvinder fra de respektive magasiner. Magasinerne i disse områder er potentielt nitratsårbare. Sårbarheden er vurderet for det dybeste magasin for Viborg Vandværk Syd, Almind Kirke Vandværk og Skelhøje Vandværk. Ved Almind Hede Vandværk, Bruunshåb Vandværk og Skelhøje Vandværk er sårbarheden vurderet for det mellemste

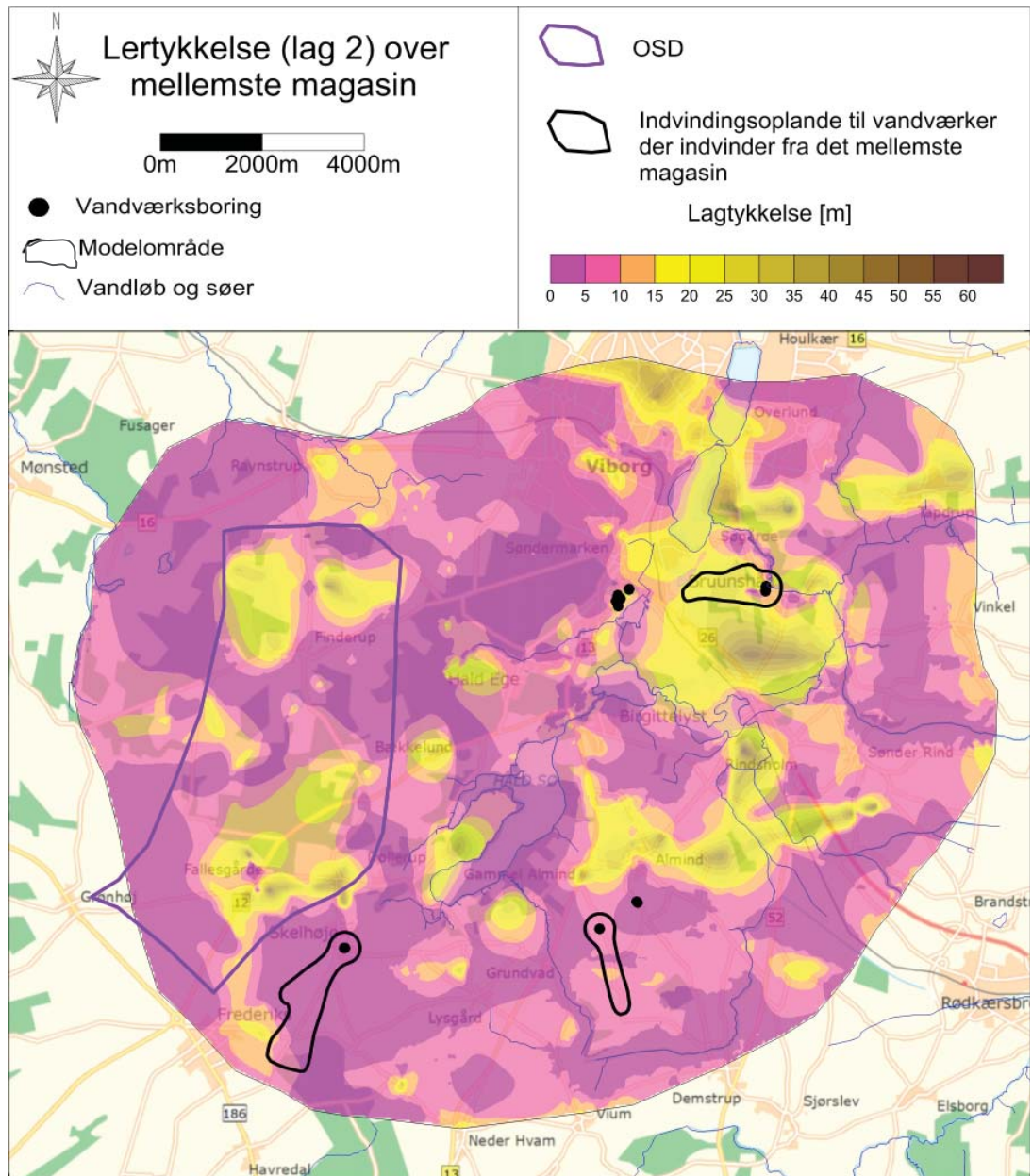
magasin. Skelhøje Vandværk indvinder fra både det dybeste og mellemste magasin, hvorfor sårbarhedsvurderingen af begge magasiner indgår. For OSD er der også en vurdering af sårbarheden for både det dybeste og mellemste magasin. OSD er, som nævnt, inddelt efter om det er beliggende indenfor eller udenfor den nord-sydgående begravede dal (se evt. figur 2.4 for beliggenheden af den begravede dal). Årsagen til denne inddeling skyldes, at udenfor den begravede dal er det dybeste magasin det bedst beskyttede, og har den bedste vandkvalitet. Inden for den begravede dal er det dybeste magasin også det bedst beskyttede, men i undersøgelsesboring 66.2037 er der konstateret overskridelser af kvalitetskriteriet for drikkevand for natriumklorid i det dybeste filter og forhøjede værdier i det mellemste filter. Begge filtre sidder i det dybeste magasin. Det øverste filter sidder i det mellemste magasin og viser en god vandkvalitet.



Figur 3.3 – Samlet tykkelse af Ler 1 og 2 over det dybeste magasin (Sand 3) og indvindingsoplade til vandværker der indvinder fra dette magasin.



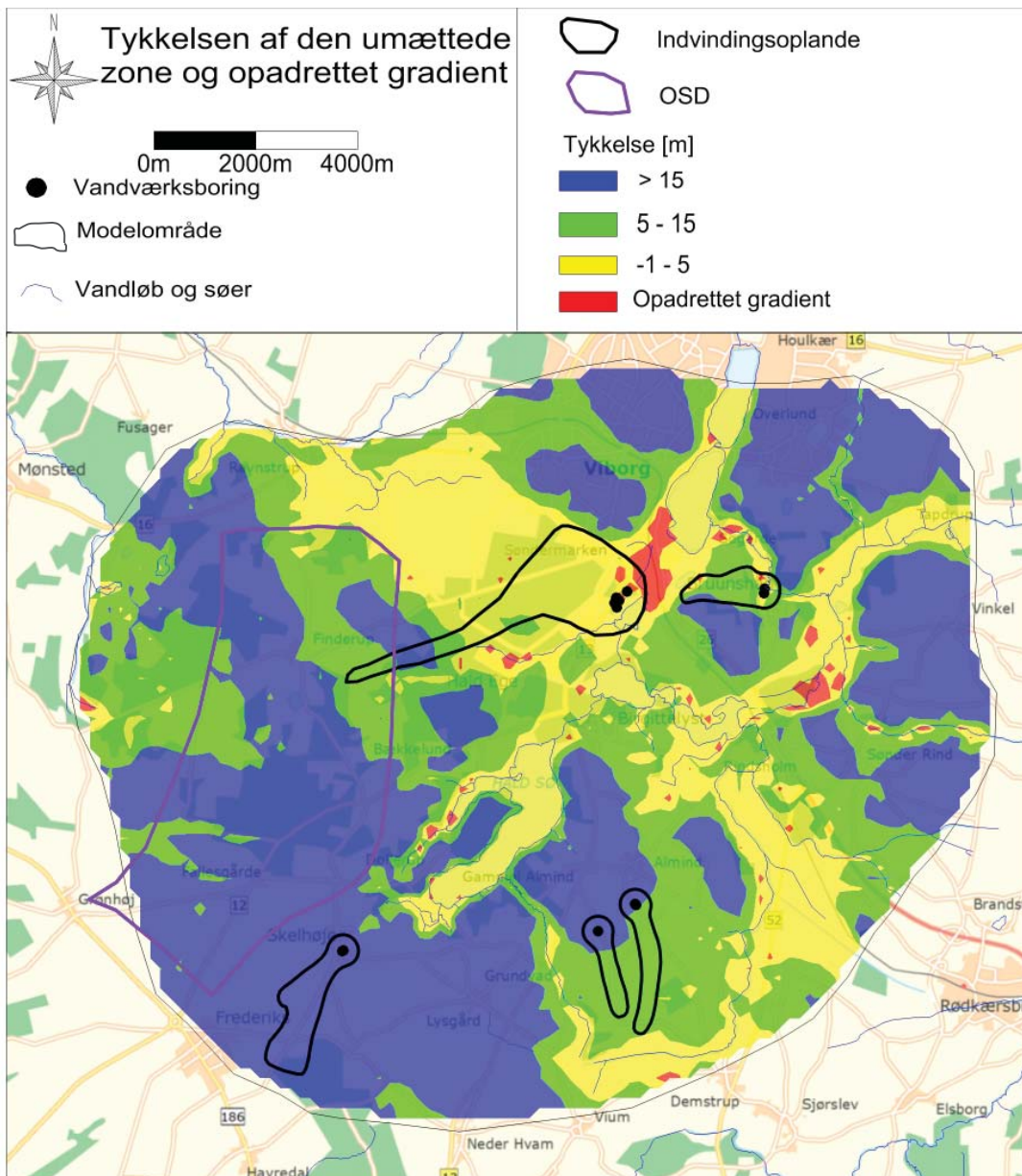
Figur 3.4 – Tykkelse af Ler 1 over det mellemste magasin (Sand 2) og indvindingsoplande til vandværker der indvinder fra dette magasin.



Figur 3.5 viser den umættede zone, områder med opadrettet gradient samt vandløbene i området. Den umættede zone er beregnet ved at sammenholde terrænkoten med potentialet i det terrænnære magasin, altså det øverste magasin. Potentialet for det terrænnære magasin er det modelberegnete potentiale. Hvor potentialet er over terræn (mere end 1 m over terræn), er der opadrettet gradient, og der kan ikke forventes nogen grundvandsdannelse. Grundvandsmagasinet udpeges således her til lille sårbarhed.

Hvor der er vand af type A eller B udpeges grundvandsmagasinet til stor sårbarhed uanset lertykkelse og andre forhold. Ingen vandværker har vandtype B, med der er konstateret vandtype A ved Skelhøje og Almind Hede vandværker.

Sårbarhedszoneringsen af grundvandsmagasinerne er baseret på dæklagstykkelse af ler, gradientforhold og vandtype (figur 3.6).



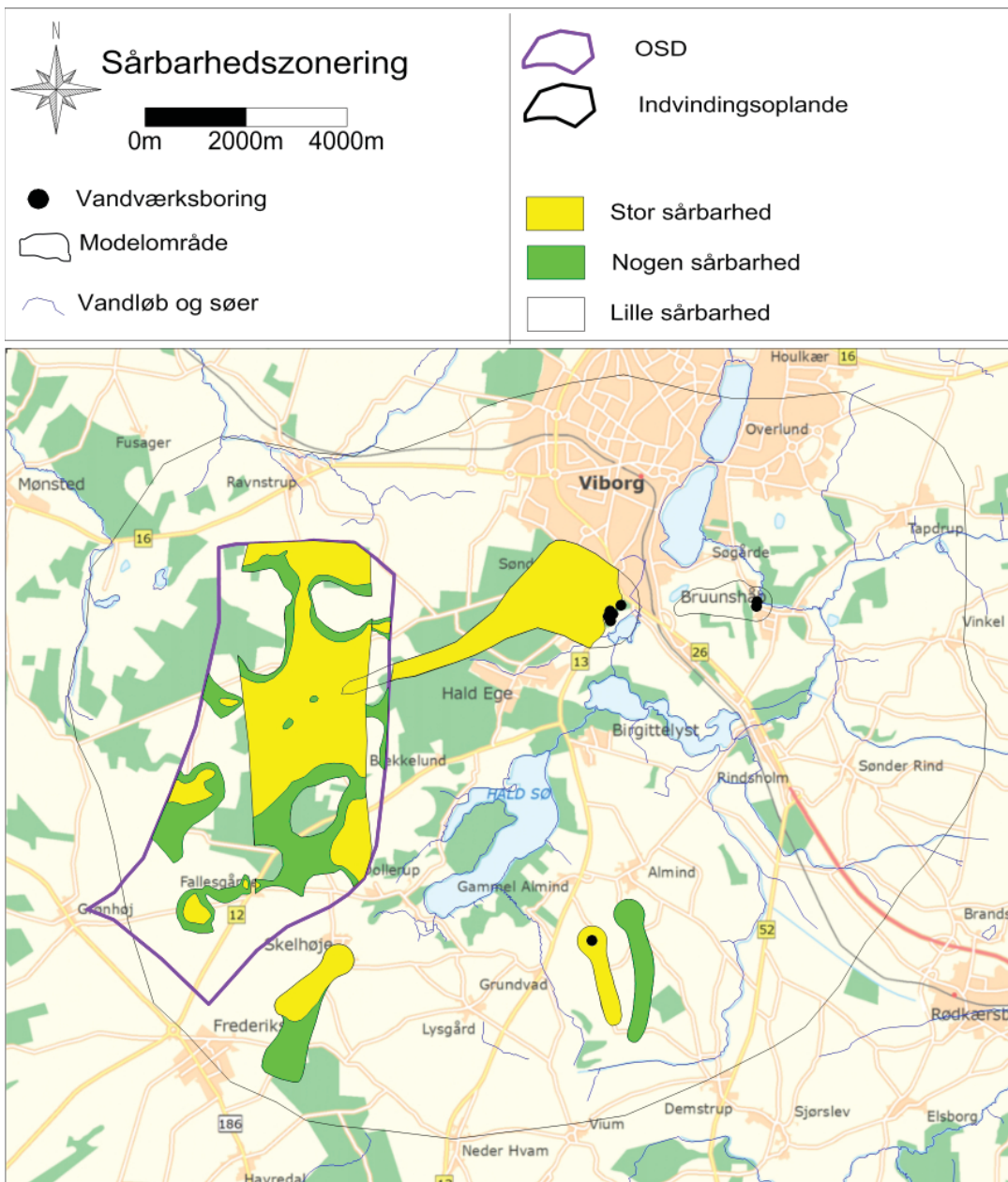
Figur 3.5 – Tykkelsen af den umættede zone og opadrettet gradient.

Figur 3.6 – Kriterier for sårbarhedszonerings af grundvandsmagasinerne.

	Lertykkelse < 5 m	Lertykkelse 5 til 15 m	Lertykkelse > 15 m
Vandtype A eller B	Stor sårbarhed	Stor sårbarhed	Stor sårbarhed
Nedadrettet gradient	Stor sårbarhed	Nogen sårbarhed	Lille sårbarhed
Opadrettet gradient	Lille sårbarhed	Lille sårbarhed	Lille sårbarhed

På figur 3.7 er vist en sårbarhedszonering af grundvandsmagasinerne med udgangspunkt i informationerne fra figur 3.3, 3.4 og 3.5 og ovennævnte definitioner.

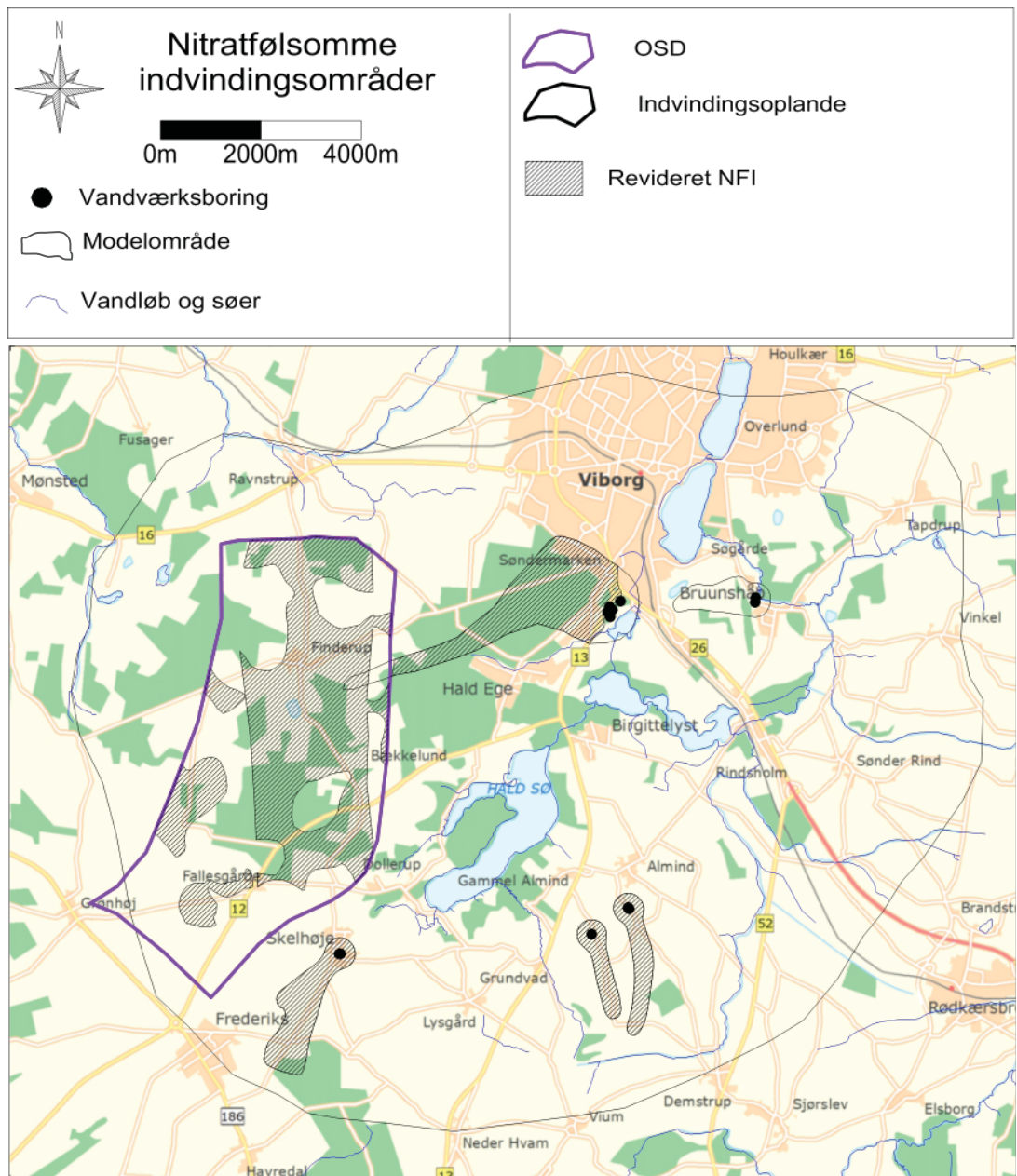
Som tidligere nævnt skal de arealer, der er beliggende over grundvandsmagasiner, der er kortlagt til nogen eller stor nitratsårbarhed, som udgangspunkt udpeges som nitratsfølsomme indvindingsområder, jf. Geo-Vejledning nr. 5 /15/.



Figur 3.7 – Sårbarhedszonering.

På figur 3.8 er vist de udpegede nitratfølsomme indvindingsområder. Områderne er sammenfaldende med de områder, hvor der udpeget stor eller nogen sårbarhed.

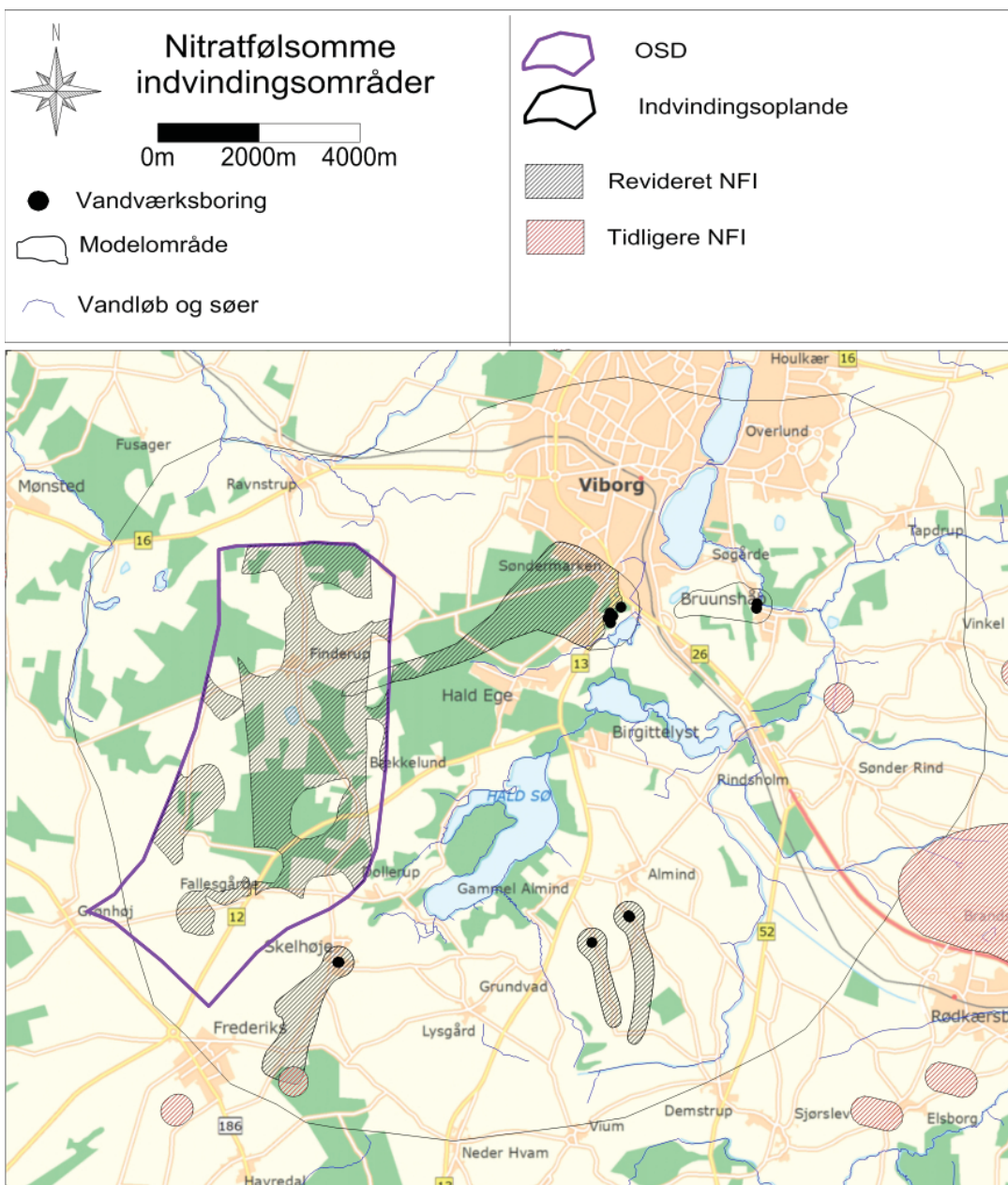
Figur 3.8 – Nitratfølsomme indvindingsområder.



