

Lav- og mellem radioaktivt affald fra Risø, Danmark Omegnsstudier. Rapport nr. 4

Område Hvidbjerg, Thyholm,
Struer Kommune

Peter Gravesen, Bertel Nilsson, Merete Binderup,
Tine Larsen & Stig A. Schack Pedersen

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER
FOR DANMARK OG GRØNLAND,
KLIMA-, ENERGI- OG BYGNINGSMINISTERIET




GEUS

Lav- og mellem radioaktivt affald fra Risø, Danmark

Omegnsstudier. Rapport nr. 4

Område Hvidbjerg, Thyholm,
Struer Kommune

Peter Gravesen, Bertel Nilsson, Merete Binderup,
Tine Larsen & Stig A. Schack Pedersen

Indhold

0.	Resume	3
1.	Indledning	5
2.	Områdets beliggenhed	6
3.	Terræn	8
4.	Boringer	9
4.1	Ny boring	10
5.	Geologi	11
5.1	Aflejringer og jordarter	11
5.2	Mineralogi og geokemi	14
5.3	Strukturelle forhold	16
5.4	Geologisk model	18
5.5	Konklusion	20
6.	Seismisk aktivitet og jordskælv	21
6.1	Metoder og anvendte begreber	21
6.2	De instrumentelt registrerede rystelser	22
6.3	Instrumentelt bestemte epicentre 1930 – 2012 i Nordvestjylland	23
6.4	Præ-instrumentelle rystelser i Nordvestjylland	24
6.5	Diskussion	28
6.6	Konklusion	28
7.	Grundvand og drikkevand	29
7.1	Generelle forhold	29
7.2	Drikkevandsområder	29
7.3	Lokale forhold	32
7.4	Konklusion	32
8.	Klima og klimaændringer	33
8.1	Temperatur og nedbør, storme og ekstreme	33
8.2	Havniveauændringer	33
8.3	Ekstreme hændelser	34
9.	Arealplanlægning og bindinger	35
9.1	Bindinger	36
9.2	Natur, naturpleje og fredninger	37
9.3	Landskabspleje	40
9.4	Historiske mindesmærker og fredninger	40

9.5	Råstofplanlægning	41
9.6	Vandforsyningsstruktur	41
10.	Afsluttende bemærkninger	42
11.	Litteratur	43
11.1	GEUS rapporter fra projektet.....	43
11.2	Andre publikationer fra projektet	43
11.3	Anden anvendt litteratur	44
12.	Bilag	52
12.1	Bilag A	53
12.2	Bilag B	57
12.3	Bilag C	60
12.4	Bilag D	61

0. Resume

Områdestudierne peger på følgende hovedresultater for Hvidbjerg området:

Terræn

Landskabet synes temmelig simpelt med jævne undulationer oven på den generelt svagt hældende skråning fra det højeste terræn i sydvest (kote + 25 m) mod nord (kote + 0-10 m) og nordvest (kote 0 m). En enkelt bakke findes mod øst, tæt ved kystlinjen. Mod vest og øst følger afgrænsningen kystlinjen. Et smalt marint forland findes langs vestkysten. Den østvendte kystdel er karakteriseret ved tilstedeværelsen af en lav klint, som generelt er bevokset.

Geologi

Der er store samlede tykkelser af ældre palæogene og neogene finkornede leraflejringer i området (op til 100 m), og lerlag er udbredt i hele området. Imidlertid ser de strukturelle forhold ud til at være komplicerede og forskydninger ved forkastningsbevægelser og sedimentationsafbrydelser har muligvis gjort lagene mindre uforstyrrede og sammenhængende. Leraflejringerne har gode egenskaber i relation til at tilbageholde et eventuelt udslip af radioaktivt materiale fra et depot.

De finkornede leraflejringer overlejres af op til 20 m yngre kvartære lag, mest bestående af moræneler, der erfaringsmæssigt indeholder sprækker og sandlinser.

Seismisk aktivitet og jordskælv

Det nordvestlige Jylland har lav til moderat seismisitet, men dog på et lidt højere niveau end resten af landet. Der er mange små jordskælv i Nordsøen og Skagerrak og rystelserne fra disse jordskælv kan med mellemrum mærkes på land. Der er også registreret enkelte mindre jordskælv på land. Generelt medfører jordskælvne i området ingen skader på bygninger, men der har været enkelte historiske eksempler på det modsatte. Særlig jordskælvet i 1841 som med stor sandsynlighed forårsagede en synlig forskydning i jordoverfladen er bemærkelsesværdigt. Det er sandsynligvis det kraftigste jordskælv som nogensinde er registreret på dansk område.

Grundvand

Der er meget små lokale overfladenære grundvandsmagasiner i området. Syd for området, lige syd for Hvidbjerg ligger et grundvandsmagasin bestående af smeltevandssand og -grus, som forsyner Hvidbjerg med drikkevand.

Drikkevand og vandforsyning

Området er et Område med Begrænsede eller ingen Drikkevandsinteresser (OBD område), men lige syd for ligger et Område med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD område) ved Hvidbjerg. Der er en enkelt ejendom med egen indvinding.

Klimaændringer og havstigninger

Fremtidige klimaændringer og havstigninger vil have begrænset indflydelse på forholdene i området.

Bebyggelse, vejnet og lokalplaner

Der er ingen større veje i området. Der er et krydsende net af mindre, men velholdte, veje med spredt bebyggelse.

Naturforvaltning og fredninger

Der støder et NATURA2000-areal op til området. Der er en del beskyttede naturområder, især langs kysterne.

Fortidsminder og fredninger

Der er 18 registrerede fortidsminder inden for området, men heraf er ingen fredede.

Andre forhold

Området er et landbrugsområde. Der er udpeget et råstofgraveområde for ler og et råstofinteresseområde, men p.t. er der ikke tilladelse til gravning.

1. Indledning

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med Folketingets og Sundhedsministerens opgave med at finde en egnet lokalitet til at slutdeponere det radioaktive affald fra Forsøgsstation Risø.

Et resultat af de forudgående Forstudier var, at 6 områder blev valgt til videre vurdering under de efterfølgende Omegnsstudier. Omegnsstudierne omfatter indsamling og sammenstilling af informationer om geologi, arealanvendelse, natur, naturforvaltning, fredning, arkæologi og indvinding af drikkevand m.m. De 5 kommuner, hvor de 6 områder er beliggende er blevet besøgt, og et samarbejde om de tekniske forhold er blevet etableret for få belyst de lokale forhold så godt som muligt.

Rapporten beskriver resultaterne af de Omegnsstudier, som er foretaget ved Hvidbjerg, Thyholm, Struer Kommune. For at underbygge den geologiske model er der i Hvidbjergområdet blevet udført 1 supplerende boring inden for området. Den seismiske aktivitet og dens relationer til jordskælv er desuden blevet vurderet.

Resultater fra Omegnsstudierne vil blive sammenholdt med resultaterne fra Forstudierne og de samlede resultater vil blive lagt op til Ministeren for Sundhed og Forebyggelse til videre politisk behandling, da det er målet, at de 6 områder skal reduceres til 2–3 områder til yderligere undersøgelser.

Naturstyrelsen har kortlagt og beskrevet arealbindingerne, og Struer Kommune har bidraget med de lokale oplysninger, som kan findes i notatet i denne rapport som bilag A. Notatet indeholder også kommunens synspunkter angående mulig lokalisering af slutdepotet i området og om kommunens fremtidige udvikling, som ikke findes i hovedteksten. GEUS har stået for boringer og tolkning af de nye oplysninger, vurdering af grundvands- og drikkevandsforhold, jordskælvsvurdering, kontakt til kommunen samt sammenskrevet rapporten.

Beskrivelse af den indledende geologiske kortlægning kan ses i GEUS rapport no. 9 (2011), i DD,GEUS & SIS (2011) og i Gravesen med flere (2011 a, b, c), transportstudier i SIS (2011) og depotkoncepter og risikovurderinger i DD (2011).

2. Områdets beliggenhed



A.



B.

Fig. 1. A. Området ligger på sydsiden af Limfjorden. B. Området ligger på den nordlige del af Thyholm mellem Hvidbjerg og Grønholme.

Området ligger på Thyholm på sydsiden af Limfjorden, sydvest for Mors og øst for Thy. Området hører til Struer Kommune (Fig. 1).

Områdets størrelse er ca. 6,6 km². Området er valgt større end det behov for areal, der er brug for til et slutdepot (anslået størrelse 150 m x 150 m), og langt størstedelen af

området skal således ikke anvendes. Det vil derfor være muligt at vælge en lokalisering inden for området, som er optimal i forhold til de krav, der vil blive stillet til den endelige udpegning.

3. Terræn

Hvidbjerg-området er beliggende på den nordøstlige del af Thyholm. Landskabet fremtræder enkelt (Fig. 2), med jævne undulationer ovenpå den generelt svagt hældende skråning fra det højeste terræn i sydvest (kote + 25 m) mod nord (kote + 0–10 m) og nordvest (kote 0 m). En enkelt bakke findes mod øst, tæt ved kystlinjen. Mod vest og øst følger afgrænsningen kystlinjen. Et smalt marint forland findes langs vestkysten. Den østvendte kystdel er karakteriseret ved tilstedeværelsen af en lav klint, som generelt fremstår bevokset og næsten uden erosion. Der er ingen søer eller vandløb i området.

På grund af det begrænsede relief og intense opdyrkning er alle overfladeprocesser langsomme og u dramatiske. Den største aktivitet sker langs kysten, men ved kystsektionerne findes generelt roligt vand og meget smalle farvande med begrænset mulighed for bølgedannelse.



Fig. 2. Landskabet set mod nordøst. Terrænet er svagt hældende mod kysten.

4. Boringer

Inden for området er der udført flere borer. Boremetoderne indsamler ved normale procedurer gode prøver af de kvartære og neogene/palæogene aflejringer. De fleste boreprøver er beskrevet lithologisk, mens få er henført til formation og dateret ved hjælp af mikrofossiler.

Der er udført geofysiske undersøgelser syd for områder i forbindelse med Hvidbjerg grundvandsmagasinet. De dybereliggende aflejringer omkring Uglev (Hvidbjerg) saltstrukturen mod sydvest er også kortlagt ved hjælp af geofysiske metoder.

Et kort med borepositioner inden for området, halvøen og Hvidbjerg kan ses på fig. 3.

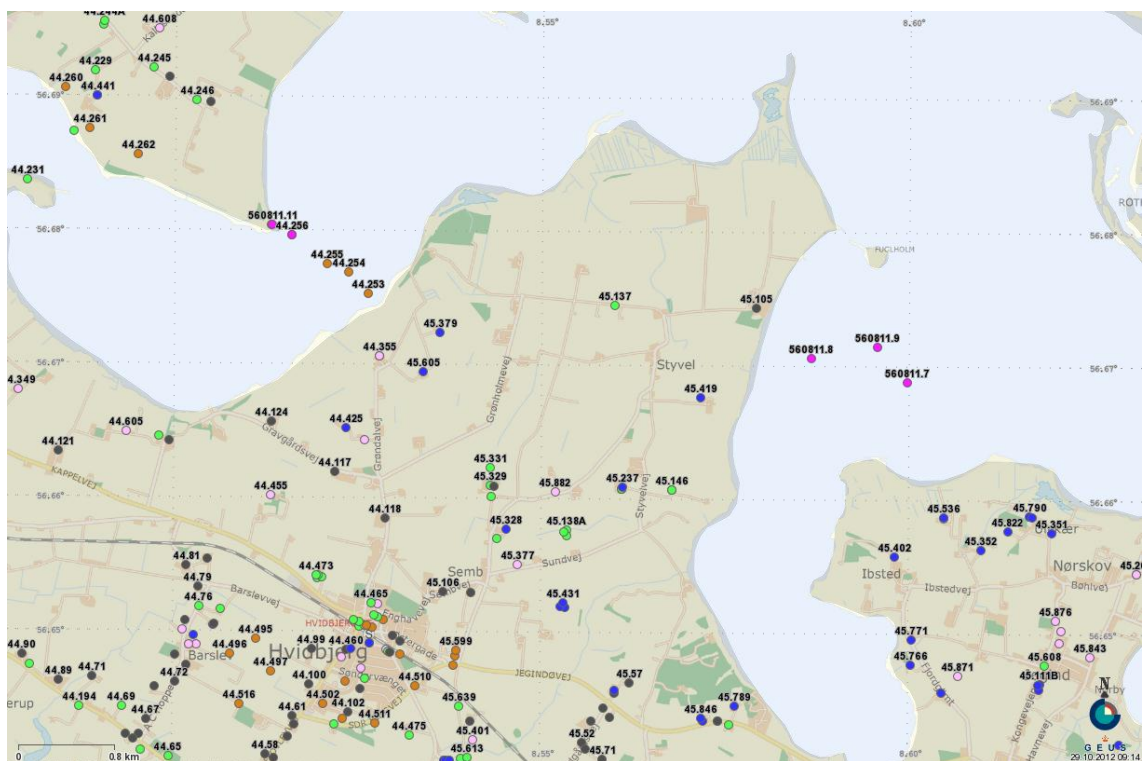


Fig. 3. Kort over borepositioner på det nordlige Thyholm fra GEUS Jupiter database. Signaturer: 45.419: DGU nr.; Blå prik: vandforsyningsboring; Rød prik: geoteknisk boring; Pink prik: råstofboring; Grøn prik: andre formål; Lyserød prik: nedlagt boring; Sort prik: ukendt formål. (Fra GEUS hjemmeside: www.geus.dk).

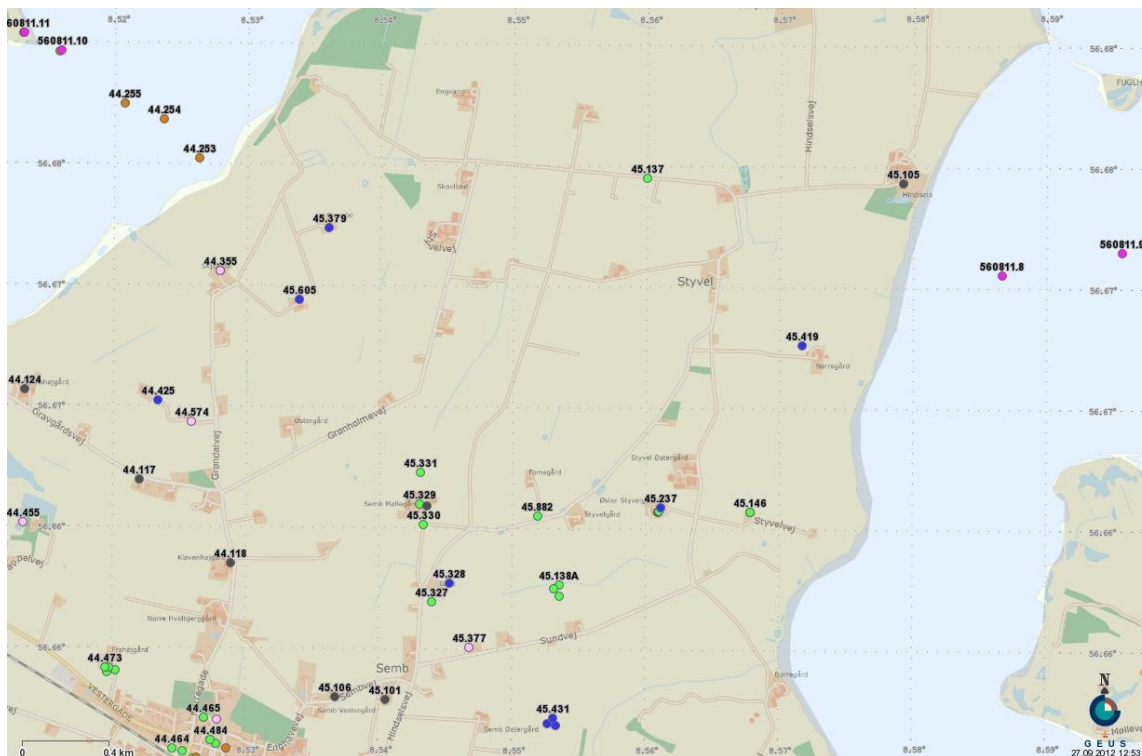


Fig. 4. Kort med borepositioner indenfor området fra Jupiter Databasen. Den nye boring har DGU nr. 45.882. Signaturforklaring: Se fig. 3. (Fra GEUS Hjemmeside: www.geus.dk).

4.1 Ny boring

Lokalisering af den nye boring DGU nr. 45.882 kan ses på fig. 4. Boringen blev boret til 25 meters dybde og gik gennem en række forskellige enheder. Boreprofilen kan ses i Bilag B.

Følgende enheder er truffet:

- 0–4 m Kvartær moræneler
- 4–5 m Kvartær smeltevandssand
- 5–7 m Kvartær moræneler og smeltevandsler
- 7–9 m Kvartær smeltevandsler (Elster alder ? eller evt. yngre)
- 9–13 m Øvre Oligocæn marint sort ler, kalkfrit (Brejning Formation)
- 13–25 m Palæocæn marint olivengråt ler, kalkholdigt (Kerteminde Mergel fra ældste Se-landien).

5. Geologi

De geologiske forhold skal være ensartede og stabile inden for området, og de skal bidrage til et slutdepots stabilitet. De geologiske lag skal medvirke til at isolere affaldet fra omgivelserne ved at omslutte eller underlejre depotet. Aflejringerne skal være lav-permeable og bidrage til at binde de radioaktive komponenter fra et eventuelt udslip fra et depot (Beslutningsgrundlaget fra 2007).

5.1 Aflejringer og jordarter

Det var forventet, at de yngste prækvartære aflejringer er fra Oligocæn eller fra Tidlig Miocæn (Fig. 5). Flere boringer inden for området når således oligocæne leraflejringer under 5–20 m tykke kvartære aflejringer, hvilket også er tilfældet i den nye boring.

Geologisk tidsskala						
Eon	Æra	Sub-æra	Periode	mio. år	Epoke	
	Kænozoikum	Tertiær	Kvartær	0,01	Holocæn	
				2,6	Pleistocæn	
			Neogen	5,3	Pliocæn	
				Palæogen	23,0	Miocæn
					33,9	Oligocæn
					55,8	Eocæn
					65,5	Paleocæn
				Mesozoikum	Kridt	99,6
	145,5	Tidlig				
	Jura	161,2	Sen			
		175,6	Mellem			
			199,6		Tidlig	
					Sen	

Fig. 5. Inddeling af de geologiske tidsafsnit. Aflejringerne i Kertinge Mark området er fra Kvartær, Oligocæn, Eocæn og Palæocæn (Fra GeologiskNyt 1/2010).