På figur 3.9 er det reviderede nitratfølsomme indvindingsområde sammenholdt med det hidtidige NFI indenfor kortlægningsområdet. Figur 3.9 viser, at der kun er ganske små områder indenfor modelområdet, der tidligere var udpeget om NFI, og den reviderede udpegnings øger således udpegnings af NFI betragteligt. Alle vandværker, bortset fra Bruunshåb Vandværk, har således NFI indenfor deres indvindingsopland.

### 3.4 Indsatsområder med hensyn til nitrat

Indsatsområder med hensyn til nitrat udpeges indenfor de nitratfølsomme indvindingsområder, hvor en særlig indsats er nødvendig for at opretholde en god grundvandskvalitet. Udpegningen er sket på baggrund af en konkret vurdering af arealanvendelsen, forureningstrusler og den naturlige beskyttelse af grundvandsressourcerne.



Figur 3.9 – Hittidige og reviderede nitratfølsomme indvindingsområder.

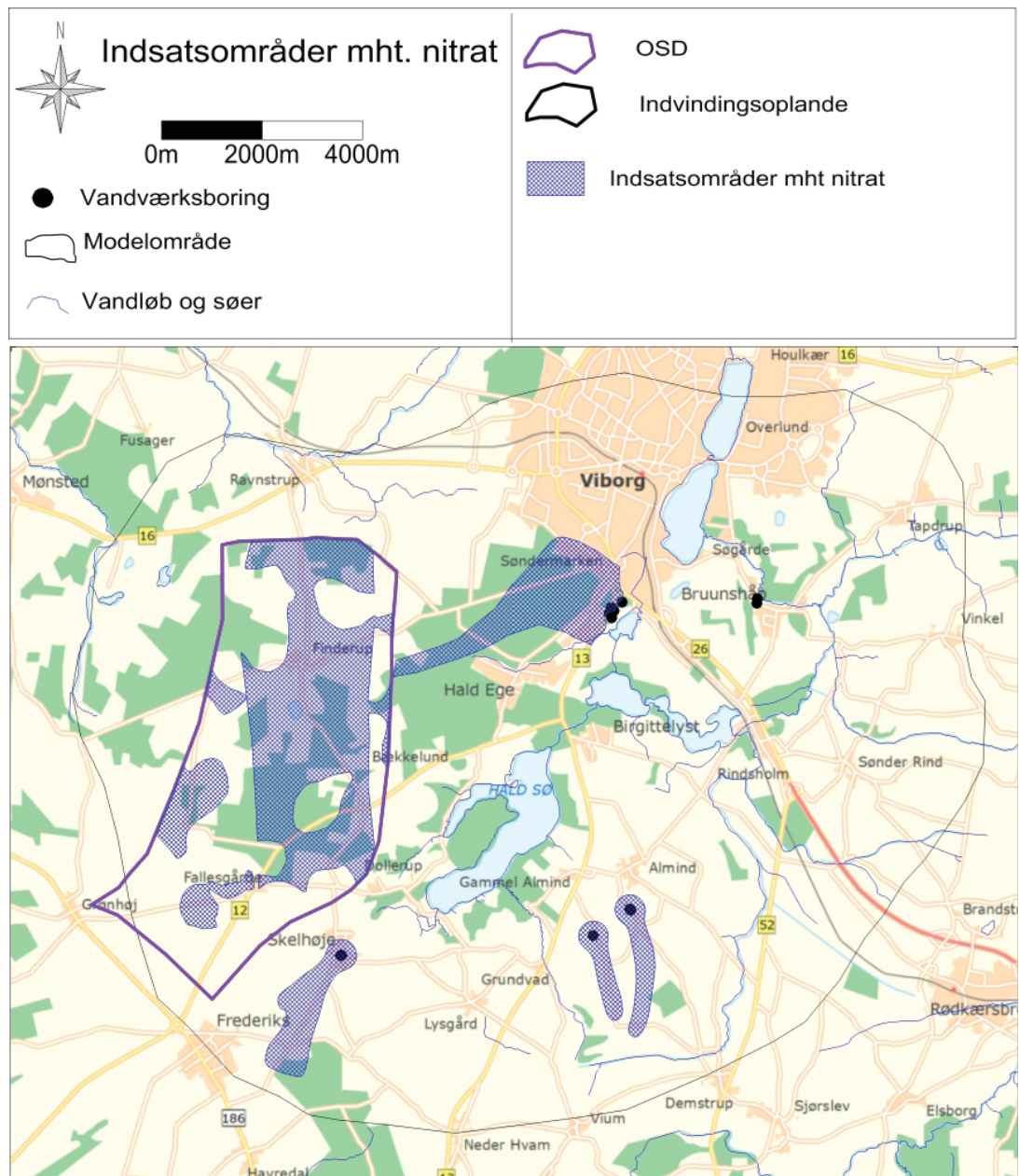
De udpegede indsatsområder med hensyn til nitrat er de dele af de nitratfølsomme indvindingsområder, hvor der er et dokumenteret behov for en særlig indsats for at begrænse nitratudvaskningen. Større områder hvorfra der som udgangspunkt kun sker en begrænset nitratudvaskning, udpeges ikke som indsatsområder med hensyn til nitrat.

På figur 3.10 ses udpegningen af indsatsområder med hensyn til nitrat. Udpegningen er identisk

med udpegningen af NFI. Dvs. at udpegningen omfatter mange skov-/plantageområder, hvor der som udgangspunkt må forventes begrænset nitratudvaskning. Disse områder er imidlertid udpeget som indsatsområder med hensyn til nitrat, da adskillige boreriger i områderne viser et betydeligt indhold af nitrat.

Indsatserne i indsatsområder med hensyn til nitrat kan prioriteres efter sårbarhedszoneringsen, som er vist på figur 3.7.

Figur 3.10 – Indsatsområder med hensyn til nitrat.



# 4 anbefalinger og indsatser

I dette kapitel opstilles en række anbefalinger og forslag til indsatser på baggrund af kortlægningsresultaterne. Der tages udgangspunkt i OSD generelt, da de enkelte vandværker behandles i kapitel 5.

## 4.1 Generelle indsatser

De geologiske forhold i området viser generelt, at indvindingsmagasinerne er sårbare pga. manglende beskyttelse af lerlag. En stor andel af OSD er derfor udpeget som nitratfølsomt indvindingsområde og indsatsområde med hensyn til nitrat. Samtidig viser kortlægningen at vandet i det dybeste magasin i OSD'et har højt kloridindhold.

Indenfor indsatsområder med hensyn til nitrat kan kommunerne i indsatsplanerne fastsætte skærpede krav til den maksimale tilladelige nitratbelastning på markniveau. Indsatserne i indsatsområder med hensyn til nitrat kan prioriteres efter sårbarhedszoneringsen.

Kommunalbestyrelsen kan i medfør af miljøbeskyttelseslovens § 26 a pålægge ejeren af en ejendom rådighedsindskrænkning eller andre foranstaltninger, som er nødvendige for at sikre de nuværende eller fremtidige drikkevandsinteresser mod forurening med nitrat eller pesticider. Der ydes fuldstændig erstatning for pålægget. Bestemmelsen vil således kunne anvendes i de tilfælde, hvor det ikke har været muligt at indgå en frivillig aftale på rimelige vilkår.

Et påbud i henhold til miljøbeskyttelseslovens § 26 a forudsætter, at der er vedtaget en indsatsplan, jf. vandforsyningslovens § 13 og § 13 a, og at kommunen kan tilvejebringe tilstrækkelig dokumentation for, at det pågældende område er følsomt for pesticider, og at påbuddet ikke er mere vidtgående end nødvendigt.

Det skal generelt sikres, at fornyet viden om jordforureningslokaliteter indenfor OSD og indenfor indvindingsoplande til vandværker tilgår kommunen. Som en del af indsatsplanen anbefales det, at der føres en dialog med Region Midtjylland om prioriteringen af jordforureningslokaliteterne indenfor OSD og indvindingsoplandet. En eventuel grundvandstruende forurening anbefales fjernet eller afgrænset, så den ikke udgør en trussel overfor grundvandet.



# 5 Vandværker

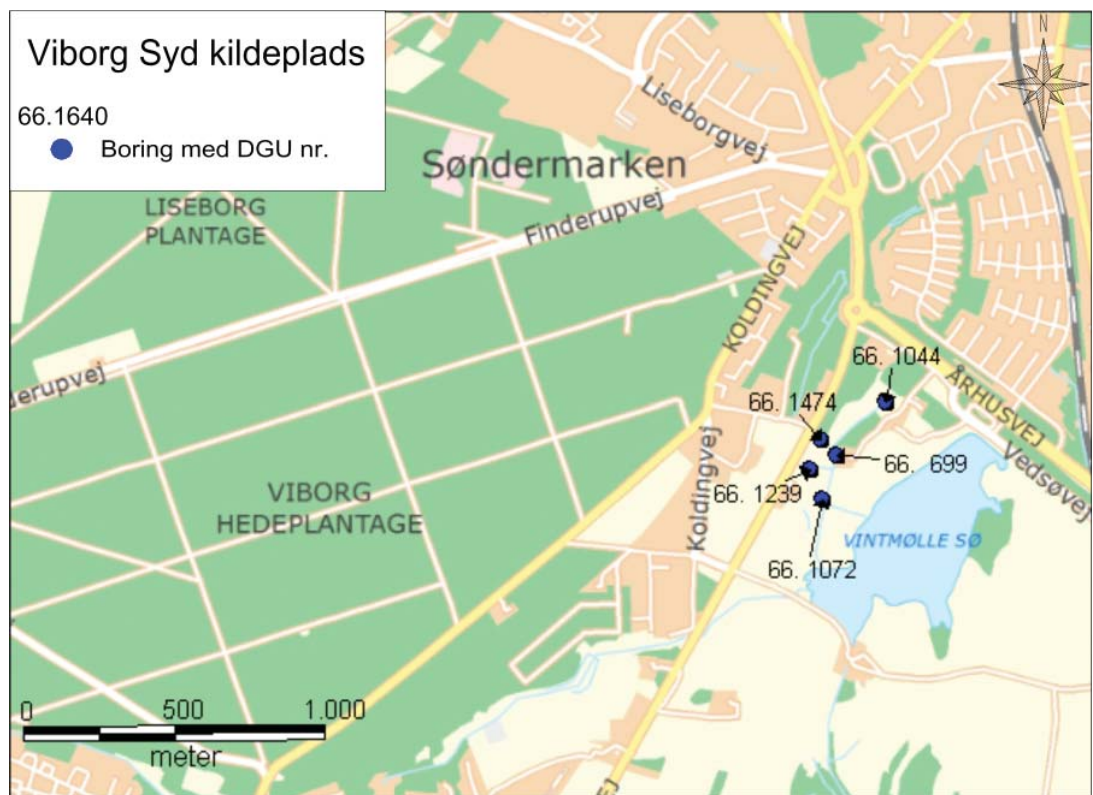
## 5.1 Viborg Vandværk Syd

I dette kapitel opstilles en række anbefalinger og forslag til indsatser for de enkelte vandværker i området. De kortlægningsmæssige resultater og problemstillinger er sammenfattet for hvert vandværk, således at vandværksafsnittene kan læses uafhængigt af den øvrige rapport.

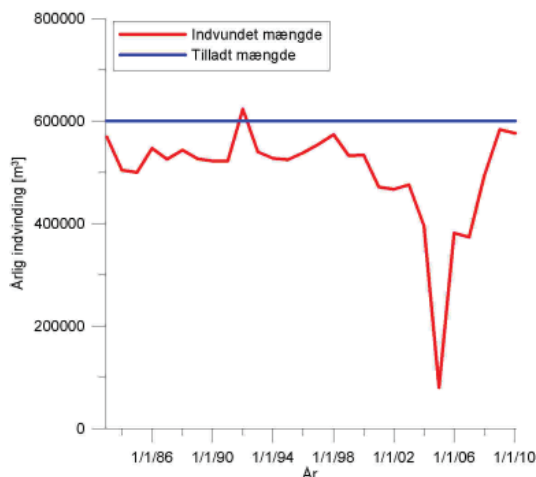
Viborg Vandværk Syds kildeplads er beliggende i den sydlige udkant af Viborg (figur 5.1). Her indvindes der fra 5 borer, DGU nr. 66.1044, 66.1474, 66.699, 66.1239 og 66.1072.

Viborg Vandværk Syd har en indvindingstilla-delse på 600.000 m<sup>3</sup>/år (se figur 5.2). Indvin-dingen har været generelt nogenlunde konstant over de seneste 20 år, dog med et dyk i indvin-dingen fra 2001 til 2007.

Figur 5.1 - Viborg Vandværk Syds kildeplads.



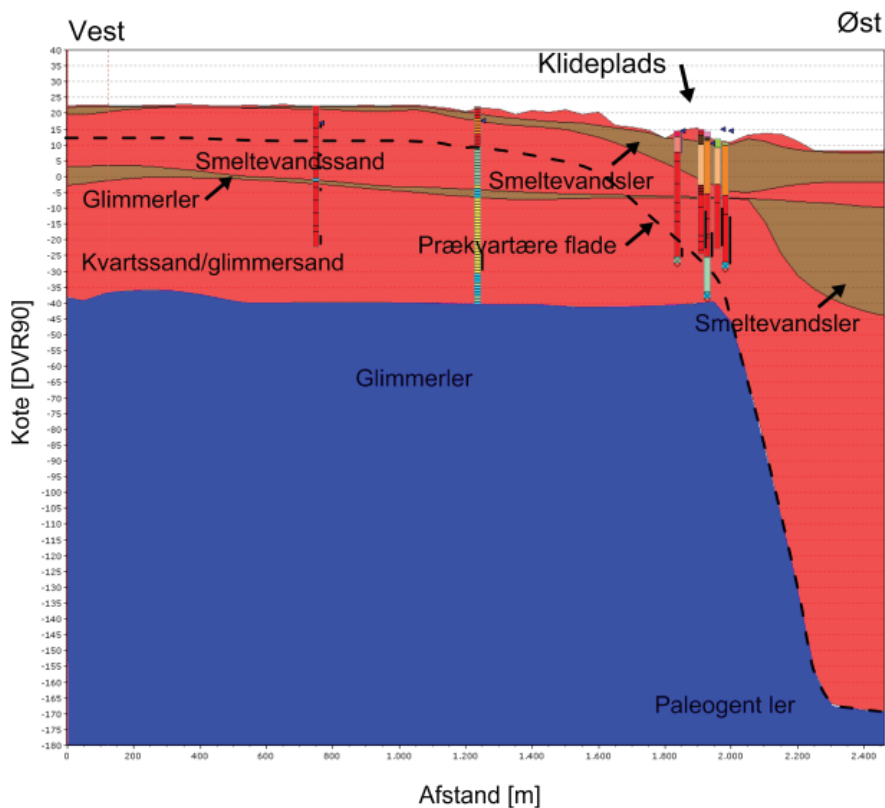
Figur 5.2 - Indvundne mængder og tilladte mængder for Viborg Vandværk Syd.



### 5.1.1 Geologiske forhold

Der er på figur 5.3 optegnet et profilsnit gennem Viborg Vandværk Syds indvindingsopland. Profilet strækker sig fra kildepladsen og i vestlig retning, hvilket er på langs med den overordnede strømningensretning. Profilsnittet er et udtræk fra den hydrostratigrafiske model, som består af gennemgående lag og som er brugt i grundvandsmodellen. Modellen indeholder hovedtrækkene af områdets geologi og viser således ikke alle detaljer. Lagfladerne er interpolerede flader, og grænser mellem lag i borerne og lag i modellen er ikke altid helt de samme, ligesom lokale lag kan være udeladt, eller slået sammen med andre lag i modellen.

På figur 5.3, ses indvindingsboringerne til højre i billedet. Boringerne indvinder fra det dybeste magasin på kanten af en begravet dal. Nær kildepladsen er borerne beskyttet af tykke lerlag, men i resten af indvindingsoplandet er de beskyttende lerlag tynde, og yder kun en ringe beskyttelse af det dybeste magasin. Størstedelen af indvindingsoplandet er dog dækket af skov (se afsnit neden for), hvorved indvindingen beskyttes af en skånsom arealanvendelse.



Figur 5.3 – Profilsnit gennem den hydrostratigrafiske model ved kildeplads og indvindingsopland Viborg Vandværk Syd.

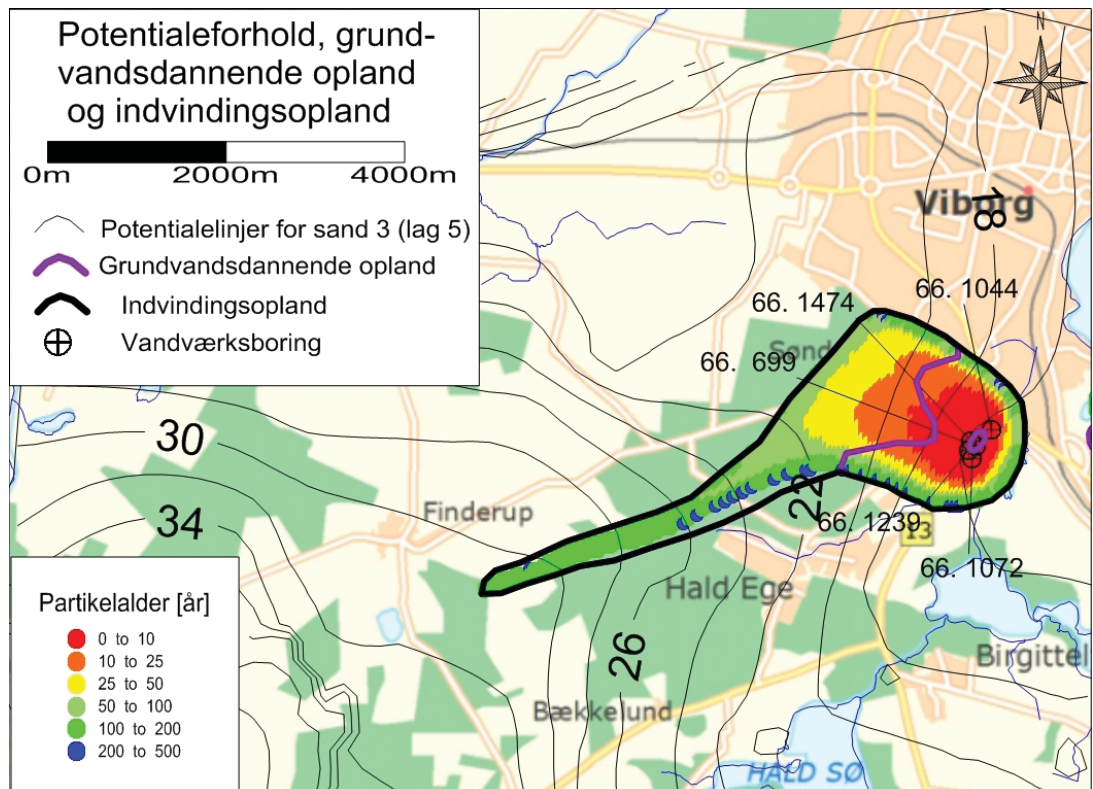
### 5.1.2 Potentialeforhold og indvindingsopland

For kildepladsen gælder det, at grundvandet strømningretning er rettet fra vestlig mod østlig retning hvorfor indvindingsoplandet strækker sig i denne retning (se figur 5.4). Potentialet falder fra omkring kote 30 m i den fjerne ende af indvindingsoplandet til omkring kote 16 m ved kildepladsen. Det udpegede indvindingsopland svarer til det referencescenarie (med den nuværende indvindingstilladelse), der blev beregnet i grundvandsmodellen /1/. Den efterfølgende stokastiske simulering viste at omtrent 40-100 % af de genererede oplande lå inden for grænserne af basisscenarieoplandet /1/.

indvundne vand der dannes i den østlige del af plantagen og ved kildepladsen relativt ungt (0-10 år), men der sker også grundvandsdannelse i den vestlige del af plantagen, hvorfra vandet er noget længere undervejs til indvindingsboringerne (50-200 år). Aldersfordelingen af grundvandet kan med fordel anvendes i forhold til at prioritere indsatsen med hensyn til grundvandsbeskyttelsen.