Under et dække af kvartære aflejringer nås aflejringer fra den øvre oligocæne Brejning Formationen (tidligere Brejning Led i Vejle Fjord Formationen) eller fra den nedre miocæne Vejle Fjord Formation. Brejning Formationen består af finkornet og siltet, sort eller sortbrunt glaukonitholdigt, svagt glimmerholdigt ler, som overvejende er kalkfri, men kan være svagt

kalkholdig. Ler-aflejringerne er dannet i havet. De limniske aflejringer fra Vejle Fjord Formationen består overvejende af brunt leret glimmersilt. Formationerne er tilsammen mindst 60 m tykke, mens Brejning Formationen i den nye boring kun er 4 m tyk (Fig. 6).

Under Brejning Formationen træffes forskellige andre enheder inden for området. Finkornet olivengrønt kalkfrit, finkornet ler med glaukonit kan følges ned til 78 m under terræn, og aflejringerne formodes at tilhøre det oligocæne Branden Ler. I andre borer ser lagtykkelsen ud til at variere. Under denne formation er truffet diatomit (moler) og vulkansk aske fra den eocæne Fur Formation.

I den ny boring følger under Brejning Formationen 12 m siltet til ret fedt olivengråt, kalkholdigt til stærkt kalkholdigt ler fra den palæocæne Kerteminde Mergel enhed. Denne ny oplysning kombineret med de eksisterende data peger på en mere kompliceret geologisk opbygning end først antaget i området.

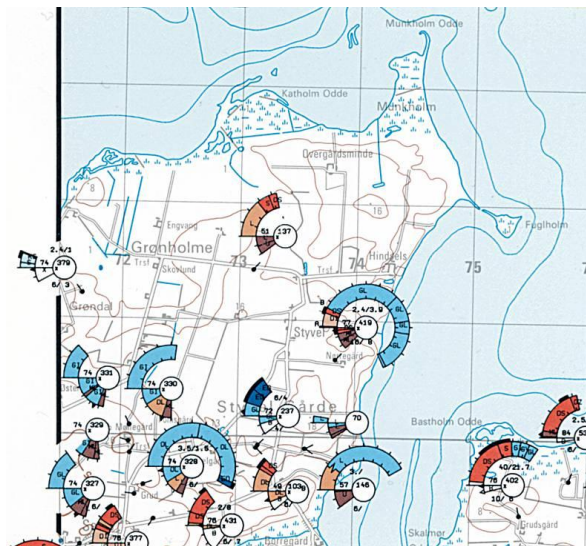
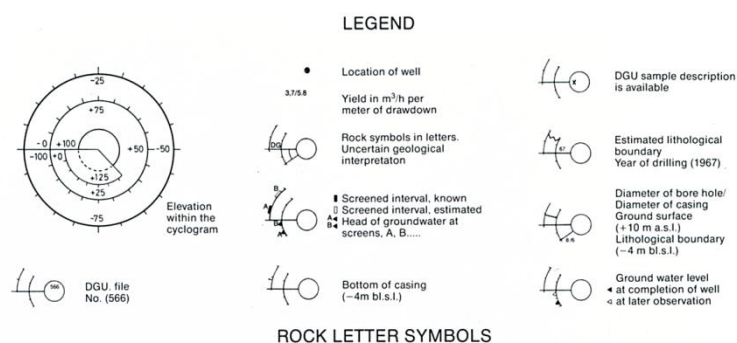


Fig. 6. Del af Geologisk basis data kort 1116 II Nykøbing Mors. Kortet viser ikke den nye boring 45.882. Signaturforklaring: se fig. 7. Original skala 1:50.000 (Fra Gravesen, 1989).

De marine leraflejringer har erfaringsmæssigt stor horisontal udbredelse. Det hænger sammen med de aflejringsforhold, de er dannet under.



ROCK LETTER SYMBOLS

B	Dug well	I	Silt
BK	Danian bryozoan limestone	ID	Interglacial diatomite
C	Brown coal	IL	Interglacial fresh-water clay
DG	Glacial melt-water gravel	IP	Interglacial fresh-water gyttja
DI	Glacial melt-water silt	IS	Interglacial fresh-water sand
DL	Glacial melt-water clay	KG	Miocene quartz gravel
DS	Glacial melt-water sand	KS	Miocene quartz sand
DV	Alternating thin melt-water beds	L	Clay, marl
FS	Post-glacial fresh-water sand	LL	Eocene Clay, plastic clay
G	Gravel, sand and gravel	M	Mull
GC	Miocene brown coal	MG	Glacial gravelly till
GI	Oligocene - Miocene mica silt	ML	Glacial clayey till
GL	Oligocene - Miocene mica clay	O	Fill, waste
GS	Oligocene - Miocene mica sand	P	Gyttja
GV	Oligocene - Miocene alternating thin beds	PL	Paleocene clay
HI	Postglacial salt-water silt	PV	Alternating thin Paleocene beds
HL	Postglacial salt-water clay	S	Sand
HP	Postglacial salt-water gyttja	SL	Eocene marl
HS	Postglacial salt-water sand	U	Clay, sand and gravel
HV	Postglacial thin salt-water beds	V	Alternating thin beds
		X	No information

LITHOLOGY (interpretation)

	Post-glacial fresh-water sand, -gravel
	Post-glacial salt-water sand, -gravel
	Post-glacial salt-water clay, -silt, -gyttja, -peat, -alternating beds
	Late-glacial fresh-water sand, -gravel
	Late-glacial fresh-water clay, -gyttja, -peat, -alternating beds
	Glacial melt-water sand, -gravel
	Glacial melt-water silt
	Glacial melt-water clay, alternating beds
	Glacial Clayey till
	Interglacial fresh-water sand, -gravel
	Interglacial fresh-water clay, -silt, -gyttja, -peat, -diatomite, alternating beds
	Oligocene - Miocene sand, gravel, sandstone
	Oligocene - Miocene clay, silt, brown coal, alternating beds
	Paleocene - Eocene clay, silt, diatomite, volcanic ash
	Danian limestone

GEOLOGICAL SURVEY OF DENMARK NOVEMBER 1988

Andersen L. J. & Gravesen P., 1988

Fig. 7. Signaturforklaring til det geologiske basisdatakort 1116 II Nykøbing Mors, figur 6. (Fra Andersen & Gravesen, 1989).

Overfladegeologien består af kvartære aflejringer, hvor moræneler er den mest udbredte aflejrings i området, men mod øst findes et stort areal, hvor smeltevandssand og -grus forekommer (Fig. 8). Der findes en daglokalitet ved Nørre Hvidbjerg, men adskillige daglokaliteter uden for området på Thyholm og Jegindø bidrager til kendskabet til de geologiske forhold.



Fig. 8. Kort over de kvartære overfladeaflejringer nord for Hvidbjerg, Thyholm. (Fra GEUS Hjemmeside, efter Pedersen, 1989). Signaturer: Brun: moræneler; Rød: smeltevandssand og -grus; Grøn: postglaciale ferskvandsaflejringer; Lyseblå: postglaciale marine aflejringer. Signaturer for borerige: Se fig.3.

Boringerne viser, at moræneler er den dominerende kvartære aflejring. Øverst er der overvejende siltet, gruset, gråbrunt, kalkfrit moræneler, som er 4–11 m tykt, men lag af smeltevandssand og -grus træffes ofte under dette moræneler. Derunder igen kommer flere steder i området kalkholdigt, olivengråt moræneler, som kan være et par m tykt. Herunder findes der i mange borerige fedt, olivengråt smeltevandssler der er mellem 2 m og 8 m tykt, og som hviler på de prækvartære aflejringer (Fig. 6). Smeltevandssleret kan være fra Elster istiden, men kan også være yngre.

Lige uden for området er de kvartære lag meget tykkere, op til 67 m. Mod syd når borerige Danien kalk under 20 m kvartære aflejringer.

5.2 Mineralogi og geokemi

De mineralogiske og geokemiske forhold i aflejringerne har betydning for hvordan radioaktivt materiale opfører sig, hvis det lækker fra et slutdepot og ud i de omgivende geologiske lag. Neden for gives nogle generelle betragtninger. Den lange række radioaktive komponenter kan imidlertid opføre sig forskelligt i omgivende aflejringer.

Mineralogi - binding - adsorption

Et vigtigt element er, at det radioaktive materiale kan binde sig til aflejringerne, så det ikke transporteres længere ud i miljøet. Derfor har aflejringerne mineralogiske sammensætning betydning. Nedenfor gennemgås en række af de jordartstyper, som er fundet i området. Da der ikke er direkte data om områdets aflejringer, anvendes informationer fra nærliggende daglokaliteter og en velundersøgt boring ved Harre på Salling (DGU nr.46.611), som kan give en størrelsesorden for jordarternes egenskaber.

Der er ingen oplysninger om de øverste lag, som består af moræneler og smeltevands-sand- og grus. Det fede smeltevandsler (fra Elster istiden?) træffes i mange borer og daglokaliteter. Kornstørrelsesanalyser af leret viser, at det består af 45 % lerpartikler og resten er silt (kvarts), men ler-indholdet kan antagelig stedvis være endnu højere. Lermineralogien viser følgende: 51 % smectit, 25 % illit og 24 % kaolinit. I den reducerede zone kan smectitindholdet være mindre.

Vejle Fjord Formationen består af silt med et mindre lerindhold. Der 15–30 % smectit, 40 % illit og 30 % kaolinit i gennemsnit.