Figur 5.4 viser også grundvandets aldersfordeling (partikelalder) og dannelsessted i indvindingsoplandet (dvs. det grundvandsdannende opland). Ifølge grundvandsmodellen sker grundvandsdannelsen i plantageområdet vest for Viborg samt i mindre områder i Viborg by (f.eks. et mindre område omkring kildepladsen). Inden for det grundvandsdannende opland viser aldersfordelingen hvor længe vandet er om at bevæge sig fra grundvandsspejlet til indvindingsboringerne. Som det fremgår af figuren er det

Figur 5.4 – Indvindingsopland til Viborg Vandværk Syds kildeplads i byen, samt potentialelinjer og grundvandets alder.



### 5.1.3 Grundvandskemi og sårbarhed

Vandanalyserne fra de 5 borerer viser overordnet en fin vandkvalitet og der er kun fundet meget lavt indhold af nitrat i boring 66.1474 (figur 5.6). Sulfatindholdet er lavt, dog viser figur 5.7 at indholdet har været svagt stigende over de seneste 20 år. Vandet er blødt, og der er konstateret et højt indhold af aggressiv kuldioxid over kvalitetskriteriet for drikkevand, som kræver opmærksomhed i vandbehandlingen på vandværket. Forvittringsgraden viser forvitret vand. Forvittringsgraden er et udtryk for, at der er andre syrer end opløst kuldioxid i systemet. Disse andre syrer kan være salpetersyre, eller svovlsyre som følge af gødsning, eller som følge af pyritoxidation. Det lave pH afspejler også, at der er tale om en forsuret vandtype.

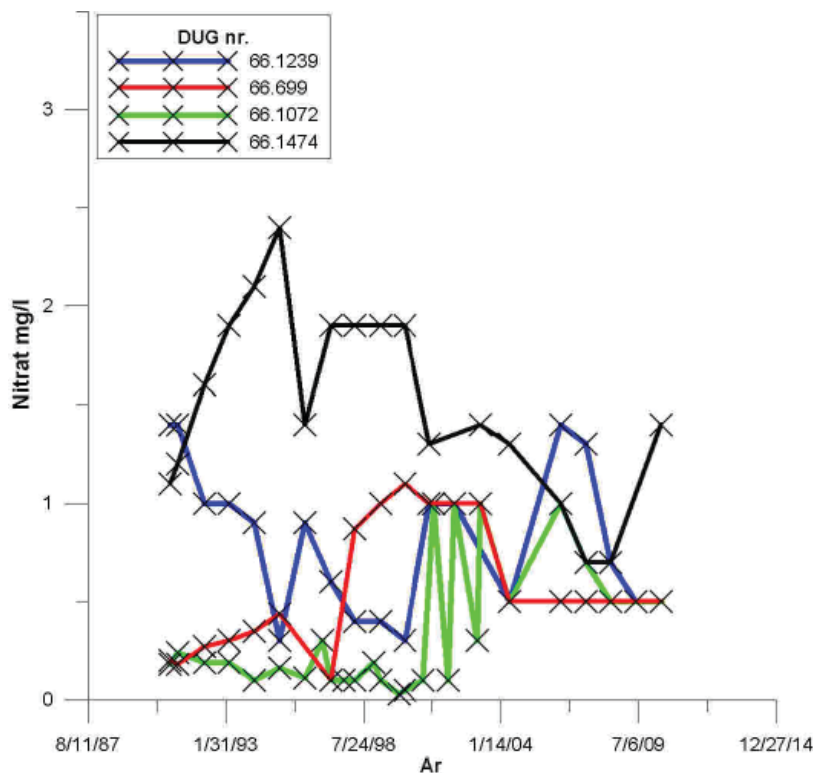
Boring 66.1474 har vandtype B, som er en iltet vandtype, der afspejler sårbarhed over for nitrat. De resterende borerer har vandtype C som er en nitratfri og svagt reduceret vandtype (figur 5.5).

Vandet i borererne viser ikke-ionbyttet vand. Ionbyttet vand ses ofte hvor vand har passeret tykke lerlag, hvor calcium ioner byttes med natrium ioner. Manglende ionbytning, kan være indikator for, at magasinet er sårbart, og sammenholdt med de andre parametre i vandprøverne, og det meget tynde lerdæklag i indvindingsoplandet, så understøtter den manglende ionbytning indikationerne på, at magasinet er sårbart.

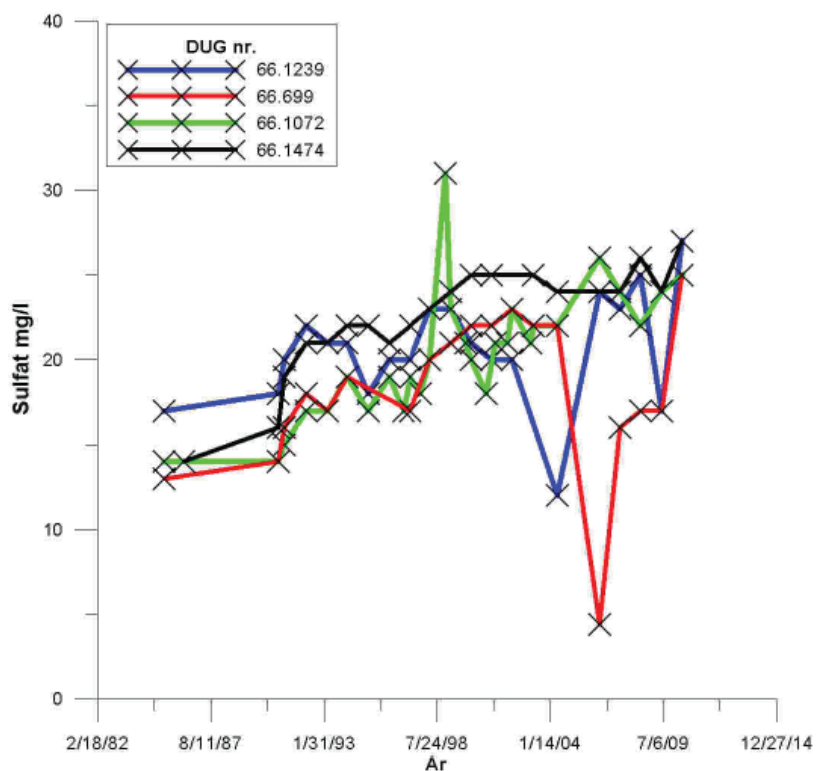
Figur 5.5 – Analyseparametre fra Viborg Vandværk Syds borerer udtrukket fra Jupiterdatabasen 8 august 2011

DGU nr.	Filter-top [m.u.t]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> [mg/l]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Fe <sup>++</sup> [mg/l]	Vand-type	Ca <sup>++</sup> [mg/l]	Mg <sup>++</sup> [mg/l]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	Forvitring	CO <sub>2</sub> [mg/l]	NVOC [mg/l]	Cl <sup>-</sup> [mg/l]	Na <sup>+</sup> [mg/l]	Ionbytning	BAM [µg/l]	Ni <sup>++</sup> [mg/l]	pH
66.699	23,5	<0,5	25	0,4	2,2	C	13	2,4	25	2,1	40	1,1	26	14	0,8	<0,06	2,4	6,6
66.1044	44	<0,5	13	0	11	D	38	1,5	105	1,2	32	2,2	18	9,3	0,8	<0,02	0,22	7,6
66.1072	N/A	<0,5	25	0,3	7	C	16	1,6	27	2,1	30	1,1	29	14	0,7	<0,02	1,9	6,6
66.1239	32	<0,5	27	0,5	1,6	C	21	2,2	42	1,8	30	0,9	25	13	0,8	<0,09	1,3	6,8
66.1474	26	1,4	27	2	0,4	B	12	2,7	18	2,8	30	0,6	31	17	0,8	<0,06	3,8	6,5

Figur 5.6 – Nitratudviklingen i Viborg Vandværk Syds boreriger.



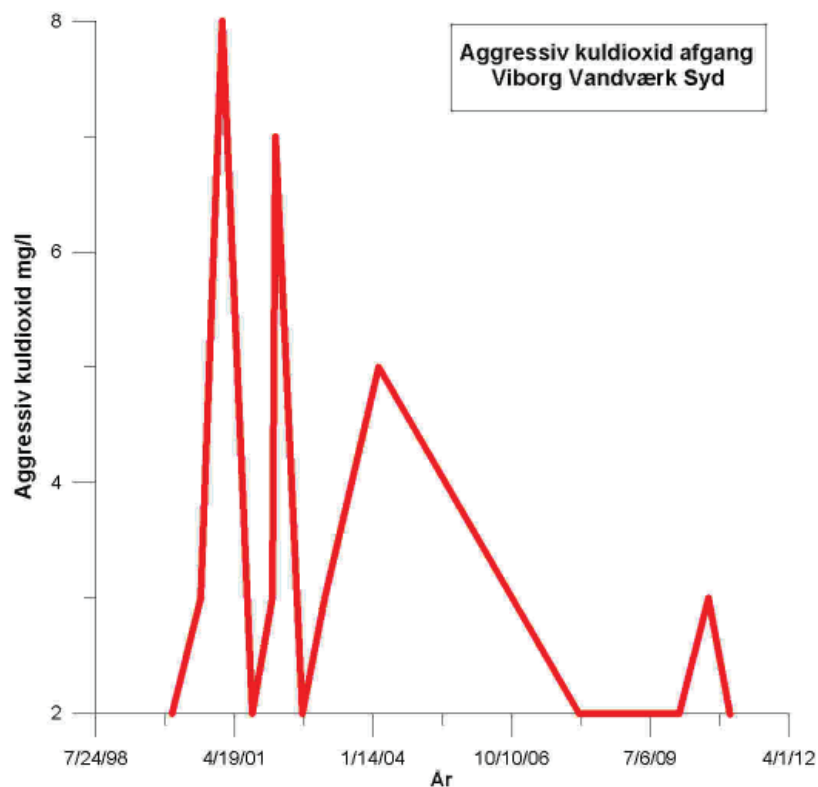
Figur 5.7 – Sulfatudviklingen i Viborg Vandværk Syds boreriger.



Mht. fund af miljøfremmede stoffer i borerne, så er der fundet toluen og M+P xylen i seneste vandprøve og flere tidligere vandprøver fra boring 66.1474, dog i koncentrationer under kvalitetskriteriet for drikkevand. Det samme gør sig gældende for 66.1072 som tidligere har vist små koncentrationer af disse stoffer. I de resterende borer er disse stoffer ikke fundet ligesom de heller ikke er fundet i prøver fra afgang vandværk. Chloroform findes i små koncentrationer i flere af indvindingsboringerne (fig. 5.5) og også i prøver fra afgang vandværk. Alle prøverne viser koncentrationer under kvalitetskriteriet for drikkevand. Der er tidligere lavet undersøgelser i indvindingsoplandet for at klarlægge om den fundne chloroform er naturlig, eller stammer fra en forurening. Undersøgelsen konkluderede, at chloroformen højst sandsynligt stammer fra naturlige nedbrydningsprodukter fra nåleskoven,

der dækker størstedelen af Viborg Vandværk Syds indvindingsopland /1/.

Indholdet af aggressiv kuldioxid viser, at der generelt er tale om udvaskede sedimenter uden kalk. Figur 5.8 viser udviklingen i aggressiv kuldioxid i vandet afgang vandværk. Det ses, at indholdet af aggressiv kuldioxid flere gange har ligget over detektionsgrænsen på 2 mg/l, som også er kvalitetskriteriet for drikkevand i de seneste 10 år. Alle indvindingsboringer har aggressiv kuldioxid over kvalitetskriteriet for drikkevand i råvandet, hvorfor der fortsat vil være behov for vandbehandling for dette stof.



Figur 5.8 – Tidsserie for indholdet af aggressiv kuldioxid i vandet ved afgang fra Viborg Vandværk Syd.

#### 5.1.4 Arealanvendelse og forureningskilder

Indenfor indvindingsoplandet til Viborg Vandværk Syd er en mindre del af oplandet bebygget. Den resterende del er skovarealer. På figur 5.9 er samlet temaerne for nitratudvaskning, forureningslokaliteter og nitrاتفølsomme indvindingsområder, som kan have betydning for grundvandskvaliteten.

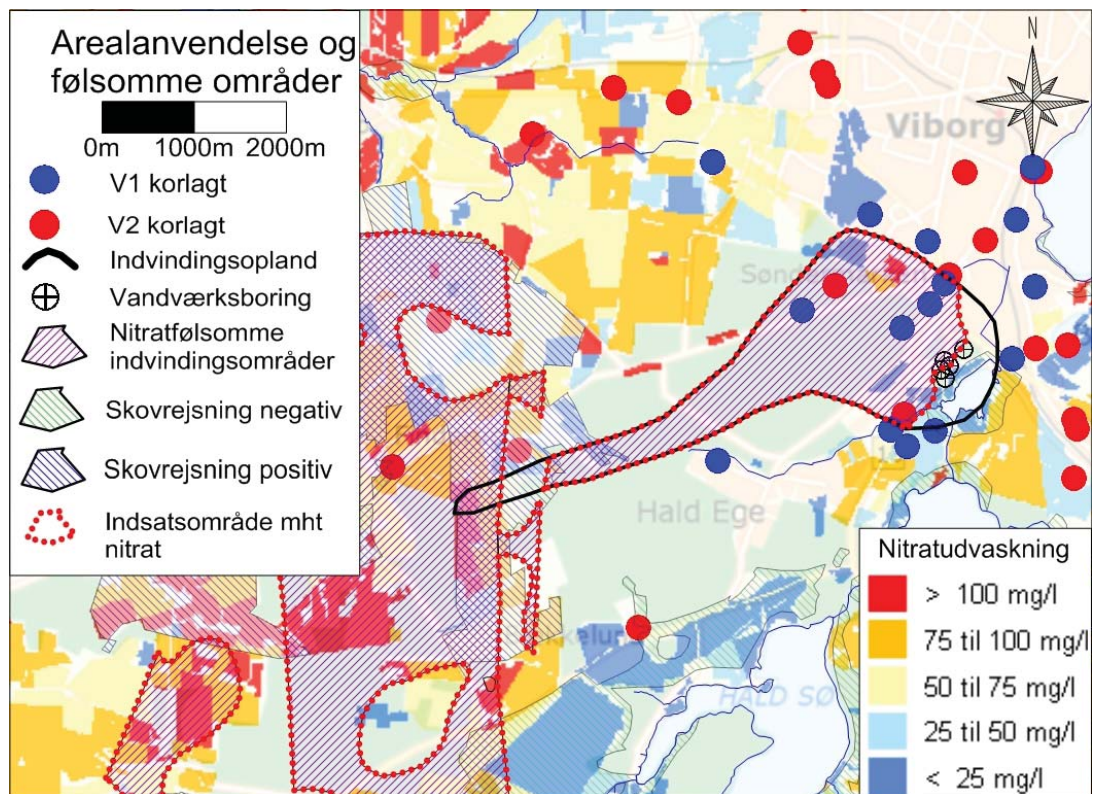
Det bemærkes at der er flere V1- og V2-kortlagte lokaliteter indenfor indvindingsoplandet. Der er to V1-kortlagte lokaliteter, som endnu ikke er afgrænset og kan være en potentiel trussel mod vandkvaliteten.

Hovedparten af indvindingsoplandet er dækket af skov hvorfra nitratudvaskningen er ukendt. Der er imidlertid konstateret nitrat i flere bo-

ringer i plantagen, bl.a. undersøgelsesboringen vest for kildepladsen (DGU 66.2038). Ligeledes er udvaskningen fra området med bymæssig bebyggelse ikke kendt. Kun i ganske få områder indvindingsoplandet er udvaskningen opgjort, og her viser de kildepladsnære arealer udvaskning < 25 mg/l. Kun i de fjerne dele af indvindingsoplandet findes der arealer, hvor udvaskningen er moderat til høj (75- > 100 mg/l).

Hele indvindingsoplandet, på nær et område omkring kildepladsen samt i "halen", er udpeget som nitrاتفølsomt indvindingsområde og indsatsområde med hensyn til nitrat.

Figur 5.9 – Nitratudvaskningen, V1 og V2 kortlagte arealer og nitrاتفølsomme indvindingsområder omkring Viborg Vandværk Syd.



### 5.1.5 Indsatser

Med udgangspunkt i figur 5.9 kan der fremhæves en række punkter, hvor det er hensigtsmæssigt at gøre en indsats for at beskytte det dybeste magasin og dermed indvindingen til Viborg Vandværk Syd.

Der er ingen tykke sammenhængende dæklag af ler over indvindingsmagasinet og vandkemien viser påvirkning fra jordoverfalden. Dette ses i form af små mængder nitrat, svagt stigende sulfat, aggressiv kuldioxid, forvitret og forsuret vand. Der er ingen akutte kvalitetsproblemer, men grundet sårbarheder er der udpeget nitratfølsomme indvindingsområde i næsten hele indvindingsoplandet. Store dele af indvindingsoplandet udgøres af skovarealer, men hele det nitratfølsomme indvindingsområde er udpeget som indsatsområde med hensyn til nitrat, da der er konstateret forholdsvis høje indhold af nitrat i flere boringer i plantageområdet.

For at sikre en begrænsning af udvaskningen af nitrat anbefales, at eventuelle fremtidige ændringer i arealanvendelsen sker under hensyntagen til grundvandsbeskyttelsen, således at arealanvendelsen ikke overgår til mere grundvandstruende aktiviteter. Skovrejsning er en oplagt mulighed for langsigtet beskyttelse af grundvandet, og der er allerede udpeget skovrejsningsområde i den vestligste del af indvindingsoplandet. Det vil dog ikke alle steder være muligt at lave skovrejsning og tæt på kildepladsen er skovrejsning uønsket, hvorfor det anbefales, at også anden grundvandsbeskyttende arealanvendelse overvejes.

Det anbefales at iværksætte tiltag for at bevare vandkvaliteten indenfor hele indvindingsoplandet, men i forhold til at prioritere tiltagene kan der med fordel tages udgangspunkt i de dele af de grundvandsdannende oplande eller indvindingsoplandene, som ligger nærmest kildepladserne. Vandkvaliteten i indvindingsoplandet kan med fordel overvåges i udvalgte boringer, f.eks. i DGU 66.2038, som ligger under en km vest for kildepladsen.

Aggressiv kuldioxid er et almindeligt problem i forhold til vandkvaliteten i dele af Jylland. Alle Viborg Vandværk Syds boringer har aggressiv kuldioxid i råvandet og vandet fra afgang vandværk har vist overskridelser af kvalitetskravet

for drikkevand gennem de seneste 10 år. Det anbefales derfor, at aggressiv kuldioxid overvåges i vandanalyserne fra afgang vandværk for at sikre at kvalitetskravene for drikkevand overholdes.

Generelt indenfor indvindingsoplandet anbefales det, at der ved miljøtilsyn af virksomheder, herunder landbrug, er fokus på at vurdere risikoen for forurening af grundvandet. Tiltag iværksættes, såfremt der vurderes at være en sådan risiko.

Der er fundet spor af miljøfremmede stoffer i flere boringer, dog under kvalitetskriteriet for drikkevand. Det anbefales derfor, at der igangsættes en dialog med Region Midtjylland omkring videre undersøgelser af de kortlagte lokaliteter indenfor indvindingsoplandet.



## 5.2 Bruunshåb Vandværk

Bruunshåb Vandværk indvinder fra boring 66.1489 og 66.1058 (figur 5.10). Boringerne er filtersat i næsten samme dybde i det mellemste magasin (se evt. figur 5.12).

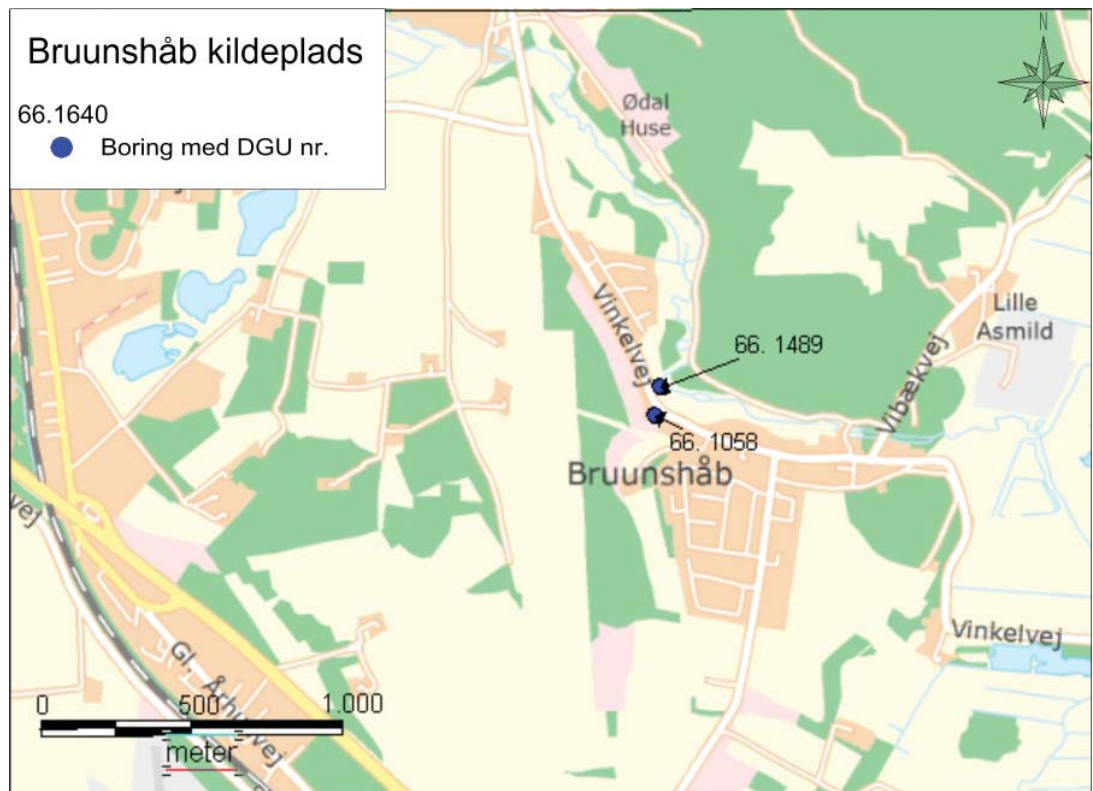
Vandværket har en indvindingstilladelse på

70.000 m<sup>3</sup>/år, men har ikke siden et fald i indvindingen i midten af 1990'erne, udnyttet den fulde tilladelse, og indvinder i dag omkring 40.000 m<sup>3</sup>/år (figur 5.11).

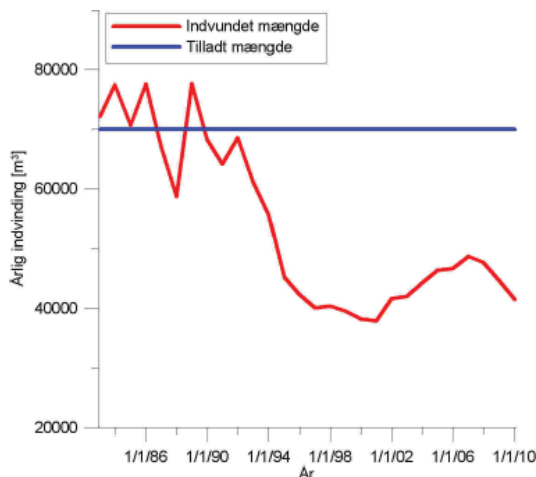
### 5.2.1 Geologiske forhold

Der er på figur 5.11 optegnet et profilsnit gen-

Figur 5.10 – Bruunshåb Vandværks kildeplads.

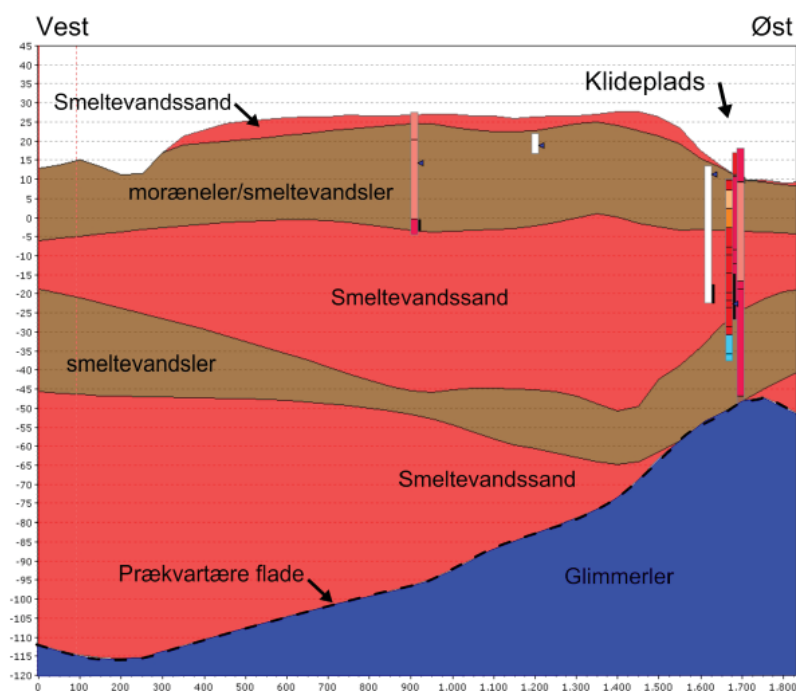


Figur 5.11 – Tidsserie for indvindingen til Bruunshåb Vandværk.



nem indvindingsoplandet til kildepladsen til Bruunshåb Vandværk. Profilet strækker sig fra kildepladsen og i vestlig retning, hvilket er på langs med den overordnede strømningsretning. Profilsnittet er et udtræk fra den hydrostratigrafiske model, som består af gennemgående lag og er brugt i grundvandsmodellen. Modellen indeholder hovedtrækkene af områdets geologi og viser således ikke alle detaljer af områdets geologi. Lagfladerne er interpolerede flader, og grænser mellem lag i borerne og lag i modellen er ikke altid helt de samme, ligesom lokale lag kan være udeladt, eller slået sammen med andre lag i modellen.

Af figur 5.12 fremgår det, at Bruunshåb Vandværk indvinder fra en begravet dal. Indvindingen er beskyttet af et tykt moræneler og smeltevandsler i hele indvindingsoplandets udbredelse, hvor smeltevandsleret synes at være den mest dominerende lertype. Kun helt tæt på kildepladsen sker der en udtynding i det beskyttende ler-dække, men her er der samtidigt en opadrettet gradient, hvorfor dette område ikke er udpeget som nitratfølsomt indvindingsområde.



Figur 5.12 – profilsnit gennem den hydrostratigrafiske model for Bruunshåb Vandværks indvindingsopland.

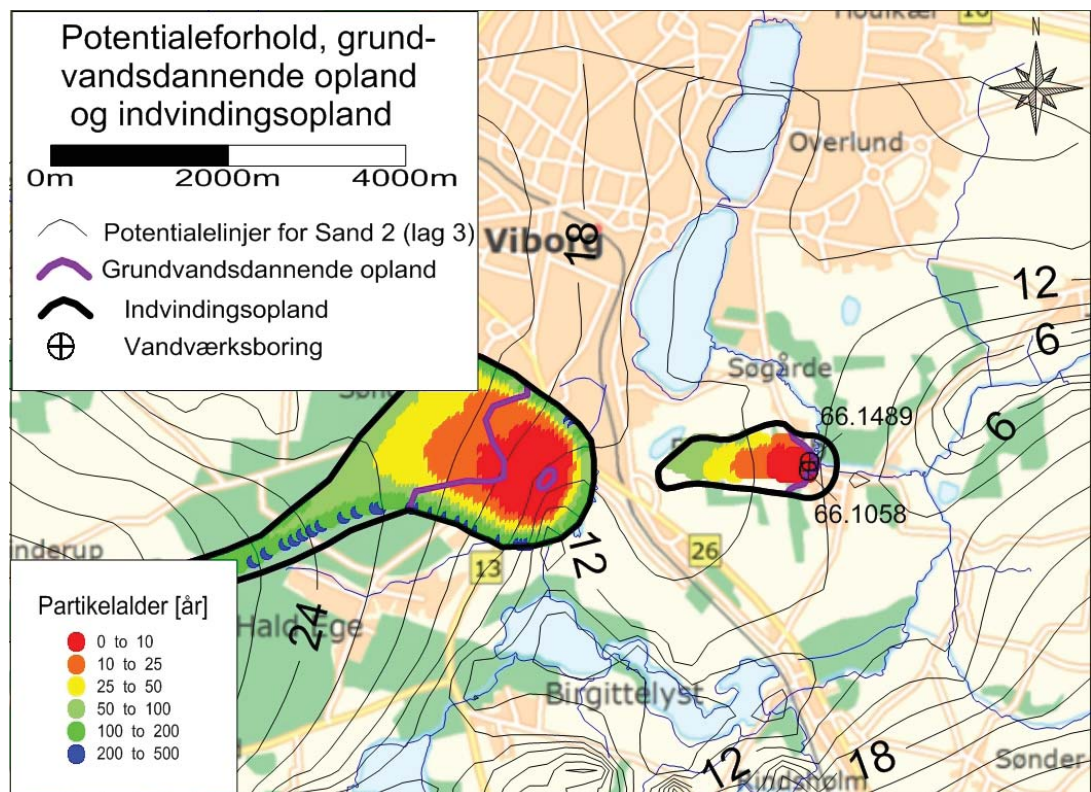
### 5.2.2 Potentialeforhold og indvindingsopland

Af figur 5.13 fremgår det, at indvindingsoplandet til Bruunshåb Vandværk strækker sig mod vest i retning af Viborg. Potentialet er styret af de nærliggende søer og vandløb, og strømningsretningen varierer i nærområdet. Potentialet er forholdsvis fladt og falder fra ca. 13 m til i den fjerneste ende af indvindingsoplande til ca. 12 m omkring kildepladsen. Det udpegede indvindingsopland svarer ikke til det opland der blev beregnet i grundvandsmodellens referencescenarie /1/, men er betydeligt afkortet i forhold til dette. Årsagen er at grundvandsmodellen beregnede et meget langt indvindingsopland (strækkende sig syd om Søndersø til det vestlige Viborg med flere adskilte grundvandsdannende områder). Modelleringen viste imidlertid at grundvandet fra det fjerneste grundvandsdannende område "dykkede" under dalen ved Søndersø via det dybe magasin (Sand 3) inden det fandt vej til indvindingsfiltrene i det mellemste magasin (Sand 2), hvilket vurderedes at være urealistisk. Denne vurdering blev understøttet

af de stokastiske simuleringer som viste forholdsvis ringe sandsynlighed for grundvandsdannelse (< 40 %) i det vestlige Viborg. Det udpegede indvindingsopland er tilrettet så det viser hele det østlige grundvandsdannende område i alle de stokastiske simuleringer (0-100 %) samt en 300 m zone omkring indvindingsboringerne.

Figur 5.13 viser også grundvandets aldersfordeling (partikelalder) og dannelsessted i indvindingsoplandet (dvs. det grundvandsdannende opland). Grundvandsdannelsen i vurderes at ske kildepladsnært. Inden for det grundvandsdannende opland viser aldersfordelingen hvor længe vandet er om at bevæge sig fra grundvandsspejlet til indvindingsboringerne. Som det fremgår af figuren er det indvundne vand forholdsvis ungt (< 50 år). Aldersfordelingen af grundvandet kan med fordel anvendes i forhold til at prioritere indsatsen med hensyn til grundvandsbeskyttelsen.

Figur 5.13 – Indvindingsopland til Bruunshåb Vandværks kildeplads, samt potentialelinjer og grundvandets alder.



### 5.2.3 Grundvandskemi og sårbarhed

Vandanalyserne fra de 2 borerer viser overordnet en fin vandkvalitet uden nitrat (figur 5.14). Sulfatindholdet er lavt, dog viser figur 5.15 at indholdet har fluktueret kraftigt gennem tiden. At dømme ud fra figur 5.15 er det ikke utænkeligt at der er byttet om på den sidste prøve i boring 66.1489 og den næstsidste prøve i boring 66.1058. I så fald vil der være tale om en svagt stigende men ikke markant tendens. Et stigende indhold af sulfat skyldes ofte, at der finder pyritoxidation sted, hvor ilt- eller nitratholdigt vand oxiderer pyrit. Oxidationen reducerer ilt og nitrat under dannelse af bl.a. sulfat.

Vandet er blødt med hårdhedsgrader omkring 5 °dH, og der er konstateret et mindre indhold af aggressiv kuldioxid over kvalitetskriteriet for drikkevand, som kræver opmærksomhed i vandbehandlingen på vandværket. Indholdet af aggressiv kuldioxid viser, at der generelt er tale om udvaskede sedimentter uden kalk. Aggressiv kuldioxid er et almindeligt problem i forhold til vandkvaliteten flere steder i Jylland, men det kan fjernes i vandbehandlingen, hvilket også sker på Bruunshåb Vandværk, hvor der ikke er registreret aggressiv kuldioxid i vandet fra afgang vandværk.

Forvittringsgraden viser forvitret vand. Forvittringsgraden er et udtryk for, at der er andre syrer end opløst kuldioxid i systemet. Disse andre syrer kan være salpetersyre, eller svovlsyre som følge af gødskning, eller som følge af pyritoxidation og er derfor en sårbarhedsindikator. pH ligger over 7 og viser at, der ikke er tale om en forsuret vandtype.

Begge borerer har vandtype C, som er en svagt reduceret vandtype. Ionbytningsgraden i vandet i begge borerer ligger lige på grænsen mellem ikke ionbyttet og ionbyttet vand. Ionbyttet vand

ses ofte hvor vand har passeret tykke lerlag, hvor calcium ioner byttes med natrium ioner, og manglende ionbytning kan være indikator for, at magasinet er sårbart. Sammenholdes ionbytningsgraden med kendskabet til geologien, der viser et dæklag af moræneler og smeltevandler over magasinet, så støtter ionbytningsgraden på 0,9 tolkningen af, at vandet passerer lerlag på vej til indvindingsmagasinet.

Der er ikke fundet miljøfremmede stoffer i nogen af borerer.

### 5.2.4 Arealanvendelse og forureningskilder

Kildepladsen er beliggende i udkanten af Bruunshåb. Indvindingsoplandet dækker dele byen og strækker sig mod vest ud i landbrugsarealer (figur 5.16). Den potentielle nitratudvaskning er lav nær kildepladsen, men moderat til høj i den fjerneste del af indvindingsoplandet.

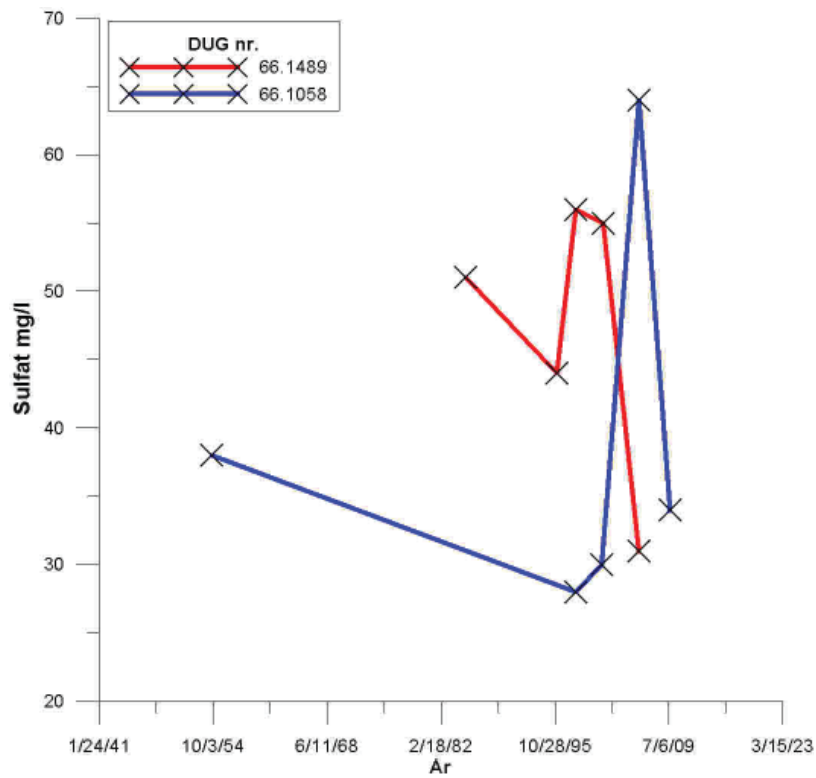
Der findes kun en enkelt VI-kortlagt lokalitet i den fjerneste ende af indvindingsoplandet.

Der er ikke udpeget nitratfølsomt indvindingsområde eller indsatsområde med hensyn til nitrat indenfor indvindingsoplandet.

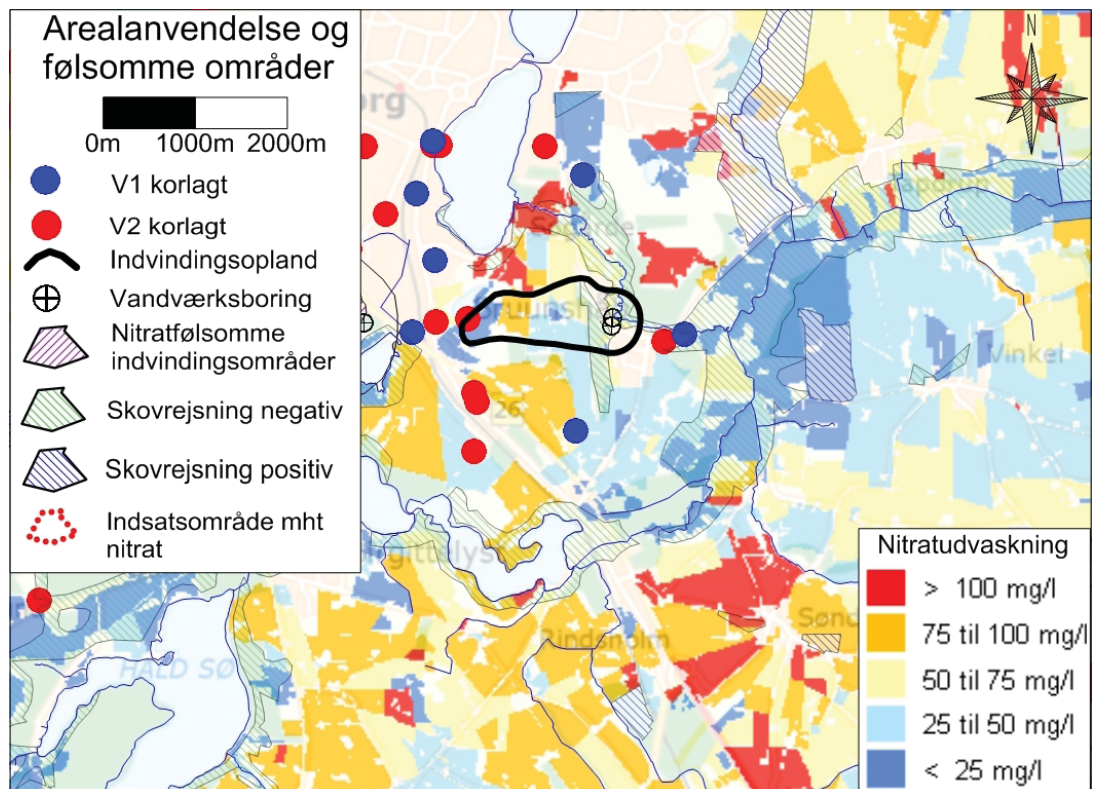
Figur 5.14 - Analyseparametre fra Bruunshåb Vandværks borerer udtrukket fra Jupiterdatabasen 8. august 2011.

DGU nr.	Filter-top[m.u.t]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Fe <sup>2+</sup> [mg/l]	Vand-type	Ca <sup>2+</sup> [mg/l]	Mg <sup>2+</sup> [mg/l]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	Forvitring	CO <sub>2</sub> [mg/l]	NVOC [mg/l]	Cl <sup>-</sup> [mg/l]	Na <sup>+</sup> [mg/l]	Ionbytning	BAM [µg/l]	Ni <sup>2+</sup> [mg/l]	pH
66.1058	26,2	<0,5	34	0,1	2,6	C	37	1,6	82	1,5	8	0,6	18	11	0,9	<0,02	0,27	7,34
66.1489	25	<0,5	31	2,8	0,87	C	35	1,6	82	1,4	2	0,6	17	10	0,9	<0,02	0,49	7,8

Figur 5.15 - Udviklingen i sulfat i Bruunshåb Vandværks boringer.