Ler fra Brejning Formationen består af 50 % i lerfraktionen og 40 % silt med ganske lidt grovere materiale bl.a. glaukonit og pyrit (10 %). Lermineralogien er 30–40 % smectit, 36–40 % illit og op til 30 % kaolinit. Den mineralske sammensætning kan være en anden i f.eks. Østjylland.

Branden Ler består af 50 % lerfraktion og 50 % silt, og mineralogien er 20–50 % smectit, 30–60 % illit og resten kaolinit.

Kerteminde Mergel består af 61 % i lerfraktionen, 38 % silt og 1 % sand (glaukonit og pyrit). Der er et højt CaCO_3 på 40–60 % men lermineralogien er 80 % smectit og 20 % illit og intet kaolinit.

Lerminerale, især smectit-lerminerale, er særligt velegnede til at binde radioaktivt materiale. De er til stede i forholdsvis stor, men varierende mængde i aflejringerne. Dette betyder, at leraflejringerne har et potentiale for at binde de radioaktive komponenter.

Redox forhold

Radionukleiderne opførsel i forhold til iltforholdene i jordlag og jordvand (Redoxforhold) vil afhænge af hvilke typer kemiske forbindelser og kemiske egenskaber, der er tale om. Desuden har komponenternes koncentrationer i jordlag og vand samt pH betydning for de processer, der vil forløbe.

I de øverste jordlag er der ilt til stede (oxiderede zone), og denne ilt kan f.eks. medvirke til at nogle radioaktive komponenter kan gøres mobile og her ved lettere transporteres. Omvendt vil forholdene i den iltfrie zone (reducerede zone) f.eks. medvirke til binde og fastholde andre radioaktive komponenter.

I Hvidbjerg-området ser den oxiderede zone ud til at strække sig ned til mellem 4 og 11 m under terræn. Det vil sige, at noget af det kvartære moræneler, smeltevandsleret og de palæogene og neogene ler-aflejringer ligger i den reducerede zone.

Naturlige radioaktive komponenter i aflejringerne

Når der skal udføres monitoring omkring et etableret slutdepot er det vigtigt at kende udgangsradioaktiviteten (Base-line). Der kendes ingen målte værdier fra området, men målinger på sort glimmerler, sort ler og diatomit i nærliggende områder giver høje uran- og radiumværdier:

Glimmerler, Vejle Fjord Formationen/Brejning Formationen: 40–60 Bq/kg radium

Diatomit, Fur Formationen: 35–120 Bq/kg radium

Sort Ler, Palæocæn: op til 300 Bq/kg radium

5.3 Strukturelle forhold

Storskala strukturer

Der er kendes ingen forkastningsstrukturer, som skærer prækvartær-overfladen.

Uglev saltstrukturen på midten og sydsiden af Thyholm, der ligger i ca. 910 m's dybde, har formodentlig styret aflejringerne i tidsafsnittene efter Perm, hvor bevægelser under og efter aflejring af de palæogene aflejringer må have influeret på fordelingen og senere erosion (Fig. 9).

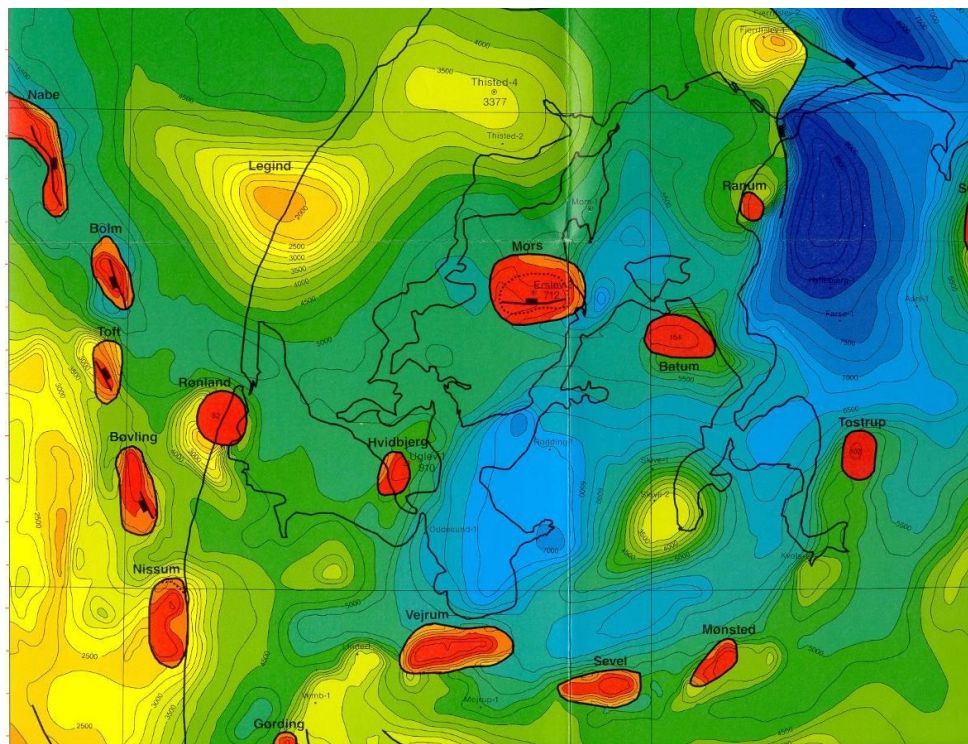


Fig. 9. Kort over dybden til basis af Kridt. Kurverne er i meter. Blå er dybeste områder, grøn er mellemste områder og rød er de højest liggende områder. Saltdiapirene i Norddanmark er vist med sort linjeafgrænsning. Der ses også højtliggende strukturer (mulige saltstrukturer) som cirkulære gule områder (Fra Japsen & Langtofte, 1991).

Der er desuden også kortlagt en dybtliggende normalforkastning under Thyholm, der sandsynligvis er den ene side af en graben-struktur kaldet Røding Graben. Strukturerne skærer aflejringer ældre end toppen af Zechstein (Perm) i ca. 5–6 km's dybde.

De geologiske enheders optræden i borerne viser væsentlige spring i lagene, som formentlig skyldes tektoniske bevægelser i flere tidsrum igennem Palæogen og Neogen. Højtliggende kalkaflejringer - som en udløber fra Uglev saltstrukturen - kan være årsag hertil. Disse forhold peger ikke på en tyk sammenhængende lerenhed i området, selv om den nye boring sammen med de ældre borer viser en klar samlet dominans af leraflejringer til større dybde. Et profil gennem området viser dette (Fig. 10).

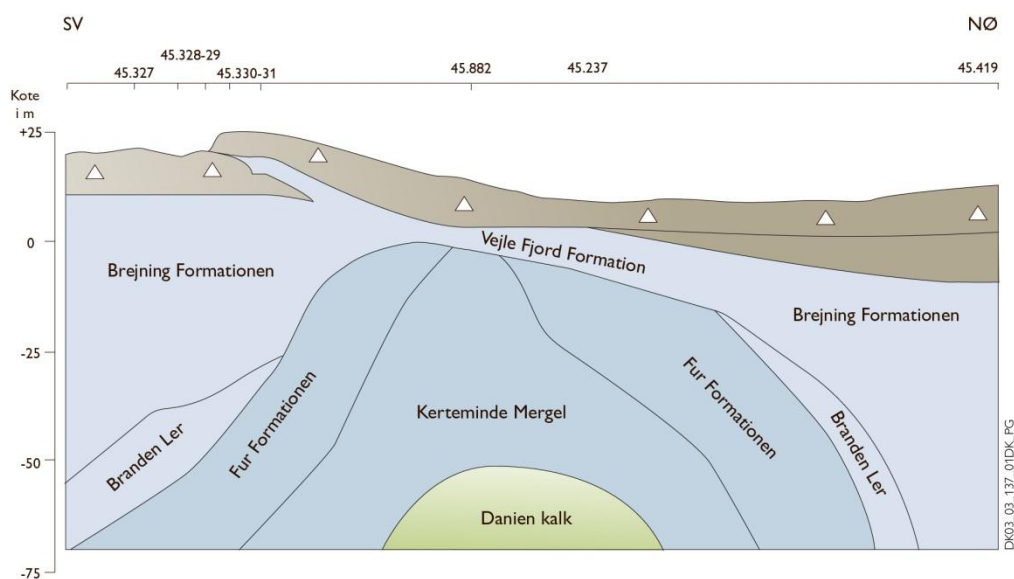


Fig. 10. Profil fra Hvidbjerg i sydvest til Styvel Strandgårde i nordøst, der viser den strukturelle opbygning. Signaturforklaring: Grøn farve: Danien kalk, blå farve: Palæogene/Neogene lerarter, Brun farve: moræneler. Profillængde: 2,5 km. Overhøjning ca. 12,5 X.

Få flager af palæogent ler i de glacial aflejringer viser, at glacialtektoniske forstyrrelser har fundet sted gennem istiderne.

Andre storskala-strukturer er begravede dale, men sådanne er ikke påvist at krydse området (Fig. 11). Derimod er det syd for liggende grundvandsmagasin til Thyholm Private Fælles Vandværk beliggende i en 3 km lang og 1 km bred begravet dal, der er orienteret nordøst-sydvest. Dalen er 40–60 m dyb og muligvis dannet i Elster istiden.

Sprækker og sandlinser

Moræneler, som i området ligger på palæogent/neogent ler, er erfaringsmæssigt gennemsat af vandrette, lodrette og skrå sprækkesystemer ned til 8–10 m under terræn, og de fungerer som makroporer for transport af vand og opløst stof. Moræneler indeholder også

sandlinser, som ofte er vandfyldte, og kombinationen af makroporer og sandlinser kan virke som effektive transportveje for vand og stof.

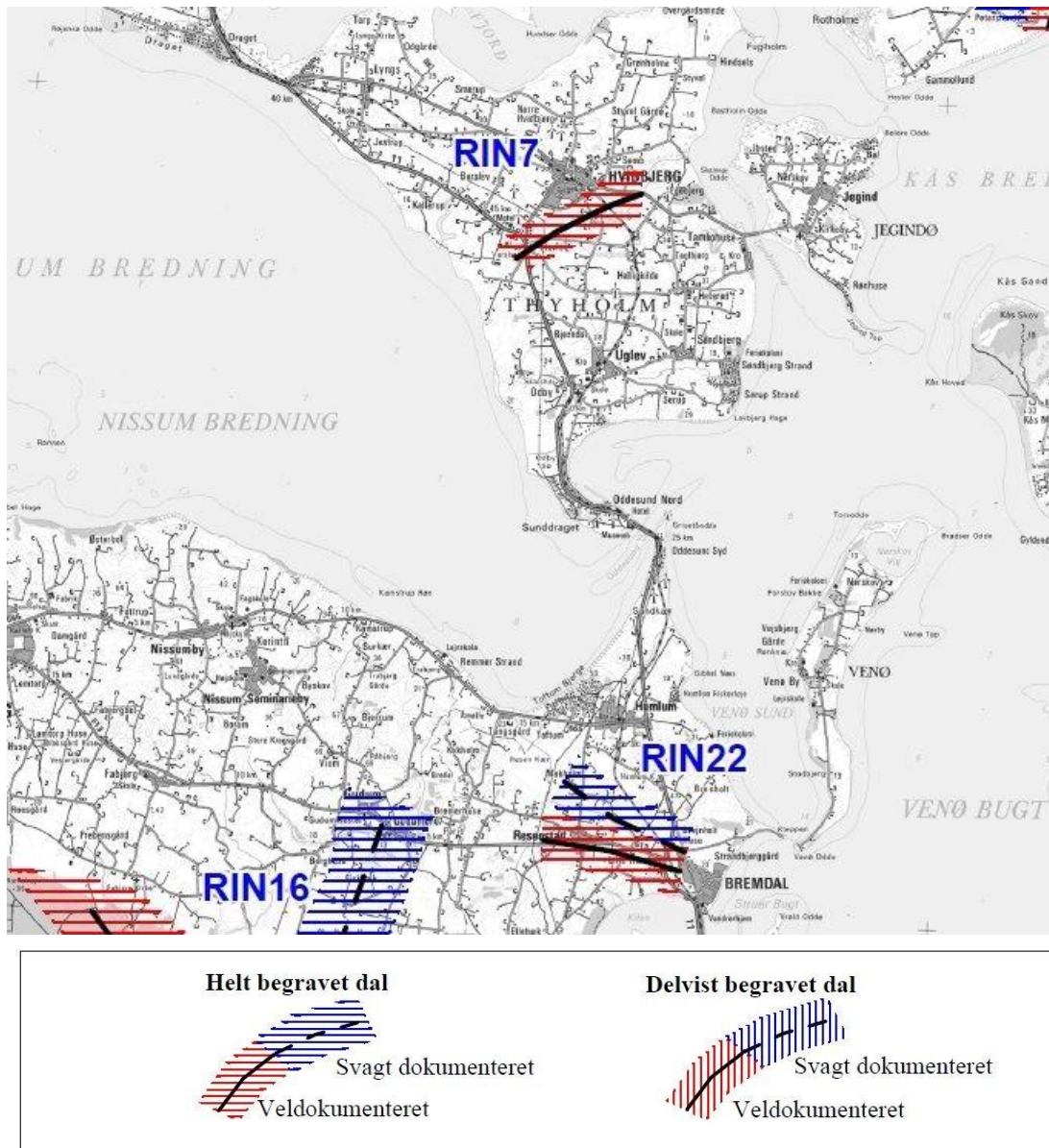


Fig. 11. Kort over begravede dale syd for området. Kortgrundlag: copyright Kort- og Matrikelstyrelsen (Fra Jørgensen & Sandersen, 2009).

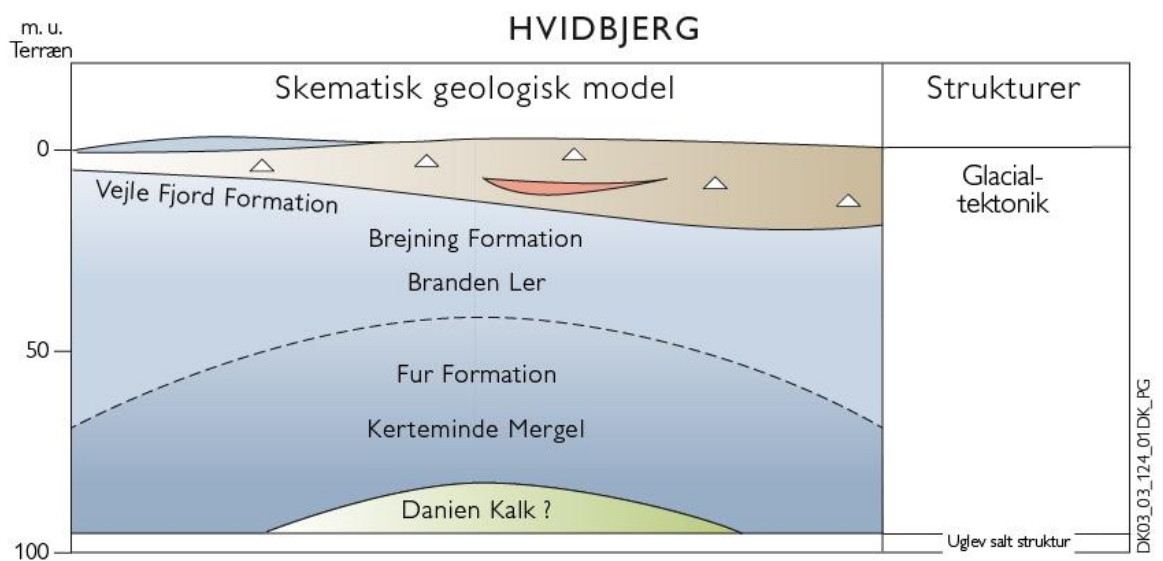
5.4 Geologisk model

Den geologiske model i området består af mange enheder. Den består af følgende:

- A. Postglaciale aflejringer (Tykkelse kendes ikke).
- B. Kvartær moræner oxideret, 4–11 m tykt.

- C. Kvartær smeltevandssand og -grus, 2–3 m tykt.
- D. Kvartær moræneler, reduceret, tyndt.
- E. Kvartær smeltevandsler, reduceret, 4–11 m tykt.
- F. Oligocæn/Miocæn, Vejle Fjord Formation, op til 60 m tyk.
- G. Oligocæn Brejning Formation, mindst 4 m tyk.
- H. Oligocæn Branden Ler, mere end 20 m tyk.
- I. Eocæn Fur Formation, diatomit, mindst 10 m tyk.
- J. Palæocæn Kerteminde Mergel, mindst 12 m tyk.
- K. Danien kalk.

Den skematiske model (Fig. 12) viser ikke lagernes eksakte placering, men hvilke aflejringer som er til stede i området.



Figur 12. Skematisk geologisk model for området.

5.5 Konklusion

Der er store samlede tykkelser af ældre palæogene og neogene finkornede leraflejringer i området (op til 100 m), og lerlag er udbredt i hele området. Imidlertid ser de strukturelle forhold ud til at være komplicerede og forskydninger ved forkastningsbevægelser og sedimentationsafbrydelser har muligvis gjort lagene mindre uforstyrrede og sammenhængende. Leraflejringerne har gode egenskaber i relation til at tilbageholde et eventuelt udslip af radioaktivt materiale fra et depot.

De finkornede leraflejringer overlejres af op til 20 m yngre kvartære lag, mest bestående af moræneler, der erfaringsmæssigt indeholder sprækker og sandlinser.

6. Seismisk aktivitet og jordskælv

Slutdepotet bør placeres i et jordskælvmæssigt stabilt område uden brudlinjer/forkastninger i de geologiske lag (Beslutningsgrundlaget fra 2007).

Formålet med denne redegørelse er at gennemgå kendt jordskælvsaktivitet i de områder, der er udpeget som mulige depotsteder for dansk atomaffald. Gennemgangen inkluderer en evaluering af historiske beretninger fra 1677 til 1929 om jordskælv, såvel som en gennemgang af alle instrumentelt registrerede rystelser, som eksisterer fra 1930 til i dag.

Der er ikke indsamlet nye data i forbindelse med undersøgelsen.

6.1 Metoder og anvendte begreber

Mulighederne for at evaluere rystelser på dansk område er væsentlig forskellige for tiden før 1930 end for tiden efter 1930. Den skyldes, at den første danske seismograf blev taget i brug i 1930. Rystelser, som er mærket i Danmark før 1930, kan udelukkende evalueres ud fra historiske beretninger, og der er ingen samtidige instrumentelle data til at understøtte konklusionerne.