Figur 5.16 – Nitratudvaskningen, V1- og V2- kortlagte arealer og skovrejsningsområder omkring Bruunshåb Vandværks indvindingsopland.



### 5.2.5 Indsatser

Med udgangspunkt i figur 5.16 kan der fremhæves en række punkter, hvor det er hensigtsmæssigt at gøre en indsats for at beskytte grundvandsmagasinet og indvindingen til Bruunshåb Vandværk.

Der er et sammenhængende dæklag af ler over indvindingsmagasinet. Lerdæklaget udtyndes dog tæt på kildepladsen, men her findes opadrettet gradient. Vandkvaliteten ved vandværkets boringer er stabil og der er ingen problemer med at overholde kvalitetskriteriet for drikkevand.

Der har indtil midten af 1990'erne været en større indvinding ved vandværket. Denne større indvinding gav anledning til en stigning i sulfat, hvilket tolkes som at nitrat er trukket ned og har iltet jordens pyritindhold. Det peger på, at en større indvinding, eller indvinding med større pumpekapacitet kan vende gradienten kildepladsnært og derved trække nitrat ned. Det anbefales derfor, at evt. fremtidige ændringer i indvindingen vurderes nøje i forhold gradientforholdene nær kildepladsen.

Det anbefales, at eventuelle fremtidige ændringer i arealanvendelsen sker under hensyntagen til grundvandsbeskyttelsen, således at arealanvendelsen ikke overgår til mere grundvandstruende aktiviteter. Skovrejsning er en mulighed for langsigtet beskyttelse af grundvandet, men det vil dog ikke alle steder være muligt at lave skovrejsning. F.eks. er skovrejsning uønsket tæt på kildepladsen, hvorfor det anbefales at også anden grundvandsbeskyttende arealanvendelse overvejes.

Det anbefales at iværksætte tiltag for at bevare vandkvaliteten indenfor hele indvindingsoplandet, men i forhold til at prioritere tiltagene kan der med fordel tages udgangspunkt i de dele af de grundvandsdannende oplande eller indvindingsoplandene, som ligger nærmest kildepladserne.

Generelt indenfor indvindingsoplandet anbefales det, at der ved miljøtilsyn af virksomheder, herunder landbrug, er fokus på at vurdere risikoen for forurening af grundvandet. Tiltag iværksættes, såfremt der vurderes at være en sådan risiko.

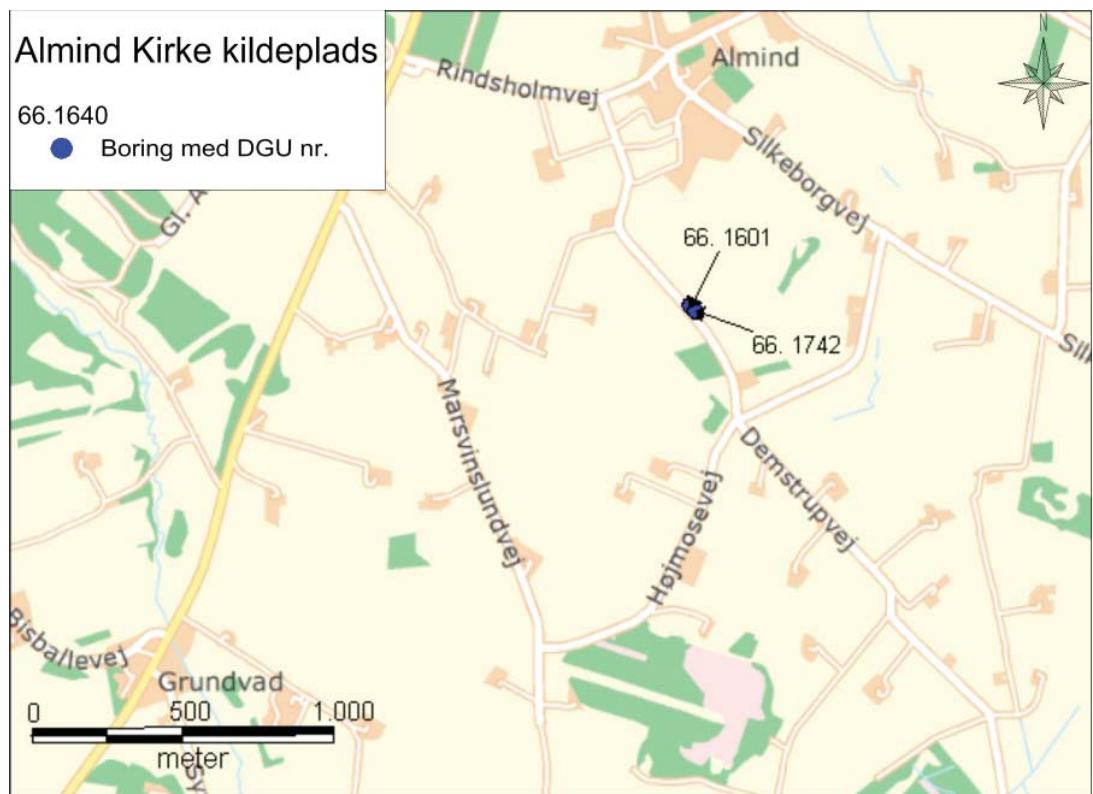
### 5.3 Almind Kirke Vandværk

Almind Kirke Vandværks kildeplads er beliggende i et landbrugsområde omkring 500 m syd for Almind.

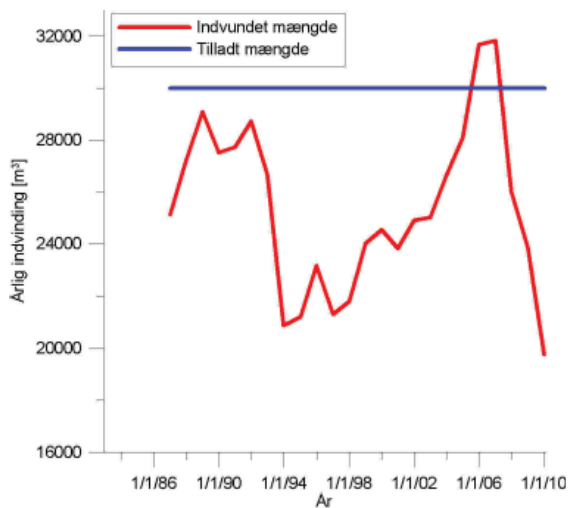
og 66.1742, og har en indvindingstilladelse på 30.000 m<sup>3</sup>/år. Indvindingen har været svingende over de seneste 20 år, men har generelt ligget under tilladelsen (figur 5.18)

Vandværket indvinder fra borerne 66.1601

Figur 5.17 - Placeringen af Almind Vandværks borer.



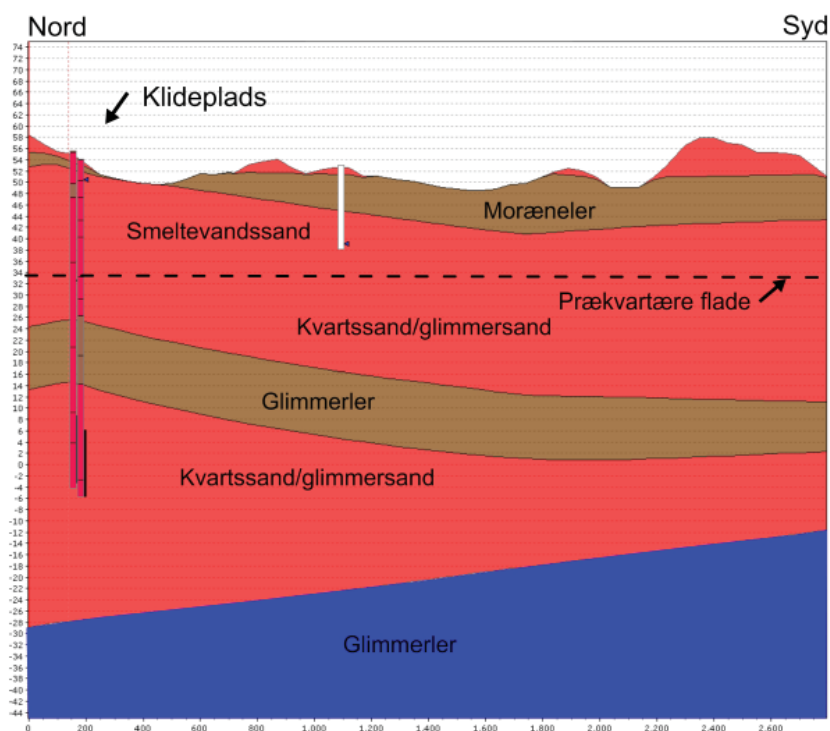
Figur 5.18 – Tidsserie for indvindingen ved Almind Kirke Vandværk.



### 5.3.1 Geologiske forhold

Der er på figur 5.19 optegnet et profilsnit gennem indvindingsoplandet og kildepladsen til Almind Kirke Vandværk. Profilet strækker sig fra kildepladsen i nord mod syd, hvilket er på langs med grundvandets overordnede strømningensretning. Profilsnittet er et udtræk fra den hydrostratigrafiske model, som består af gennemgående lag og er brugt i grundvandsmodellen. Modellen indeholder hovedtrækkene af områdets geologi og har således ikke alle detaljer af områdets geologi. Lagfladerne er interpolerede flader, og grænserne mellem lag i borerne og lag i modellen er ikke altid helt de samme, ligesom lokale lag kan være udeladt, eller slået sammen med andre lag i modellen.

Som det fremgår af figur 5.19, så indvinder Almind Kirke Vandværk fra det dybeste magasin. I den hydrostratigrafiske model er indvindingsoplandet beskyttet af både et lag moræneler og et lag glimmerler. Nær kildepladsen forsvinder morænelerlag, og magasinet beskyttes kun af ca. 10 m glimmerler. Tykkelsen af glimmerlerlaget er ikke dokumenteret i mange borer i nærområdet, og det er således tvivlsomt hvor god en beskyttelse det yder indvindingsmagasinet, hvilket også kommer til udtryk i indvindingsboringeres vandkemi (se neden for).



Figur 5.19 – Profilsnit gennem den hydrostratigrafiske model ved kildepladsen og indvindingsoplandet til Almind Kirke Vandværk.



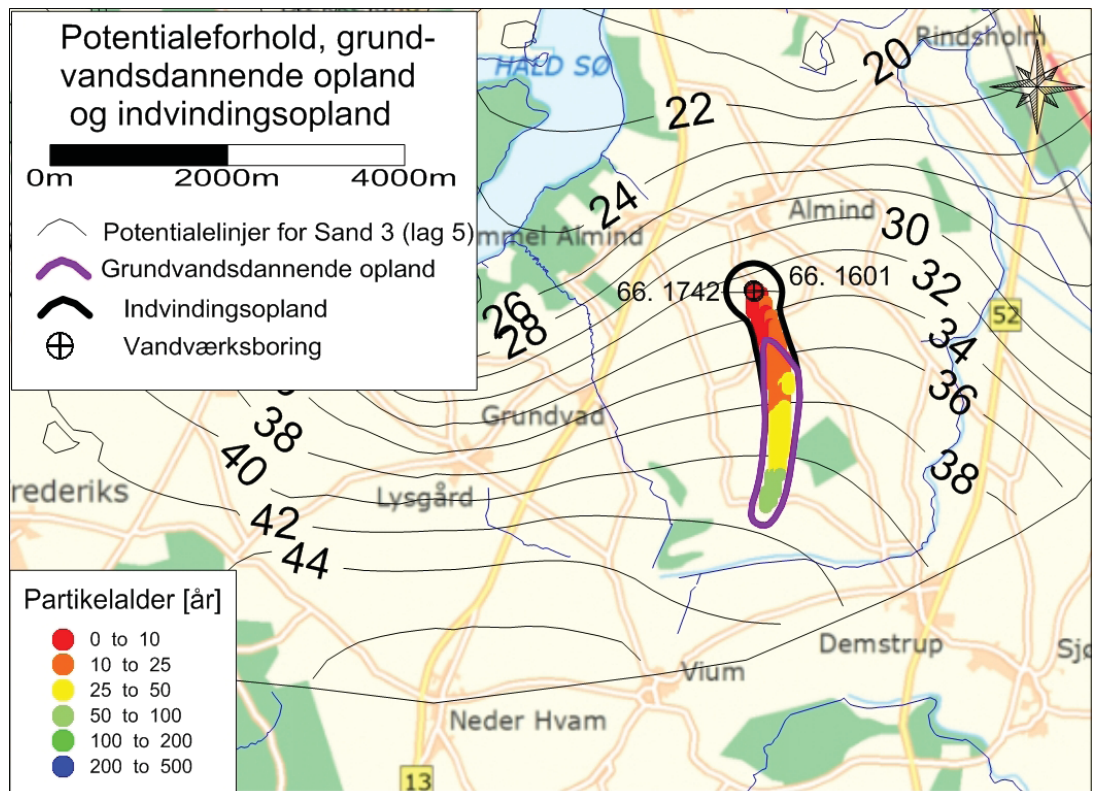
### 5.3.2 Potentialeforhold og indvindingsopland

For kildepladsen gælder det, at grundvandets strømningsretning er rettet fra syd mod nord, hvorfor indvindingsoplandet strækker sig i denne retning (figur 5.20). Potentialet er forholdsvis stejlt, og falder fra omkring 42 m i den vestlige ende af indvindingsoplandet til 32 m ved kildepladsen.

Det udpegede indvindingsopland er optegnet på basis af de stokastiske modelsimuleringer /1/ og indeholder omtrent 20-100 % af de genererede oplande. Desuden er der tilføjet en 300 m zone omkring indvindingsboringerne. Figur 5.20 vi-

ser også grundvandets aldersfordeling (partikelalder) og dannelsessted i indvindingsoplandet (dvs. det grundvandsdannende opland). Ifølge grundvandsmodellen sker grundvandsdannelsen i et område syd for kildepladsen. Inden for det grundvandsdannende opland viser aldersfordelingen hvor længe vandet er om at bevæge sig fra grundvandsspejlet til indvindingsboringerne. Det indvundne vand er relativt ungt (fra 25-75 år gammelt). Aldersfordelingen af grundvandet kan med fordel anvendes i forhold til at prioritere indsatsen med hensyn til grundvandsbeskyttelsen.

Figur 5.20 – Indvindingsopland til Almind Kirke Vandværks kildeplads, samt potentialelinjer og grundvandets alder.



### 5.3.3 Grundvandskemi og sårbarhed

Vandanalyserne fra de to borerer viser overordnet en fin vandkvalitet uden nitrat (figur 5.21). Sulfatindholdet er lavt, dog viser figur 5.22 en klart stigende tendens i indholdet af sulfat i begge borerer. Et stigende indhold af sulfat, skyldes ofte, at der finder pyritoxidation sted, hvor iltet eller nitratholdigt vand oxiderer pyrit. Oxidationen reducerer ilt og nitrat under dannelse af bl.a. sulfat.

Vandet er middelhårdt t med hårdhedsgrader omkring 10 °dH, og der er konstateret et mindre indhold af aggressiv kuldioxid over kvalitetskriteriet for drikkevand, som kræver opmærksomhed i vandbehandlingen på vandværket. Den ene boring viser ingen aggressiv kuldioxid i seneste analyse, men den har tidligere vist et indhold på 8 mg/l. Indholdet af aggressiv kuldioxid viser, at der generelt er tale om udvaskede sedimentter uden kalk. Aggressiv kuldioxid er et almindeligt problem i forhold til vandkvaliteten flere steder i Jylland, men det kan fjernes i vandbehandlingen. Figur 5.24 viser dog, at der har været flere overskridelser af kvalitetskriteriet for drikkevand af aggressiv kuldioxid fra afgang vandværk.

Forvittringsgraden viser ikke-forvitret vand. Forvittringsgraden er et udtryk for, at der er andre syrer end opløst kuldoxid i systemet. Disse andre syrer kan være salpetersyre, eller svovlsyre som følge af gødsning, eller som følge af pyritoxidation og er derfor en sårbarhedsindikator. pH ligger også over 7 og viser at, der ikke er tale om en forsuret vandtype.

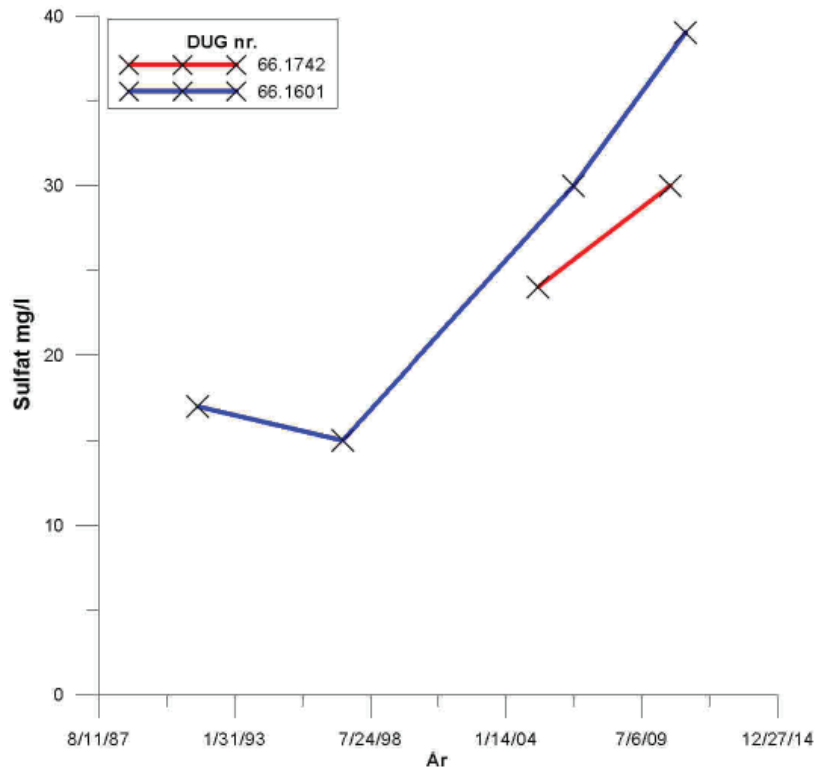
Begge borerer har vandtype C, som er en svagt reduceret vandtype. Ionbytningsgraden i vandet i begge borerer viser ikke-ionbyttet vand. Ionbyttet vand ses ofte hvor vand har passeret tykke lerlag, hvor calcium ioner byttes med natrium ioner, men manglende ionbytning er dog ingen indikator for at magasinet er sårbart, da nogle lerlag kan have lille ionbytningskapacitet.

Figur 5.23 viser, at der flere gange er målt nitrat i råvandet lige omkring detektionsgrænsen for nitrat. Sammenholdes det med figur 5.22, der viser stigende sulfat, peger det på at nitratreduktionskapaciteten snart er opbrugt, hvilket kan betyde at nitratinholdet i fremtiden kan begynde at stige.

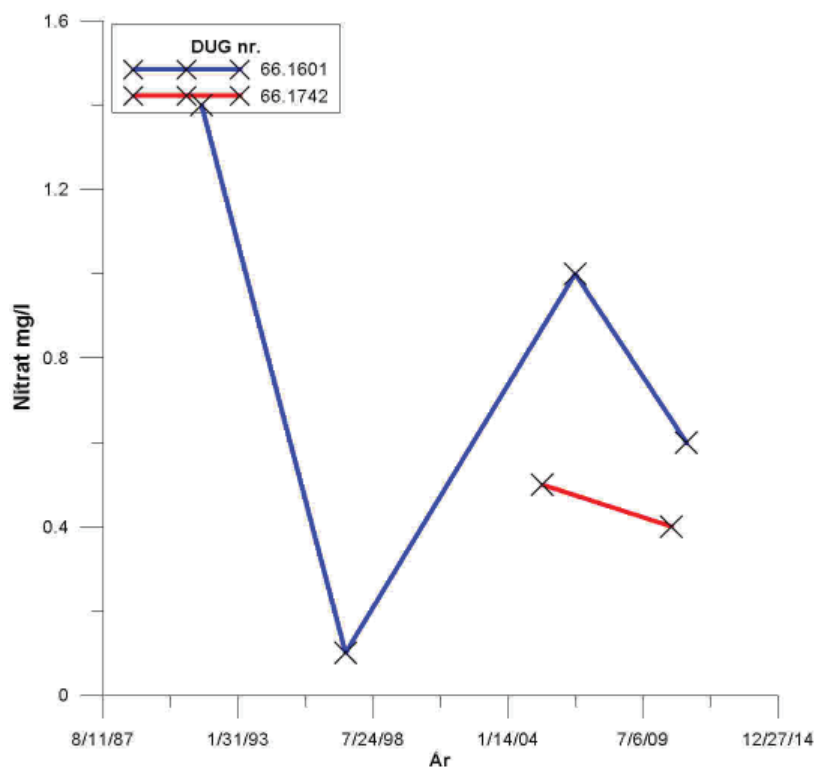
Figur 5.21 - Analyseparametre fra Almind Kirke Vandværks borerer udtrukket fra Jupiterdatabasen 8. august 2011.