Et jordskælvs styrke kan opgøres på to fundamentalt forskellige måder:

- 1) Jordskælvets størrelse på Richterskalaen kan udregnes ved hjælp af instrumentelle målinger (seismogrammer) og en matematisk formel. Denne størrelse er et mål for hvor meget en seismograf ville ryste, hvis den stod 100 km fra epicentret. Richterskalaen er logaritmisk, dvs. et jordskælv som måler 4 på Richterskalaen, giver 10 gange så stort udslag på seismografen som et jordskælv der måler 3 på Richterskalaen. Richterskalaen har hverken en øvre eller en nedre grænse. Det største danske jordskælv, som er målt på denne måde, fandt sted i Kattegat d. 15. juni 1985. Det målte 4,7 på Richterskalaen.
- 2) Mercalli-skalaen er en intensitetsskala, som bruges til at beskrive jordskælvets virkning på mennesker, bygninger og natur. Skalaen har 12 trin, hvor 1 anvendes når jordskælv ikke kunne mærkes og 12 beskriver komplet ødelæggelse. 3–4 på Mercalli-skalaen betyder at rystelserne fra et jordskælv tydeligt kunne mærkes inden døre med knirken og raslen i huset. 5 på Mercalli-skalaen betyder at rystelserne var kraftige nok til at få f.eks. en hængelampe til at svinge eller få små, løse genstande på et bord til at rykke sig. Det største danske jordskælv, som er målt på denne måde, fandt sted d. 3. april 1841 i Nordsøen ud for Thy. Her nåede intensiteten op på 7, som beskriver at der var skader på middelgode bygninger, i dette tilfælde revner i kirker og nedfaldne skorstene.

Richterskalaen har den fordel i forhold til Mercalli-skalaen, at der ikke indgår menneskelige skøn, når størrelsen skal bestemmes. Ved moderne jordskælvsstudier benyttes begge skalaer, da det derved er muligt at sammenligne moderne jordskælv med de historiske.

Uden instrumentelle data er det hverken muligt at beregne et jordskælvs epicenter eller dets styrke på Richterskalaen, som er et mål for hvor store rystelser, der registreres på seismograferne. Et pålideligt Richtertal kan derfor kun tilknyttes jordskælv efter 1930. Ældre jordskælvs styrke angives derfor i stedet på Mercalli-skalaen, som er en 12-trins skala, der beskriver et jordskælvs virkning på mennesker, natur og bygninger. Det er vigtigt at understrege, at et jordskælvs intensitet på Mercalli-skalaen **ikke** svarer til jordskælvets størrelse målt på Richterskalaen. Ved at sammenligne ældre jordskælvs observerede intensitet på Mercalli-skalaen med nyere jordskælvs intensitet, vurderet ud fra de samme kriterier i det samme område, er det i nogle tilfælde muligt at anslå et omtrentligt Richtertal og ligeledes et omtrentligt epicenter.

6.2 De instrumentelt registrerede rystelser

Det er GEUS vurdering at alle jordskælv på dansk område siden 1930, som er mindst 3,0 på Richterskalaen, er blevet registreret. I de seneste 10 år er instrumenteringen forbedret så meget, at alle jordskælv over 2,5 på Richterskalaen er registeret. Mindre jordskælv er også fanget af seismograferne, men det kan ikke garanteres at samtlige små rystelser er at finde i databaserne.

Usikkerheden på de beregnede epicentre afhænger af antallet af seismografer, som har registreret rystelsen, samt seismografernes geografiske fordeling i forhold til epicentret. De større rystelser er typisk registreret på flere seismografer end de små, hvilket forbedrer lokaliseringens nøjagtighed. Usikkerheden er større på de ældre jordskælv end på de nyeste. Konservativt sat er usikkerheden på de danske epicentre op til 50 km.

Der er foretaget databasesøgninger indenfor en radius af ca. 50 km fra de udpegede områder, dog ca. 75 km for Skives vedkommende da der er foretaget en samlet evaluering af Skive, Thise og Hvidbjerg. Søgningen er gennemført i følgende databaser:

1. GEUS jordskælvsdatabase,
2. International Seismological Centre On-Line Bulletin
3. Grünthal - Wahlström kataloget

Databasesøgningerne resulterer i bruttolister over registrerede rystelser, som kræver nærmere evaluering af en seismolog. Automatisk genererede jordskælvsliste indeholder bl.a. rystelser, som er registreret på blot en enkelt eller to seismografer, og hvor usikkerheden på det angivne epicenter nemt kan overstige 100 km. Dette er bl.a. tilfældet med den automatisk genererede jordskælvsliste som kan findes på www.geus.dk. I denne rapport er disse små og meget usikkert bestemte rystelser fjernet fra jordskælvslisten.

Forsvaret sprænger ofte gamle miner i de danske farvande. Rystelserne fra disse sprængninger registreres på seismograferne. I mange tilfælde oplyser SOK GEUS om sprængningerne, så de kan fjernes fra listerne over mulige jordskælv. Det er dog ikke altid, GEUS får disse oplysninger, hvorfor jordskælvslisterne kan indeholde rystelser som stammer fra sprængninger. Sprængninger som ikke er oplyst, kan i nogle tilfælde identificeres ved

nærmere granskning af seismogrammerne, men i tvivlstilfælde beholdes rystelsen på listen.

6.3 Instrumentelt bestemte epicentre 1930 – 2012 i Nord-vestjylland

Der er foretaget databasesøgninger indenfor en radius af ca. 75 km fra Skive.

Databasesøgningerne resulterede i 189 unikke events, som ikke entydigt er markeret som eksplosioner.

De registrerede rystelser har langt overvejende deres epicenter under Skagerrak og Nord-søen. Kun nogle få jordskælv har deres epicenter i eller nær Skive/Thise/Hvidbjerg. En nærmere oversigt over de relevante rystelser følger her. Listen indeholder endvidere jordskælv med epicenter længere ude i havet, men som er kraftige nok til at rystelserne kunne mærkes på land (Fig. 13).

Dato	Breddegrad	Længdegrad	Magnitude (Richter)	Usikkerhed i km
1954-10-18	56.8460	8.2910	4,6 f	10/25
1969-04-05	57.1550	6.7640	4,3 f	
1978-04-26	56.7460	7.8120	4,0	12/20
1979-12-25	56.7020	8.7020	2,4	7/30
1980-12-12	56.9430	9.8850	3,1	5/15
1986-11-07	56.4580	8.0070	2,4	50/50
1994-11-02	56.8900	7.9720	3,2	15/22
1998-01-08	56.9980	8.5800	2,2	30/35
1998-07-08	56.5630	8.1020	3,3 f	10/30
2001-06-02	56.8010	7.8030	3,5 f	
2001-09-15	57.0460	9.2870	2,7	15/30
2001-10-21	56.7330	7.6610	3,4 f	
2003-07-10	56.7450	9.2830	2,7 f	5/15
2004-11-27	56.8200	8.3090	1,2	100/200
2010-02-19	56.8740	7.5810	4,3 f	

Magnitude angiver den beregnede størrelse på Richterskalaen. Et tilføjet "f" betyder at jordskælvet kunne mærkes i Danmark. Usikkerheden på det beregnede epicenter er angivet som "usikkerhed i km på breddegraden/usikkerhed i km på længdegraden".

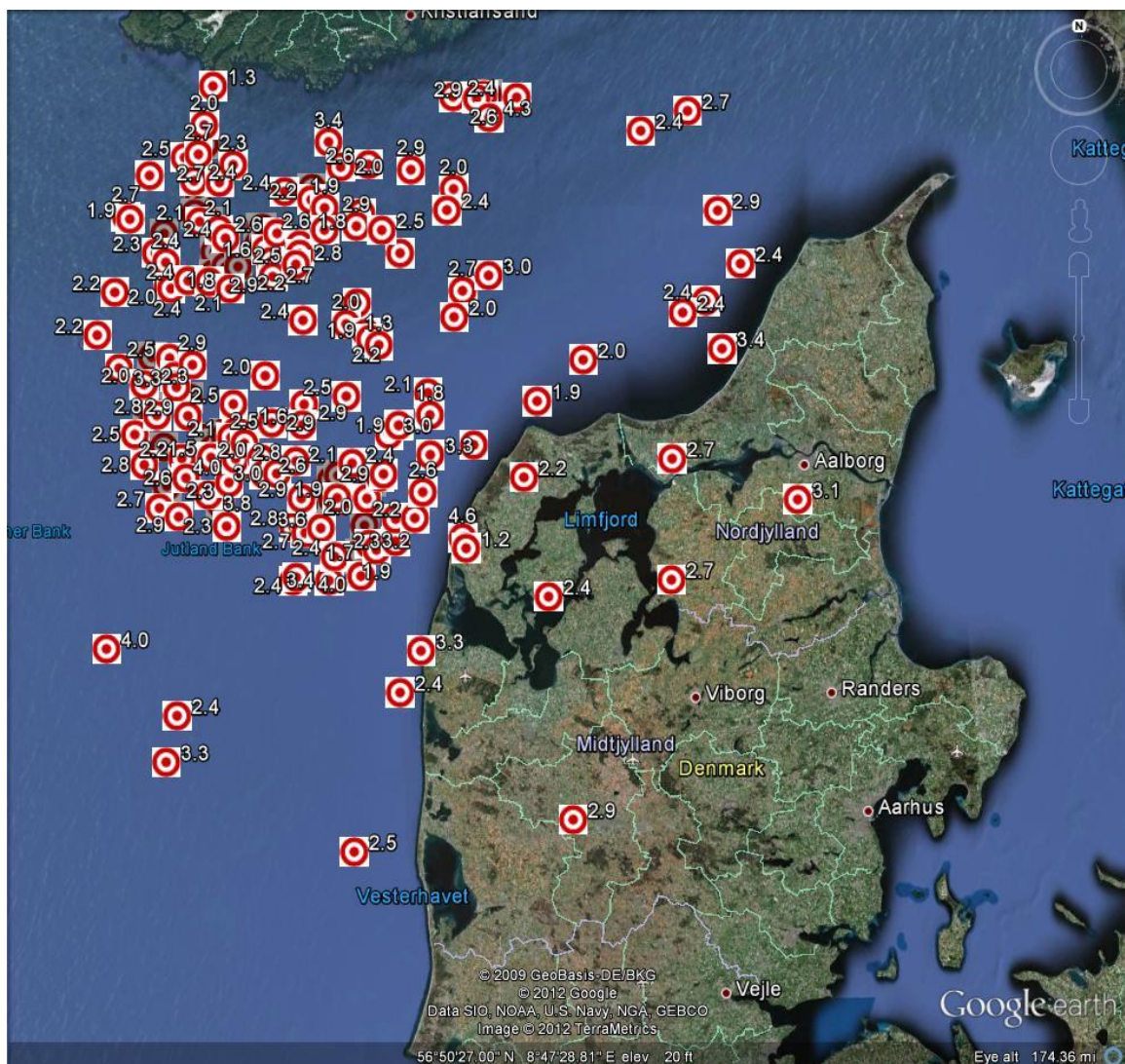


Fig. 13. Kort der viser epicentre for jordskælv i det nordvestlige Jylland. Jordskælvenes styrke i Richter-skalaen står ved hver markering.

6.4 Præ-instrumentelle rystelser i Nordvestjylland

Præ-instrumentelle jordskælv kendes kun fra beretninger og især i ældre beretninger kan det være svært at skelne jordskælv fra andre naturfænomener såsom storm og tordenvejr. Uden håndfaste målinger kendes, som ovenfor anført, hverken epicenter eller jordskælvets størrelse på Richterskalaen. I nogle tilfælde er det muligt at angive et omtrentligt epicenter og Richtertal, men disse skøn er behæftede med betragtelige usikkerheder.

Historiske beretninger indeholder mange værdifulde oplysninger om ældre jordskælv. Det er dog vigtigt at læse de historiske beretninger kritisk, da de neutrale beskrivelser af rystelserne ofte blandes med mere eller mindre fantasifulde fortolkninger og følgeslutninger på grund af datidens begrænsede forståelse af geofysiske processer. Det er også vigtigt at søge historiske oplysninger om en rystelse over et større geografisk område, og derved

sammenstykke et retvisende billede af rystelsernes udbredelse. F.eks. kunne det store, ødelæggende Lissabon-jordskælv i 1755 mærkes tydeligt over det meste af Europa, men hvis der kun hentes oplysninger om dette jordskælv fra meget lokale kilder i Danmark, kan man fejlagtigt tro at der var tale om et lokalt, dansk jordskælv.

I nedenstående liste er medtaget 4 jordskælv i perioden 1931 til 1948, som er følt i Jylland, men som vi ikke har digitale, instrumentelle data på.

1677-05-16: Ved Limfjorden, Vendsyssel. "Men alligevel at Husene somme Steder bevægede sig, så gjorde det dog ingensteds Skade" Johnstrup, 1870; Lehmann, 1956.

1745-02: Thyholm, måske Norge? (Lehmann, 1956). Johnstrup (1870) skriver om dette jordskælv "Paa Thyholm var et stærkt Jordskjælv hvoraf Bakker paa nogle Steder gløde ned i Stranden og Muren over Choret i Sønderbjerg Kirke revnede". Som Kilde til denne oplysning angiver Johnstrup Danske Atl. V. S 516. Han har flg. kommentar til oplysningerne: "Da der ingen Datum anføres for dette Jordskjælv, kan man ikke afgjøre, om det er samtidigt med det, der sporedes d. 7 Febr. kl 9 ¼ Form. i Omegnen af Christianssand, og som paa samme Dag skal være mærket i Nærheden af Kjøbenhavn. Kongl Sv. Vetensk Acad. Handlingar. 1747 S. 233. Estimerede epicentre ligger i Kattegat, estimerede Richtertal svinger fra 2,5 til 4,7 (Grüenthal & Wahlström (2012), GEUS).

1759-12-22: Danmark, især nordlige og østlige egne + Norge + Sverige (Lehmann, 1956). Johnstrup (1870) skriver om dette jordskælv "Hvorvidt det er rigtigt at opføre Jordskjælvet i Aaret 1759 i denne Rubrik, er et stort Spørgsmål, da det kun støtter sig til Horrebows Beretning, som rigtignok alene omfatter lagttagelserne i Sjælland. Af andre Meddelelser i "Danske Post Tidender" for 1759-1760 fremgaaer det nemlig, at dette Jordskælv, som utvivlsomt er det stærkeste der er lagttaget i Danmark i dette Tidsrum, tillige har haft en stor Udbredelse, eftersom man har sporet det paa hele Halvøen, i Fyen, i Sverig ligefra Skaane op til Stockholm, saavel som i den sydlige Deel af Norge. ... men det er ikke muligt af de mangelfulde Beretninger at udfinde, hvor Udgangspunktet egentlig har været, saa det er usikkert, om det skal ansættes til Sjælland, det nordlige Jylland, hele Kridtformationen i Danmark, eller maaske endog et Punkt i den sydvestlige Deel af Sverig." Lehmann (1956) betvivler, at dette jordskælv skulle være det kraftigste i Danmark, idet der kun findes sikre beretninger om jordskælvets virkning på Sjælland, hvor det ikke anrettede skade. Grüenthal & Wahlström (2012) angiver at jordskælvets epicenter har ligget i Kattegat og anslår et Richtertal på 5,6. Sidstnævnte oplyser ikke en højeste intensitet for rystelserne.

1764: Ved Limfjorden. Eneste kendte materiale om dette jordskælv er et enkelt beskrivende brev skrevet til G. Forchhammer i 1841. (Johnstrup, 1870).

1769-06-08: Salling. Nævnt i tabel i Lehmann(1956). Ingen yderligere oplysninger at finde. Er ikke nævnt i Johnstrup (1870).

1794-01-01: Mors +Norge. et hastigt forbifarende stød blev følt flere steder i Nykøbing Mors og i Norge. Ingen beretninger om skader. Johnstrup (1870). Grüenthal & Wahlström (2012) angiver at jordskælvets epicenter har ligget i Skagerrak og anslår et Richtertal på 4,5.

1815-12-28: Aalborg og omegn. En kortvarig rystelse blev følt på begge sider af Limfjorden. (Lehmann, 1956).

1841-04-03: Især Thy, Mors, Hanherred (+ sydlige Norge), Lehmann (1956) angiver intensitet op til 7 (Mercalli). Grüenthal & Wahlström (2012) angiver den højeste intensitet til 6 (Mercalli) og anslår et Richtertal på 4,5. Grüenthal & Wahlström (2012) placerer epicentret i Nordsøen. GEUS placerer ligeledes epicenter i Nordsøen. Forskellige estimer af styrken er mellem 4,4 og 5,3 på Richterskalaen. GEUS vurderer at intensiteten nåede op på 7 på Mercalliskalaen ud fra beretninger om skader (Forchhammer (1841; 1869), selv når der tages højde for datidens ringere byggestandard. Eksempler fra Forchhammer: "I Thisted faldt flere Skorsteenspiber ned, og flere bygninger fik Revner, een endda i den Grad at den maatte nedrives. ... Saaledes fik Kirken i Vestervig en Mængde Revner ...". På strækningen mellem Boddum og Klitmøller er der beretninger om at kalken faldt ned fra lofter og vægge. På Mors revnede en kirke og enkelte skorstene faldt ned i Tødse (?). Nær Vestervig blev der observeret bølgede bevægelser i gulve. Der berettes om en kone i Vixøe (?) hvis balje blev halvt tømt pga. jordens gyngende bevægelse. Der er mange beretninger om revner i jorden efter jordskælvet, men Forchhammer forkaster de fleste som forårsaget af andet end jordskælvet. En enkelt revne observeret i Vestervig Sogn konkluderer Forchhammer (1869) er frembragt af jordskælvet. Revnen er ca 20 alen lang (ca 13 meter?) og sydsiden af revnen er løftet 1-3 tommer op i forhold til nordsiden. Revnen blev dog først opdaget tre uger efter jordskælvet. Beskrivelsen af revnen er troværdig og vi har ingen oplysninger der modbeviser at revnen er frembragt af jordskælvet. Vi kender ikke til andre jordskælv i Danmark, som har frembragt revner i jorden og bygningsskader i det omfang der er beskrevet her. Jordskælvet i 1841 er formodentlig det kraftigste som har ramt Danmark.

1844-12-21: Nordvestlige Jylland (Johnstrup 1870; Lehmann, 1956). Følt i Thy. Det østlige Hanherred, på Mors, ved Agger og ned mod Ringkøbing.

1869-09-04: Fur, Salling (Johnstrup 1870; Lehmann, 1956). Kun følt i et mindre område på Fur.

1895-12-16, Nordvestlige Jylland (+ Norge), Intensitet op til 4, Lehmann (1956). Hintze (1896) betragtede jordskælvet som en svag gentagelse af 1841-jordskælvet, men da det er følt med samme styrke i det sydlige Norge (Kolderup, 1913) konkluderer Lehmann at jordskælvet må have sit epicenter mellem de to lande. Grüenthal & Wahlström (2012) angiver et epicenter i Skagerrak midt mellem Norge og Danmark, og anslår at jordskælvet var 4,1 på Richterskalaen.