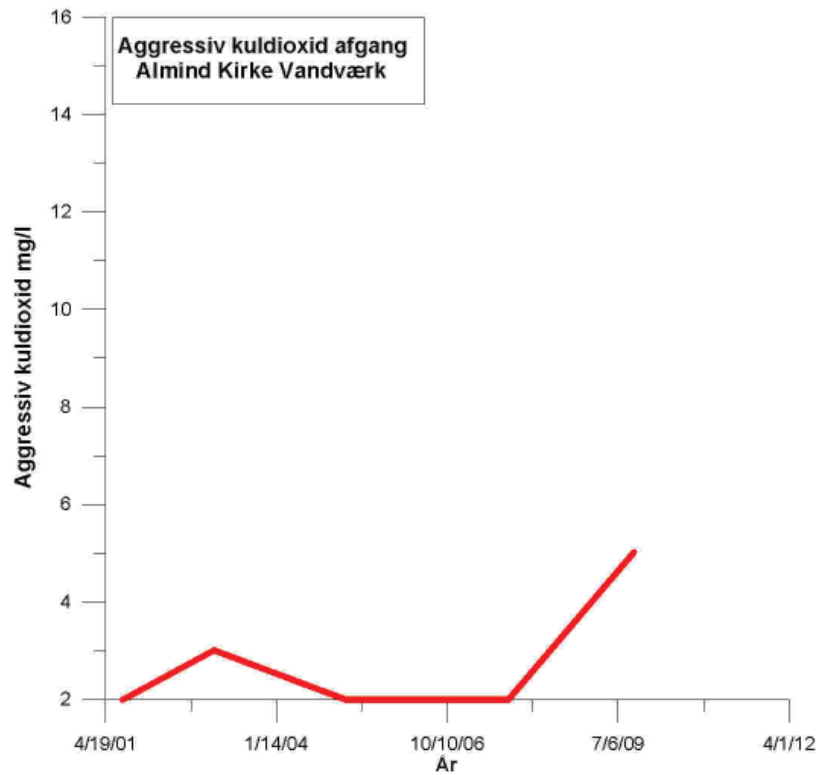
DGU nr.	Filter-top[m.u.t.]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Fe <sup>2+</sup> [mg/l]	Vand-type	Ca <sup>2+</sup> [mg/l]	Mg <sup>2+</sup> [mg/l]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	Forvitring	CO <sub>2</sub> [mg/l]	NVOC [mg/l]	Cl <sup>-</sup> [mg/l]	Na <sup>+</sup> [mg/l]	Ionbytning	BAM [µg/l]	Ni <sup>2+</sup> [mg/l]	pH
66.1601	47	0,6	39	0,2	2,9	C	71	4,7	198	1,2	3	1,7	26	13	0,8	<0,02	0,59	7,5
66.1742	48	< 0,5	30	0,2	2,9	C	73	5,1	215	1,2	2	1,8	73	13	0,7	<0,02	0,48	7,7

Figur 5.22 – sulfatudviklingen i Almind Kirke Vandværks boringer.



Figur 5.23 - Nitratudviklingen i Almind Kirke Vandværks boringer.





Figur 5.24 – Udviklingen i aggressiv kuldioxid afgang Almind Kirke Vandværk.

Der er ikke fundet miljøfremmede stoffer i nogen af borerne.

Ud fra de grundvandskemiske forhold vurderes den nuværende indvinding ved kildepladsen til at have nogen sårbarhed.

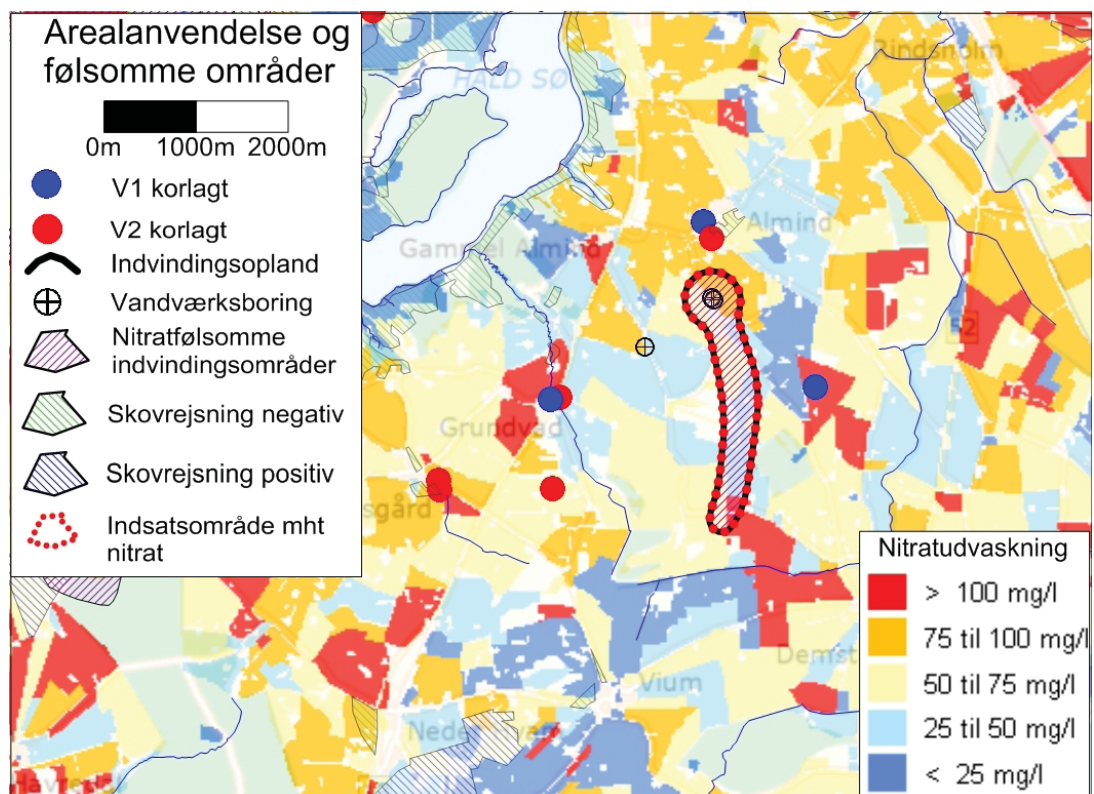
### 5.3.4 Arealanvendelse og forureningskilder

Kildepladsen og indvindingsoplandet til Almind Kirke Vandværk er beliggende i landbrugsarealer (figur 5.25). Størstedelen af landbrugsarealerne indenfor indvindingsoplandet viser lav til moderat nitratudvaskning (25-75 mg/l), men nær kildepladsen og i den fjerneste ende af indvindingsoplandet ses moderate til høje udvaskningstal (75 - > 100 mg/l).

Der findes ingen V1- og V2-kortlagte lokaliteter indenfor indvindingsoplandet.

På baggrund af den ringe naturlige beskyttelse af grundvandsmagasinet i indvindingsoplandet, er det vurderet nødvendigt at udpege hele indvindingsoplandet som nitrاتفølsomt indvindingsområde og indsatsområde mht. nitrat.

Figur 5.25 – Nitratudvaskning, V1- og V2- kortlagte arealer og nitrاتفølsomme indvindingsområder omkring Almind Kirke Vandværks indvindingsopland.



### 5.3.5 Indsatser

Med udgangspunkt i figur 5.25 kan der fremhæves en række punkter, hvor det er hensigtsmæssigt at gøre en indsats for at beskytte grundvandsmagasinet og indvindingen til Almind Kirke Vandværk.

Lerdæklaget over grundvandsmagasinet er tykt i størstedelen af indvindingsoplandet, men som tidligere nævnt er denne vurdering ikke baseret på boringer i nærområdet. Dog bliver lerdæklaget tyndt omkring kildepladsen og i indvindingsoplandet nærmest kildepladsen. Der findes tykkere lerlag i det grundvandsdannende område, men trods dette indeholder vandet små mængder nitrat og viser et stigende indhold af sulfat. Vandkvaliteten kan dog stadig betegnes som god.

For at sikre en begrænsning af udvaskningen af nitrat anbefales, at eventuelle fremtidige ændringer i arealanvendelsen sker under hensyntagen til grundvandsbeskyttelsen, således at arealanvendelsen ikke overgår til mere grundvandstruende aktiviteter. Skovrejsning er en oplagt mulighed for langsigtet beskyttelse af grundvandet.

Begge Almind Kirke Vandværks boringer har aggressiv kuldioxid i råvandet, eller har tidligere haft det, og vandet fra afgang vandværk har vist overskridelser af kvalitetskravet for drikkevand gennem de seneste 10 år. Det anbefales derfor, at aggressiv kuldioxid overvåges i vandanalyserne fra afgang vandværk for at sikre at kvalitetskravene for drikkevand overholdes.

Det anbefales at iværksætte tiltag for at bevare vandkvaliteten indenfor hele indvindingsoplandet, men i forhold til at prioritere tiltagene kan der med fordel tages udgangspunkt i de dele af de grundvandsdannende oplande eller indvindingsoplandene, som ligger nærmest kildepladserne.

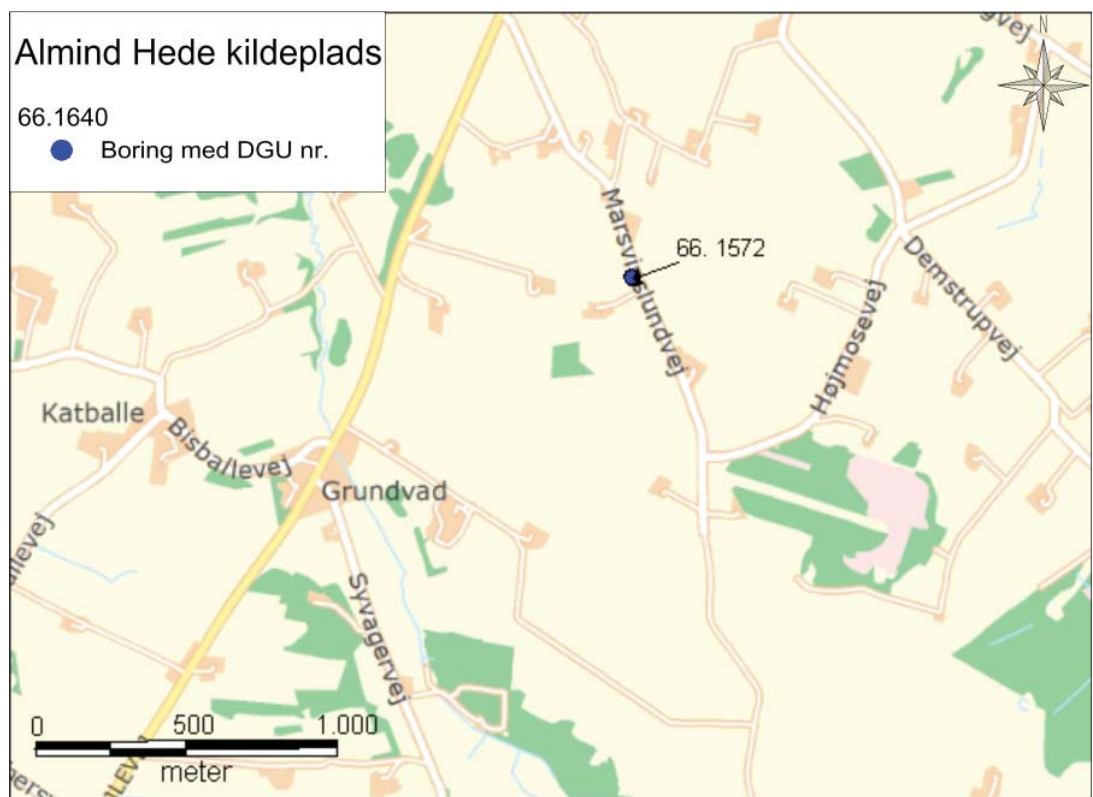
Generelt indenfor indvindingsoplandet anbefales det, at der ved miljøtilsyn af virksomheder, herunder landbrug, er fokus på at vurdere risikoen for forurening af grundvandet. Tiltag iværksættes, såfremt der vurderes at være en sådan risiko.

## 5.4 Almind Hede Vandværk

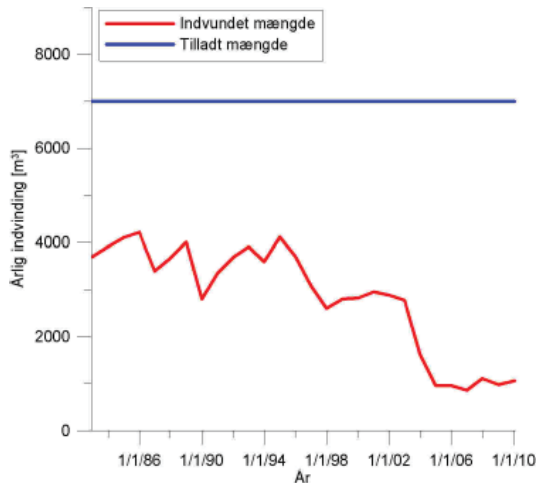
Almind Hede Vandværks kildeplads er beliggende i et landbrugsområde mellem Grundvad og Almind. Her indvindes der fra én boring 66.1572 (figur 5.26).

Almind Hede Vandværk har en indvindingstilladelse på 7.000 m<sup>3</sup>/år og har i de seneste 20 år haft en faldende indvinding (figur 5.27). Indvindingen har de seneste år ligget på kun 1000 m<sup>3</sup>/år, hvilket er langt under deres tilladelse.

Figur 5.26 – Placeringen af Almind Hede Vandværks indvindingsboring.



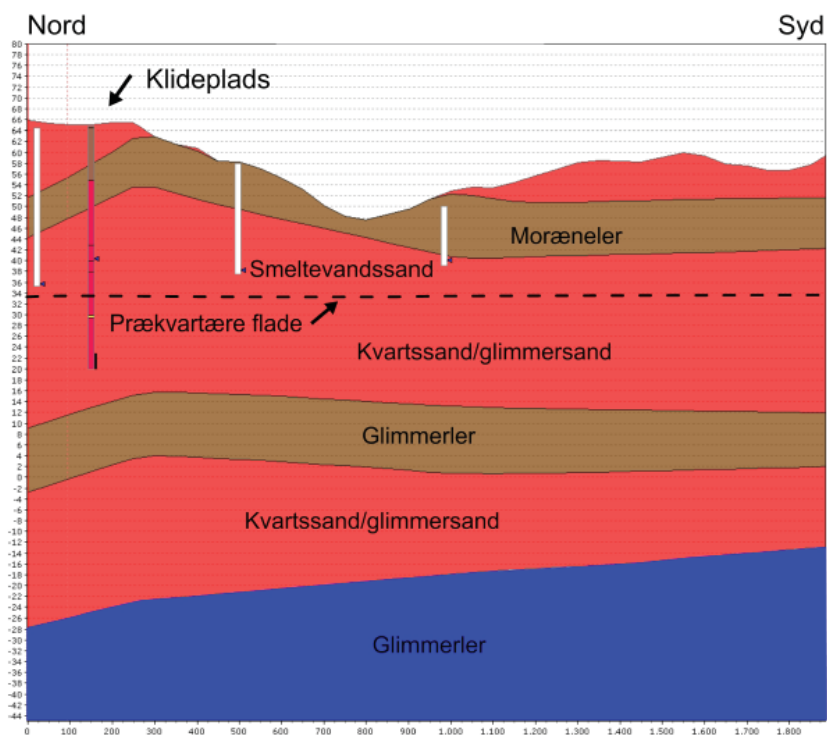
Figur 5.27 – Indvundne mængder og tilladte mængder for Almind Hede Vandværk.



#### 5.4.1 Geologiske forhold

Som det fremgår af figur 5.28 indvinder Almind Hede Vandværk fra det mellemste magasin (Sand 2). Profilsnittet er et udtræk fra den hydrostratigrafiske model, som består af gennemgående lag og er brugt i grundvandsmodellen. Modellen indeholder hovedtrækkene af områdets geologi og har således ikke alle detaljer af områdets geologi. Lagfladerne er interpolerede flader, og grænserne mellem lag i borerne og lag i modellen er ikke altid helt de samme, ligesom lokale lag kan være udeladt, eller slået sammen med andre lag i modellen.

På figur 5.28 ses det, at indvindingsmagasinet kun er beskyttet af et tyndt lag moræneler. Overfladenært moræneler er desuden ofte opsprækket og yder derved en ringe beskyttelse.



Figur 5.28 – Profilsnit gennem den hydrostratigrafiske model ved kildeplads og indvindingsopland til Almind Hede Vandværk.

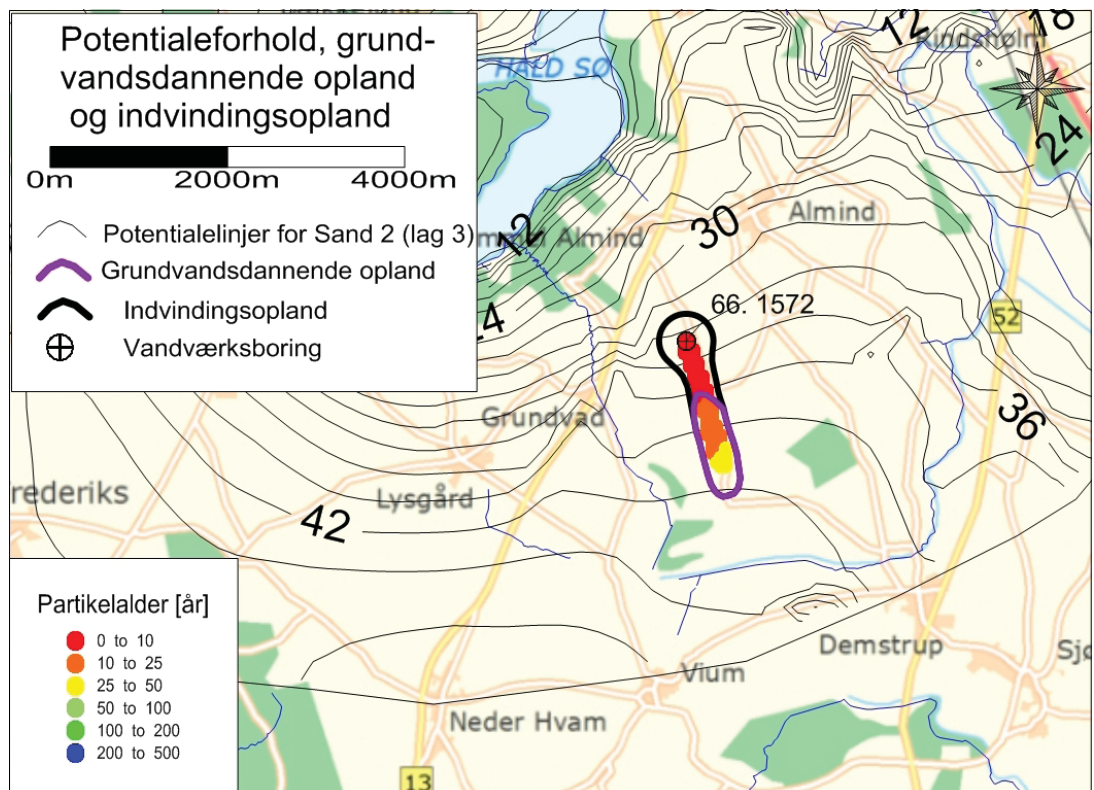


#### 5.4.2 Potentialforhold og indvindingsopland

For kildepladsen gælder det, at grundvandets strømningsretning er rettet fra syd mod nord, hvorfor indvindingsoplandet strækker sig i denne retning (figur 5.29). Potentialet er forholdsvis stejlt, og falder fra omkring 42 m i den vestlige ende af indvindingsoplandet til 34 m ved kildepladsen.

Det udpegede indvindingsopland er optegnet på basis af de stokastiske modelsimuleringer /1/ og indeholder 20-100 % af de genererede oplande. Desuden er der udpeget en 300 m zone omkring indvindingsboringen. Figur 5.29 viser også grundvandets aldersfordeling (partikelalder) og dannelsessted i indvindingsoplandet (dvs. det grundvandsdannende opland). Ifølge grundvandsmodellen sker grundvandsdannelsen i et område syd for kildepladsen. Inden for det grundvandsdannende opland viser aldersfordelingen hvor længe vandet er om at bevæge sig fra grundvandsspejlet til indvindingsboringerne. Det indvundne vand er ungt (fra 15-30 år gammelt). Aldersfordelingen af grundvandet kan med fordel anvendes i forhold til at prioritere indsatsen med hensyn til grundvandsbeskyttelsen.

Figur 5.29 Indvindingsopland til Almind Hede Vandværks kildeplads, samt potentialer og grundvandets alder.



### 5.4.3 Grundvandskemi og sårbarhed

Vandanalyserne fra Almind Hede Vandværk stammer fra afgang vandværk, da der ikke er registreret nogen analyser i Jupiterdatabasen for vandværkets ene boring. Det er derfor ikke muligt at få et fuldstændigt overblik over råvandets kvalitet, da det er påvirket af den efterfølgende vandbehandling.

Det behandlede vand viser en fin kvalitet med kun et lille indhold af nitrat (figur 5.30). På figur 5.31 ses det, at indholdet af sulfat er faldet gennem de seneste 10 år. Samtidigt ses et meget lille, men dog stigende, indhold af nitrat (figur 5.32). Dette kan pege på, at nitratreduktionskapaciteten er opbrugt, og der nu er stigende mængder nitrat på vej, mens sulfatindholdet nærmer sig baggrundsværdien for sulfat.

Råvandets hårdhed kan ikke aflæses i det behandlede vand og det samme gør sig gældende

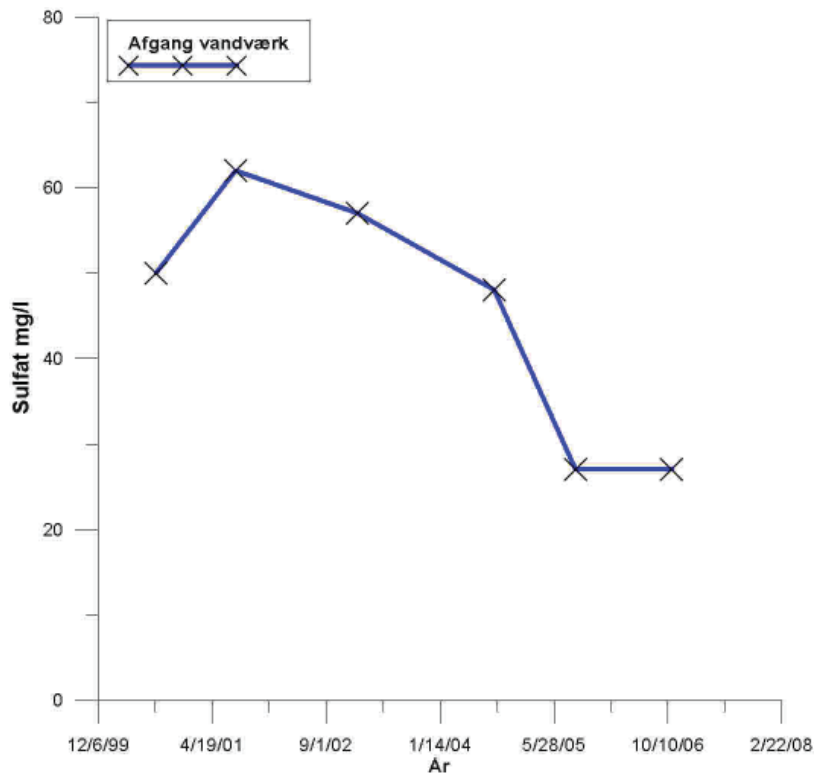
for pH, vandtype, ionbytningsgraden og forvitningsgraden. Figur 5.33 viser dog, at der tidligere har været overskridelser af aggressiv kuldioxid i vandet fra afgang vandværk, hvilket peger på at der er et indhold af aggressiv kuldioxid i råvandet, som ligger over kvalitetskriteriet for drikkevand. Et indhold af aggressiv kuldioxid viser, at der generelt er tale om udvaskede sedimenter uden kalk. Aggressiv kuldioxid er et almindeligt problem i forhold til vandkvaliteten flere steder i Jylland, men det kan fjernes i vandbehandling.

Der er ikke konstateret miljøfremmede stoffer i nogen vandanalyser.

De grundvandskemiske parametre, der siger noget om sårbarheden, er stærkt begrænsede, da der kun findes analyser for behandlet vand. Dog er der indikationer på, at der er tale om en vandtype med nogen sårbarhed overfor nitrat.

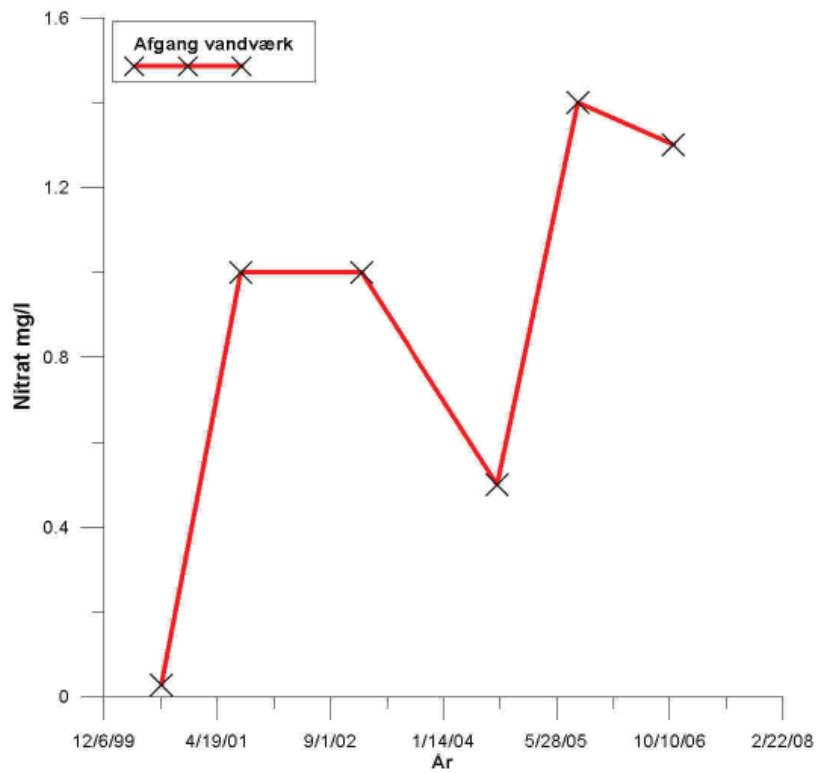
Figur 5.30 – Analyseparametre fra afgang Almind Hede Vandværk udtrukket fra Jupiterdatabasen 8. august 2011. Bemærk, at der ikke er analyser for råvandet.

DGU nr.	Filter-top[m.u.t.]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> [mg/l]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Fe <sup>++</sup> [mg/l]	Vand-type	Ca <sup>++</sup> [mg/l]	Mg <sup>++</sup> [mg/l]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	Forvitring	CO <sub>2</sub> [mg/l]	NVOC [mg/l]	Cl <sup>-</sup> [mg/l]	Na <sup>+</sup> [mg/l]	Ionbytning	BAM [µg/l]	Ni <sup>++</sup> [mg/l]	pH
66.1572	42	1,3	27	10,3	0,02	-	89	6.1	210	-	<2	1,5	26	15	-	<0.01	0,17	7,7

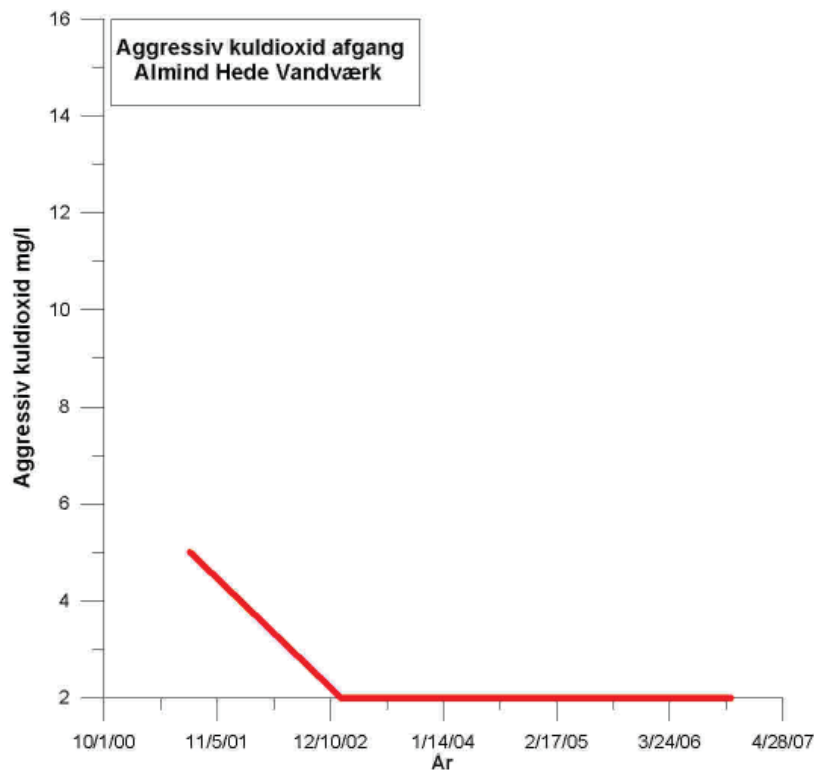


Figur 5.31 - Udviklingen i sulfat i vandet afgang Almind Hede Vandværk.

Figur 5.32 - Udviklingen i nitrat i vandet fra afgang Almind Hede Vandværk.



Figur 5.33 - Udviklingen i aggressiv kuldioxid i vandet fra afgang Almind Hede Vandværk.



#### 5.4.4 Arealanvendelse og forureningskilder

Indvindingsoplandet til Almind Hede Vandværk ligger i og er omkranset af landbrugsområder (figur 5.34).

Den potentielle nitratudvaskning er lav-moderat (25-75 mg/l) i hele indvindingsoplandet på nær et lille område nær kildepladsen, som viser moderat-høj 75-100 mg/l) potentiel udvaskning.

Der er ingen V1- og V2-kortlagte grunde, som kan være en trussel mod grundvandskvaliteten.

Hele indvindingsoplandet er udpeget som nitratfølsomt indvindingsområde og indsatsområde med hensyn til nitrat.

#### 5.4.5 Indsatser

Der er kun tynde dæklag af moræneler over indvindingsmagasinet. Vandkemien er stadig god og næsten uden nitrat, men der synes at være en tendens mod stigende indhold af nitrat. Hele indvindingsoplandet er derfor udpeget som nitratfølsomt indvindingsområde og indsatsområde med hensyn til nitrat.

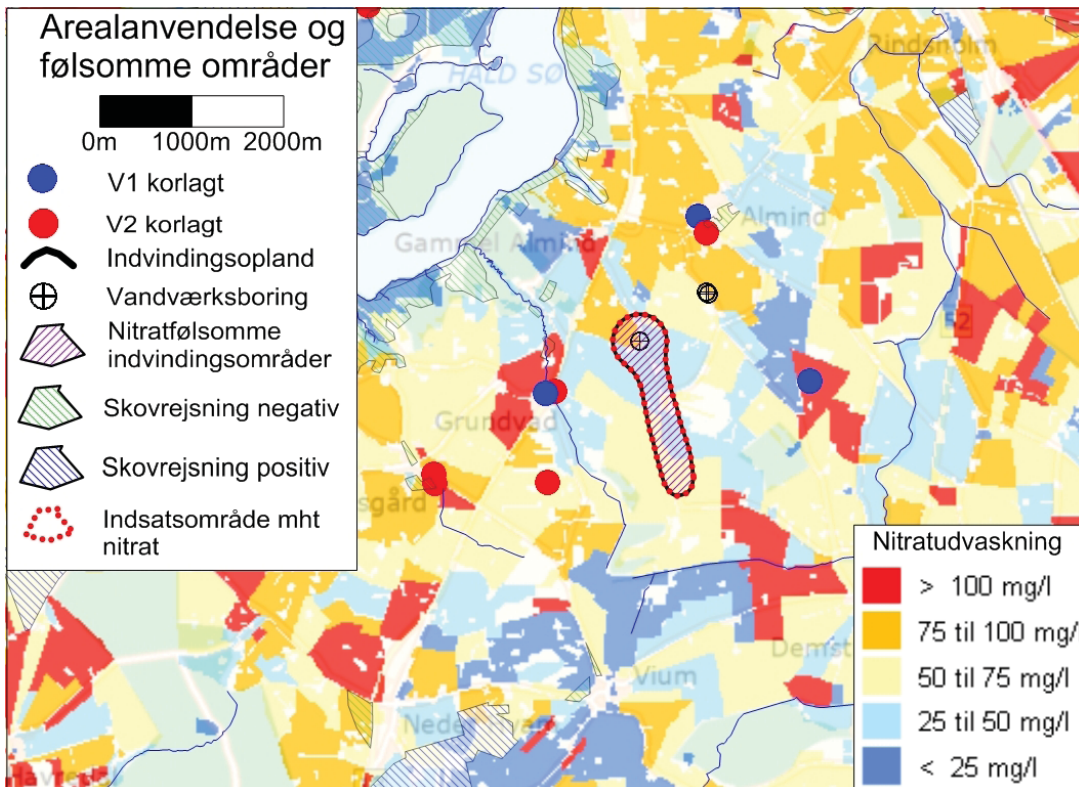
Hvis vandkvaliteten skulle blive uegnet til drikkevand, vil det være muligt at bore dybere til det

dybeste magasin, som i indvindingsoplandet er beskyttet af ca. 10 m glimmerler. Grundvandet er her bedre beskyttet end i det mellemste magasin.

For at sikre en begrænsning af udvaskningen af nitrat anbefales, at eventuelle fremtidige ændringer i arealanvendelsen sker under hensyntagen til grundvandsbeskyttelsen, således at arealanvendelsen ikke overgår til mere grundvandstruende aktiviteter. Skovrejsning er en oplagt mulighed for langsigtet beskyttelse af grundvandet.

Det anbefales at iværksætte tiltag for at bevare vandkvaliteten indenfor hele indvindingsoplandet, men i forhold til at prioritere tiltagene kan der med fordel tages udgangspunkt i de dele af de grundvandsdannende oplande eller indvindingsoplandene, som ligger nærmest kildepladserne.

Generelt indenfor indvindingsoplandet anbefales det, at der ved miljøtilsyn af virksomheder, herunder landbrug, er fokus på at vurdere risikoen for forurening af grundvandet. Tiltag iværksættes, såfremt der vurderes at være en sådan risiko.



Figur 5.34 – Nitratudvaskningen, V1 og V2 kortlagte arealer og nitratfølsomme indvindingsområder omkring Almind Hede Vandværks indvindingsopland.

## 5.5 Skelhøje Vandværk

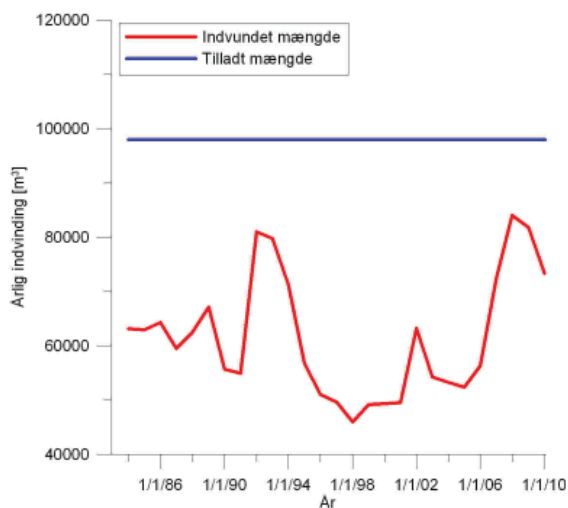
Skelhøje Vandværks kildeplads er beliggende omtrent midt i Skelhøje (figur 5.35). Her indvindes der fra 3 boringer, DGU nr. 66.1314, 66.1640 og 66.2017.

Skelhøje Vandværk har en indvindingstilladelse på 98.000 m<sup>3</sup>/år (se figur 5.36). Indvindingen har varieret en del over de sidste 25 år, men har aldrig overskredet den nuværende indvindingstilladelse.

Figur 5.35 – Skelhøje Vandværks kildeplads.



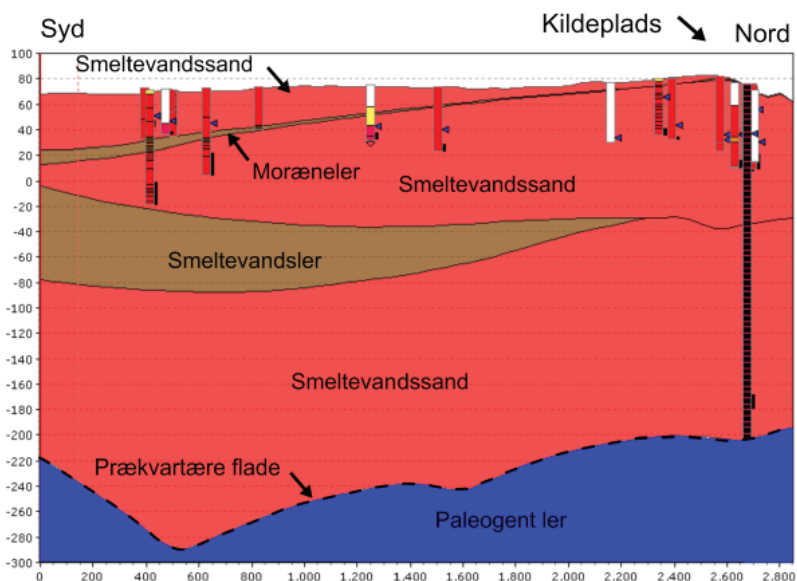
Figur 5.36 - Indvundne mængder og nuværende indvindingstilladelse for Skelhøje Vandværk.



### 5.5.1 Geologiske forhold

Der er på figur 5.37 optegnet et profilsnit gennem Skelhøje Vandværks indvindingsopland. Profilet strækker sig fra kildepladsen og i sydvestlig retning, hvilket er på langs med den overordnede strømning. Profilsnittet er et udtræk fra den hydrostratigrafiske model, som består af gennemgående lag og som er brugt i grundvandsmodellen. Modellen indeholder hovedtrækkene af områdets geologi og viser således ikke alle detaljer. Lagfladerne er interpolerede flader, og grænser mellem lag i borerne og lag i modellen er ikke altid helt de samme, ligesom lokale lag kan være udeladt, eller slået sammen med andre lag i modellen.

På figur 5.37, ses indvindingsboringerne til højre i billedet. To af borerne indvinder fra det mellemste magasin (Sand 2), mens én boring (66.2017) indvinder fra det dybe magasin (Sand 3). Ved kildepladsen findes ingen beskyttende lerlag over indvindingsfiltrene, og det samme gør sig gældende for Sand 2 generelt. Sand 3 lader til at være beskyttet af et tykt lag smeltevandsler i den sydlige del af indvindingsoplandet. Dette lerlag er imidlertid ikke dokumenteret i borerne i nærområdet og findes muligvis ikke inden for indvindingsoplandet.



Figur 5.37 – Profilsnit gennem den hydrostratigrafiske model ved kildeplads og indvindingsopland til Skelhøje Vandværk.

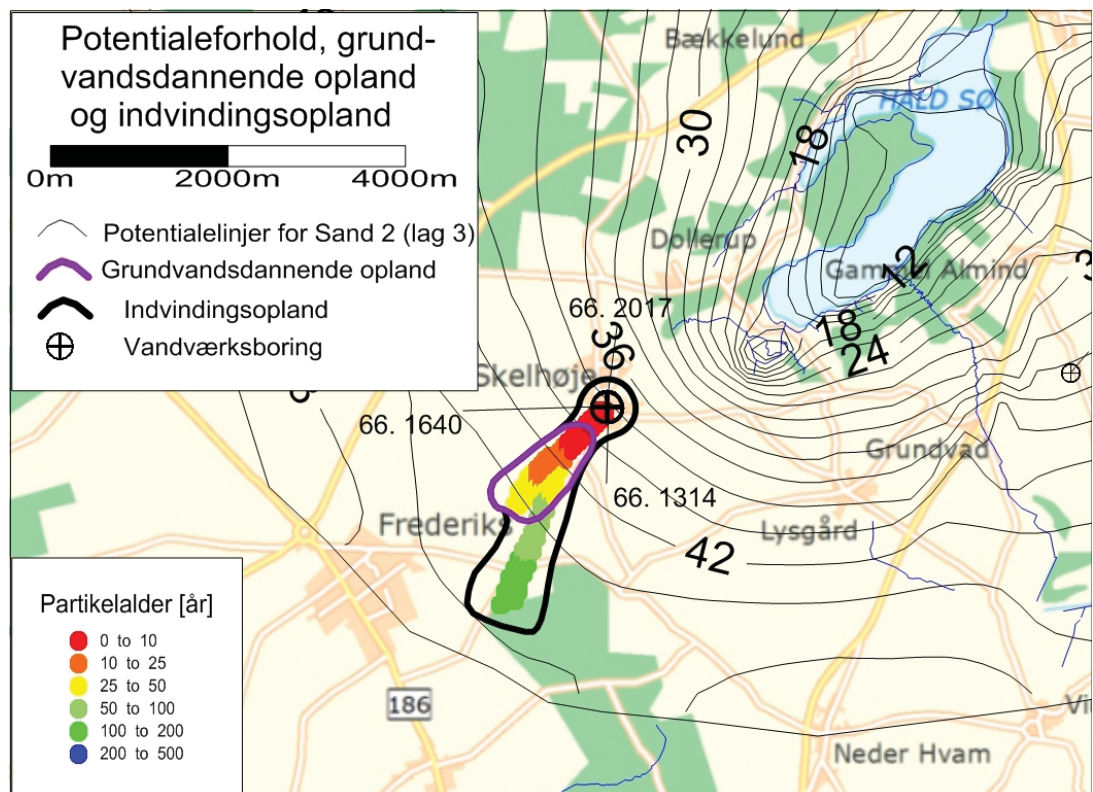
### 5.5.2 Potentialeforhold og indvindingsopland

For kildepladsen gælder det, at grundvandets strømningsretning er rettet fra sydvest mod nordøst hvorfor indvindingsoplandet strækker sig i denne retning (se figur 5.38). Indvindingsoplandet ses dog at grene sig en smule, hvilket skyldes at indvindingsoplandet er optegnet ud fra indvindingen i både Sand 2 og Sand 3. I Sand 2 falder potentialet falder fra omkring kote 44 m i den fjerne ende af indvindingsoplandet til omkring kote 38 m ved kildepladsen. Størrelsen på potentialerne i Sand 3 ligner dette, men strømningsretningen er mere sydlig. Det udpegede indvindingsopland svarer ikke til det opland der blev beregnet i grundvandsmodellens referencescenarie /1/, men er afkortet i forhold til de partikler der løber i Sand 3. Det udpegede indvindingsopland omfatter således hele referenceoplandet og de fleste stokastiske simuleringer (20-100 %) til indvindingen i Sand 2 (DGU 66.1314 og 66.1640) samt 300 m zoner omkring indvindingsboringerne. Derimod omfatter det udpegede indvindingsopland ikke hele referencescenariet for Sand 3, men er afkortet således at "halen" hvor modellen viser grundvandsdannelse ikke medtaget. Dette er gjort da modelresultaterne viser grundvandsdannelse til Sand 3 langs modellens sydlige rand, hvor

resultaterne tydeligt er påvirkede af modellens rand. I stedet er den sydlige grænse af indvindingsoplandet tilrettet efter et lokalt toppunkt i det synkronpejlede potentiale /3/. Det nøjagtige grundvandsdannende område kan ikke udpeges med modellen pga. randens placering. Såfremt der ikke findes et beskyttende lerlag over Sand 3 i området vil der formentlig foregå grundvandsdannelse til dette magasin i hele den sydlige del af indvindingsoplandet. Indvindingsoplandet til den dybe indvinding er udpeget, så den nødvendige grundvandsdannelse til indvindingen i magasinet kan finde sted.

Inden for det grundvandsdannende opland viser aldersfordelingen hvor længe vandet er om at bevæge sig fra grundvandsspejlet til indvindingsboringerne. Som det fremgår af figuren er det vand der indvindes fra Sand 2 ungt (10-25 år). Alderen på det vand der indvindes i Sand 3 kan ikke bestemmes eftersom der ikke er udpeget et grundvandsdannende opland. Imidlertid viser partikelbanesimuleringen at vandet i Sand 3 er længe undervejs til indvindingsboringen (100-200 år fra den sydligste del af oplandet). Aldersfordelingen af grundvandet kan med fordel anvendes i forhold til at prioritere indsatsen med hensyn til grundvandsbeskyttelsen.

Figur 5.38 – Indvindingsopland til Skelhøje Vandværk, samt potentialelinjer og grundvandets alder.



### 5.5.3 Grundvandskemi og sårbarhed

Vandanalyserne fra de tre boreriger viser en påvirket vandkvalitet i borerigerne i Sand 2 (66.1314 og 66.1640) med højt nitratindhold, mens borerigen i Sand 3 (66.2017) indvinder svagt reduceret vand (figur 5.39). Nitratindholdet i de to øverste indvindingsfiltre har de sidste 10 år været højt med stabil eller stigende tendens (figur 5.40). Sulfatindholdet i de to øverste filtre er forholdsvis stabilt, hvilket indikerer at nitratreduktionskapaciteten sandsynligvis er opbrugt i området (figur 5.41).

Der er konstateret højt indhold af aggressiv kuldioxid i de to øverste filtre, mens det dybe filter blot har et indhold på 2 mg/l. pH afspejler at der er tale om en forsuret vandtype i de to øverste filtre.

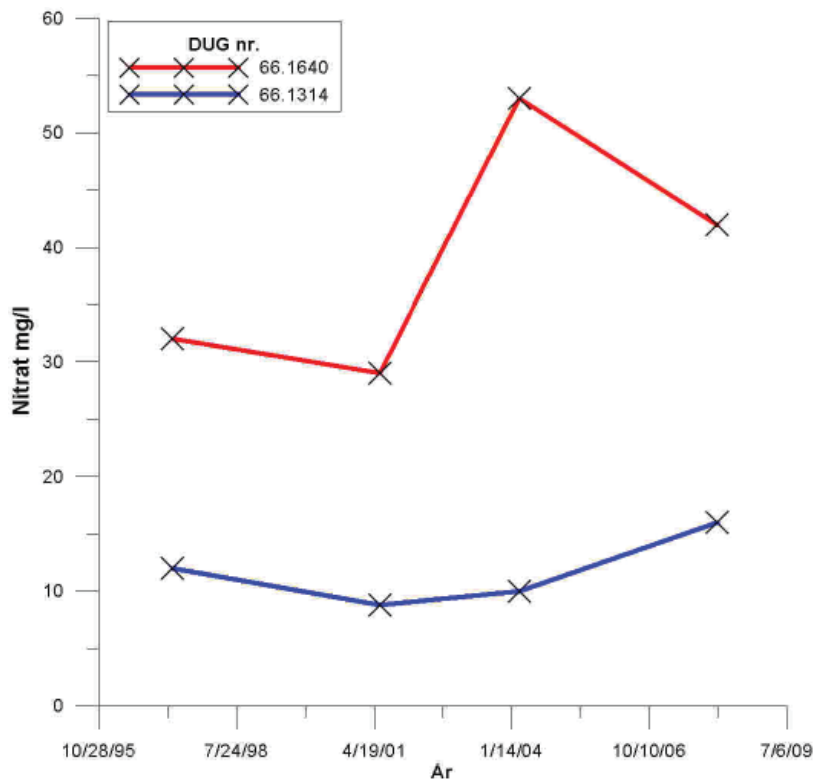
Vandet i de øverste filtre viser ikke-ionbyttet vand. Ionbyttet vand ses ofte hvor vand har passeret tykke lerlag, hvor calcium ioner byttes med natrium ioner. Manglende ionbytning, kan være indikator for, at magasinet er sårbart, og sammenholdt med de andre parametre i vandprøverne, og det meget tynde lerdæklag i indvindingsoplandet, så understøtter den manglende ionbytning indikationerne på at Sand 2 er sårbart. Der ses svag ionbytning i det dybe filter i Sand 3.

Figur 5.39 – Analyseparametre fra Skelhøje Vandværk boreriger udtrukket fra Jupiterdatabasen 8. august 2011

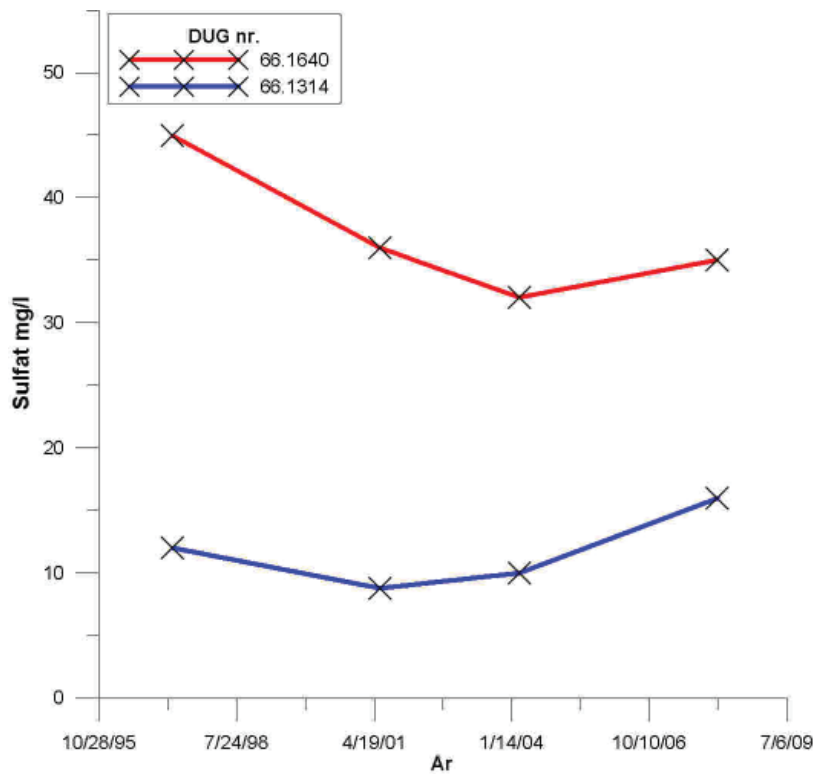
DGU nr.	Filter-top[m.u.t]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Fe <sup>++</sup> [mg/l]	Vand-type	Ca <sup>++</sup> [mg/l]	Mg <sup>++</sup> [mg/l]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	Forvitring	CO <sub>2</sub> [mg/l]	NVOC [mg/l]	Cl <sup>-</sup> [mg/l]	Na <sup>+</sup> [mg/l]	Ionbytning	BAM [µg/l]	Ni <sup>++</sup> [mg/l]	pH
66.2017	244	<0,5	27	0,4	0,6	C	40	1,9	95	1,4	2	0,3	15	10	1,0	<0,02	0,3	8,0
66.1314	55,5	16	44	1,2	0,07	A	51	3,2	105	1,6	42	0,9	31	18	0,9	0,11	1,9	6,3
66.1640	N/A	42	35	8,7	0,03	A	63	4,2	125	1,7	43	1,2	29	17	0,9	0,61	0,4	6,5



Figur 5.40 – Nitratudviklingen i Skelhøje Vandværks boringer i Sand 2.

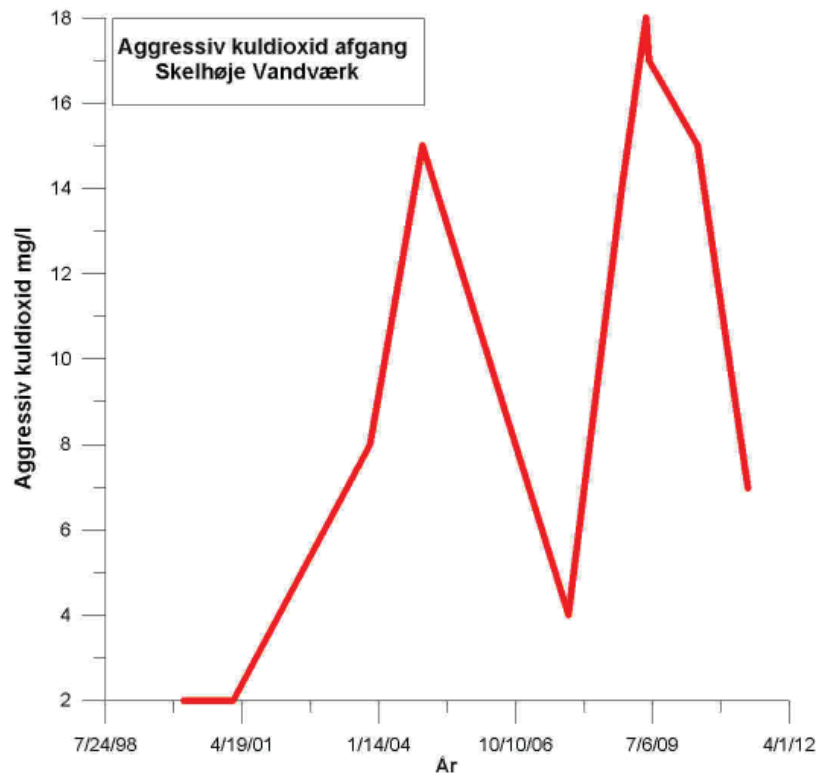


Figur 5.41 – Sulfatudviklingen i Skelhøje Vandværks boringer i Sand 2.



Der er fundet BAM over kvalitetskriteriet for drikkevand i de seneste vandprøver fra boring 66.1314 og 66.1640. Der har tidligere været fund i begge boringer, men under kvalitetskriteriet.

Indholdet af aggressiv kuldioxid i de to øverste filtre viser, at der generelt er tale om udvaskede sedimenter uden kalk. Figur 5.42 viser udviklingen i aggressiv kuldioxid i vandet afgang vandværk. Det ses at indholdet af aggressiv kuldioxid konsekvent har ligget over detektionsgrænsen på 2 mg/l, (som også er kvalitetskriteriet for drikkevand) i de seneste 10 år.



Figur 5.42 – Tidsserie for indholdet af aggressiv kuldioxid i vandet ved afgang fra Skelhøje Vandværk.

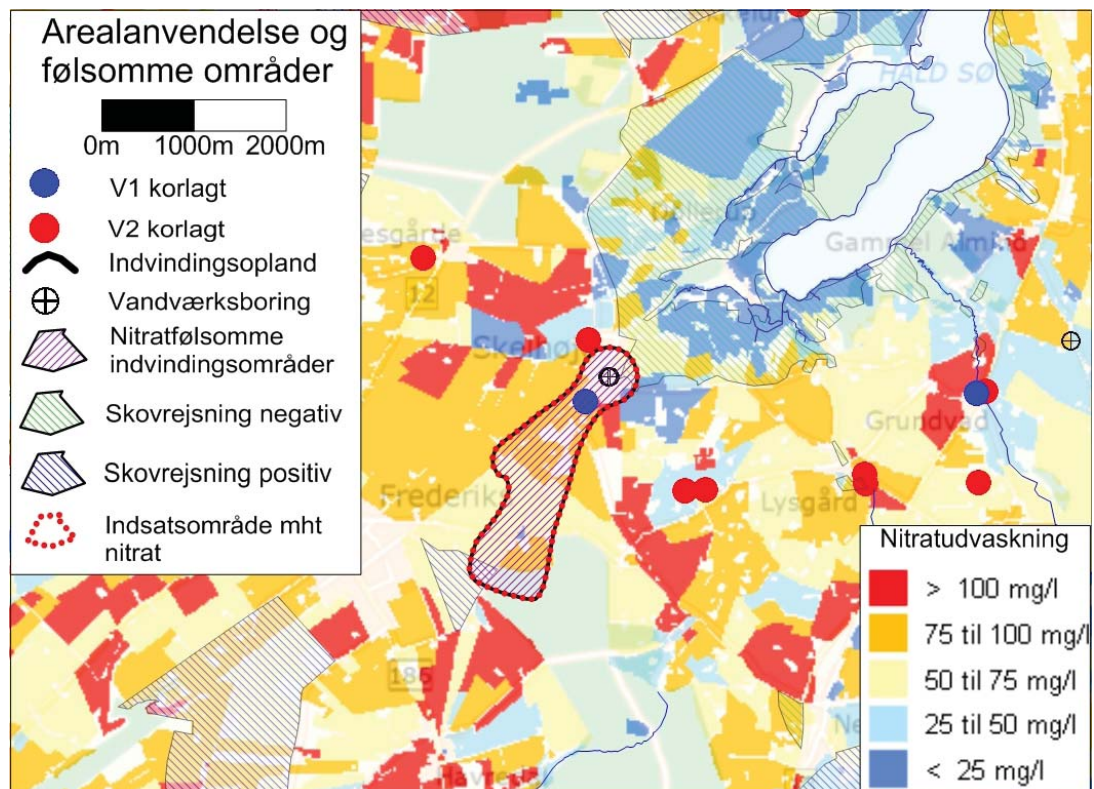
#### 5.5.4 Arealanvendelse og forureningskilder

Indenfor indvindingsoplandet til Skelhøje Vandværk er en mindre del af oplandet bebygget (omkring kildepladsen). Den resterende del af indvindingsoplandet består hovedsageligt af dyrkede arealer. Figur 5.43 viser nitratudvaskning, forureningslokaliteter og samt skovrejsningsområder mm. ved Skelhøje Vandværk.

Som det fremgår af figur 5.43 er hovedparten af indvindingsoplandet omfattet er marker med en relativt høj nitratudvaskning (50-100 mg/l). Den del af indvindingsoplandet som omfatter indvindingen fra Sand 2 er udpeget som nitrutfølsomt indvindingsområde og indsatsområde med hensyn til nitrat.

Der findes én V2-kortlagt lokalitet inden for indvindingsoplandet.

Figur 5.43 – Nitratudvaskningen, V1- og V2-kortlagte arealer og nitrutfølsomme indvindingsområder samt indsatsområder med hensyn til nitrat omkring Skelhøje Vandværk.



### 5.5.5 Indsatser

Med udgangspunkt i figur 5.43 kan der fremhæves en række punkter, hvor det er hensigtsmæssigt at gøre en indsats for at beskytte indvindingsmagasinerne og dermed indvindingen til Skelhøje Vandværk.

Den hydrostratigrafiske model viser at indvindingsmagasinet i Sand 2 er meget sårbart. Dette bekræftes af vandkemien, som viser kraftigt overfladepåvirket vand i de to øverste filtre med bl.a. høje nitratindhold. Der er derfor udpeget nitratfølsomme indvindingsområde og indsatsområde med hensyn til nitrat i den del af indvindingsoplandet der omfatter Sand 2. Indvindingsmagasinet i Sand 3 vurderes at være bedre beskyttet af lerlag. Den foreløbigt eneste vandprøve fra filteret i Sand 3 viser svagt reduceret vand.

For at sikre en begrænsning af udvaskningen af nitrat anbefales, at eventuelle fremtidige ændringer i arealanvendelsen sker under hensyntagen til grundvandsbeskyttelsen, således at arealanvendelsen ikke overgår til mere grundvandstruende aktiviteter. Skovrejsning er en oplagt mulighed for langsigtet beskyttelse af grundvandet. Det vil dog ikke alle steder være muligt at lave skovrejsning og tæt på kildepladsen er skovrejsning uønsket, hvorfor det anbefales, at også anden grundvandsbeskyttende arealanvendelse overvejes.

Det anbefales at iværksætte tiltag for at bevare vandkvaliteten indenfor hele indvindingsoplandet, men i forhold til at prioritere tiltagene kan der med fordel tages udgangspunkt i de dele af de grundvandsdannende oplande eller indvindingsoplandene, som ligger nærmest kildepladserne.

De to øverste filtre har aggressiv kuldioxid i råvandet, og vandet fra afgang vandværk har vist overskridelser af kvalitetskravet for drikkevand gennem de seneste 10 år. Det anbefales derfor, at aggressiv kuldioxid overvåges i vandanalyserne fra afgang vandværk for at sikre at kvalitetskravene for drikkevand overholdes.

Generelt indenfor indvindingsoplandet anbefales det, at der ved miljøtilsyn af virksomheder, herunder landbrug, er fokus på at vurdere

risikoen for forurening af grundvandet. Tiltag iværksættes, såfremt der vurderes at være en sådan risiko.

Det anbefales at der igangsættes en dialog med Region Midtjylland omkring videre undersøgelser af den kortlagte lokalitet indenfor indvindingsoplandet.

# 6 Referencer

/1/	Grundvandsmodel for Viborg Syd kortlægningsområde. COWI, juni 2011.
/2/	Hydrostratigrafisk model og grundvandsmodel for OSD-Viborg Nord. Rambøll, 2006.
/3/	Viborg Syd, boringsregistrering, synkronpejlerunde og potentialekort. Orbicon, december 2009.
/4/	Landskabskort over Danmark. Nordjylland. Per Smed, 1978. Naturstyrelsens digitaliserede udgave af Per Smeds kort.
/5/	Geologisk set – det mellemste. Jylland. En beskrivelse af områder af national geologisk interesse. Larsen, Gunnar & Kronborg, Christian, 1994.
/6/	Miljøministeriets digital højdemodel over DK.
/7/	Jordartskort. 1:200.000, DGU.
/8/	Navntoft, Boring DGU nr. 56.1086 og 56.1087. SESAM, 2007.
/9/	Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompender nr. 1, 1995.
/10/	Dataindsamling, processering og tolkning af SkyTEM data i området Viborg Syd. Orbicon, maj 2010.
/11/	Undersøgelsesboring DGU nr. 66.2037, november 2010, Ribe Brøndboringsforretning Aps.
/12/	Undersøgelsesboring DGU nr. 66.2038, november 2010, Ribe Brøndboringsforretning Aps.
/13/	Regionale potentialekort. Orbicon, november 2007.
/14/	Zonering. Miljøstyrelsen, vejledning. Nr. 3, 2000
/15/	Vurdering af grundvandsmagasiners nitratsårbarhed. GEUS, Geovejledning nr. 5, 2009



Naturstyrelsen  
Holstebrovej 31  
6950 Ringkøbing  
[www.nst.dk](http://www.nst.dk)