1900-08-16: Nordvestlige Jylland, Intensitet op til 4, Lehmann (1956). Beskrives af Hintze (1902) som et ret begrænset jordskælv. Følt i Thy, på Mors, samt på Agerø og Thyholm.

1904-10-23: Oslo-fjord jordskælvet. I Danmark især følt i de nordlige og østlige egne, max intensitet 5, Lehmann, 1956. Grüenthal & Wahlström (2012) angiver et Richtertal på 5,4.

1911-05-08: Stadil, Huseby Klit. Lille rystelse ved kysten nordvest for Ringkøbing. Rystelsen beskrives i Harboe (1915), som bl.a. skriver: "... Et Sted på Husby Klit var Rystelsen

saa stærk, at Glassager i et skab klirrede...". Dette svarer til en max intensitet på 4 på Mercalli skalaen.

1912-03-27: Vestlige Jylland; Hurup by, Mollerup, Frøslevvang, Thisted, Vestervig. Max intensitet 4, Harboe (1915). Svarer til udbredelsen af nutidige jordskælv i Skagerrak og Nordsøen.

1912-12-01: Nordvestlige Jylland. Harboe (1915) indsamlede 15 beretninger fra lokaliteter hvor jordskælv var følt. Indberetterne er spredt over et stort område, og Harboes intensiteter er derfor behæftet med betragtelig usikkerhed. Lehmann (1956) genevaluerer jordskælv og angiver en max intensitet på 4. Harboe placerer jordskælvs epicenter nær Odby eller Oddesund Syd, men udbredelsen er også forenelig med et epicenter i Nordsøen eller Skagerrak, som ud fra moderne kendskab til jordskælv er mindst lige så sandsynligt. Grüenthal & Wahlström (2012) angiver et epicenter i Nordsøen og en anslået størrelse på Richterskalaen til 4,0.

1913-07-29: Ringkøbing, vestlige Jylland, max intensitet 5, Lehmann, 1956 + Harboe 1915. Harboe mente intensiteten var oppe på 6, men det tilbagevises af Lehmann. Harboe modtog 64 henvendelser fra folk som havde mærket jordskælv og når op på information fra 106 lokaliteter ved at søge oplysninger i aviserne. Lehmann (1956) gør opmærksom på, at der var særlig interesse for at indsamle oplysninger om rystelserne i Kolding og Odense, og at denne interesse har skævvredet data. Jordskælv blev følt i en stor del af det centrale og vestlige Jylland, på Fyn og det vestlige Sjælland. Grüenthal & Wahlström (2012) angiver et epicenter ved Ringkøbing og en anslået størrelse på Richterskalaen til 4,2.

1929-05-23: Nordvestlige Jylland +Norge, max intensitet 4, Lehmann 1956. Jordskælv er følt i både Danmark og Norge. Lehmann konkluderer at jordskælv har sit epicenter i havet mellem de to lande, og det er præcis hvor Grüenthal & Wahlström (2012) angiver epicentret til at være. Jordskælvs styrke på Richterskalaen er anslået til 4,4.

1929-05-30: Nordvestlige Jylland +Norge, max intensitet 4, Lehmann 1956. Jordskælv er følt i både Danmark og Norge. Lehmann konkluderer at jordskælv har sit epicenter i havet mellem de to lande, og det er præcis hvor Grüenthal & Wahlström (2012) angiver epicentret til at være. Jordskælvs styrke på Richterskalaen er anslået til 4,3.

1931-06-07: Sydvestlige Jylland mm, epicenter i Nordsøen nær det sydlige Storbritanien (Gregersen et al 1998). Max intensitet 4 (Lehmann, 1956)

1932-10-30: Sydthy, Mors, max intensitet 4, Lehmann (1956).

1941-11-28: Stærkest på Mors og i Salling, men også følt i Thy, Lemvig, Struer, Vemb, Holstebro, Herning, Ringkøbing.. Epicenter ved Salling, max intensitet 4, Lehmann (1956).

1948-05-07: Følt i Thisted, udbredelse ikke undersøgt. Lehmann (1956).

6.5 Diskussion

Danmark og især de danske farvande rammes jævnligt af meget små jordskælv. De færreste af disse jordskælv er kraftige nok til at mennesker kan opfange de svage rystelser. Det hænder dog, at de danske jordskælv er kraftige nok til at også mennesker lægger mærke til rystelserne, men egentlige bygningsskader forårsagede af rystelser fra jordskælv er meget sjældne. Der har dog været enkelte historiske eksempler på skader. Særligt jordskælv i 1841, som med stor sandsynlighed forårsagede en mindre, men synlig forskydning i jordoverfladen, er bemærkelsesværdigt. Lignende forskydninger er observeret ved moderne jordskælv i udlandet, f.eks. jordskælv i Kaliningrad i 2004 som målte 5,0 på Richterskalaen. Her blev det konkluderet at mindre forskydninger i jordlagene skyldtes sekundære effekter – sedimenter som satte sig pga. rystelserne – og at der ikke var tale om dybere forskydninger på en overfladenær forkastning. Jordskælv i 1841 er sandsynligvis det kraftigste jordskælv som nogensinde er registeret på dansk område, og det må forventes at jordskælv af sammenlignelig styrke – måske endda lidt kraftigere – kan forekomme i fremtiden.

Seismisiteten i hele Danmark er meget lav, men en lille smule højere i det nordvestlige Jylland end i resten af landet.

6.6 Konklusion

Det nordvestlige Jylland har lav til moderat seismisitet, men dog på et lidt højere niveau end resten af landet. Der er mange små jordskælv i Nordsøen og Skagerrak og rystelserne fra disse jordskælv kan med mellemrum mærkes på land. Der er også registreret enkelte mindre jordskælv på land. Generelt medfører jordskælv i området ingen skader på bygninger, men der har været enkelte historiske eksempler på det modsatte. Særlig jordskælv i 1841, som med stor sandsynlighed forårsagede en synlig forskydning i jordoverfladen, er bemærkelsesværdigt. Det er sandsynligvis det kraftigste jordskælv som nogensinde er registeret på dansk område, og det må forventes at jordskælv af sammenlignelig styrke – muligvis lidt kraftigere – kan forekomme i fremtiden i samme område.

7. Grundvand og drikkevand

For at begrænse vands strømning væk fra depotet bør det ligge på/i lavpermeable bjergarter. Det er bedst med lange strømningsveje og ringe strømning af grundvand. Der skal tages hensyn til drikkevandsinteresser og ses bort fra OSD områder. Det skal sikres, at der ikke sker forurening af drikkevandsressourcer (Beslutningsgrundlaget fra 2007).

7.1 Generelle forhold

Hvidbjerg-området er beliggende i den nordlige del af Thyholm. I forbindelse med Naturstyrelsens udpegning af grundvandsforekomsterne i Thyholm-området blev der i Hvidbjerg-området lokaliseret terrænnære, regionale og dybe grundvandsforekomster. Ifølge basisanalysen består den terrænnære og regionale grundvandsforekomst af smeltevandssand, mens den dybe forekomst er af kalk. Gennemgangen af de relativt få borer på Hvidbjerg-halvøen samt den kendsgerning, at der næsten ingen vandforsyning er på halvøen, giver imidlertid indtryk af, at intet regionalt eller dybt grundvandsmagasin forekommer på Hvidbjerg-halvøen.

Dybtliggende salt grundvand kendes fra områder med højtliggende permiske saltstrukturer (diapirer) bl.a. fra Nordjylland, Sjælland og Lolland-Faster. Det høje porevandstryk i de prætertiære lag kan få saltvandet til at bevæge sig opad. Forekomst af vandstandsende tertiære (Palæogene og Neogene) lerlag vil medvirke til at det dybe saltvand ikke trænger opad.

7.2 Drikkevandsområder

De vigtigste grundvandsressourcer for drikkevandsforsyningen er udpeget som 'områder med særlige drikkevandsinteresser' (OSD), som skal dække det nuværende og fremtidige behov for vand af drikkevandskvalitet. I disse områder skal der gøres en målrettet, ekstra indsats for at beskytte grundvandet, som giver mulighed for at forebygge forurening og for at fjerne allerede eksisterende forurening.

OSD er kerneområderne i den målrettede grundvandsbeskyttelse. Det medfører, at sådanne områder betragtes som strategiske indvindingsområder, og at kommunerne i deres fysiske planlægning skal tage hensyn til grundvandsressourcerne samt indvindingsoplandene til almene vandværker.

Ved forstudierne blev OSD-områderne ikke inddraget i kortlægningen, men det var ikke muligt helt at undgå OD-områderne.

Hovedparten af det udpegede Hvidbjerg-område ligger i område uden eller med begrænsede drikkevandsinteresser (OBD) (se fig. 14). Mod syd støder området op til et OD-område (se fig. 14 og 15). Yderligere er der et OSD-område længere mod syd ved Hvidbjerg.



- Indsatsområder med hensyn til nitrat
- Nitratfølsomme indvindingsområder - seneste viden
- Nitratfølsomme indvindingsområder
- Områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD)
- Områder med drikkevandsinteresser (OD)
- Områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD)
- Områder med drikkevandsinteresser (OD)
- Områder med begrænsede drikkevandsinteresser (OBD)

Fig 14. Drikkevandsområder på Thyholm (Fra www.miljoportalen.dk).

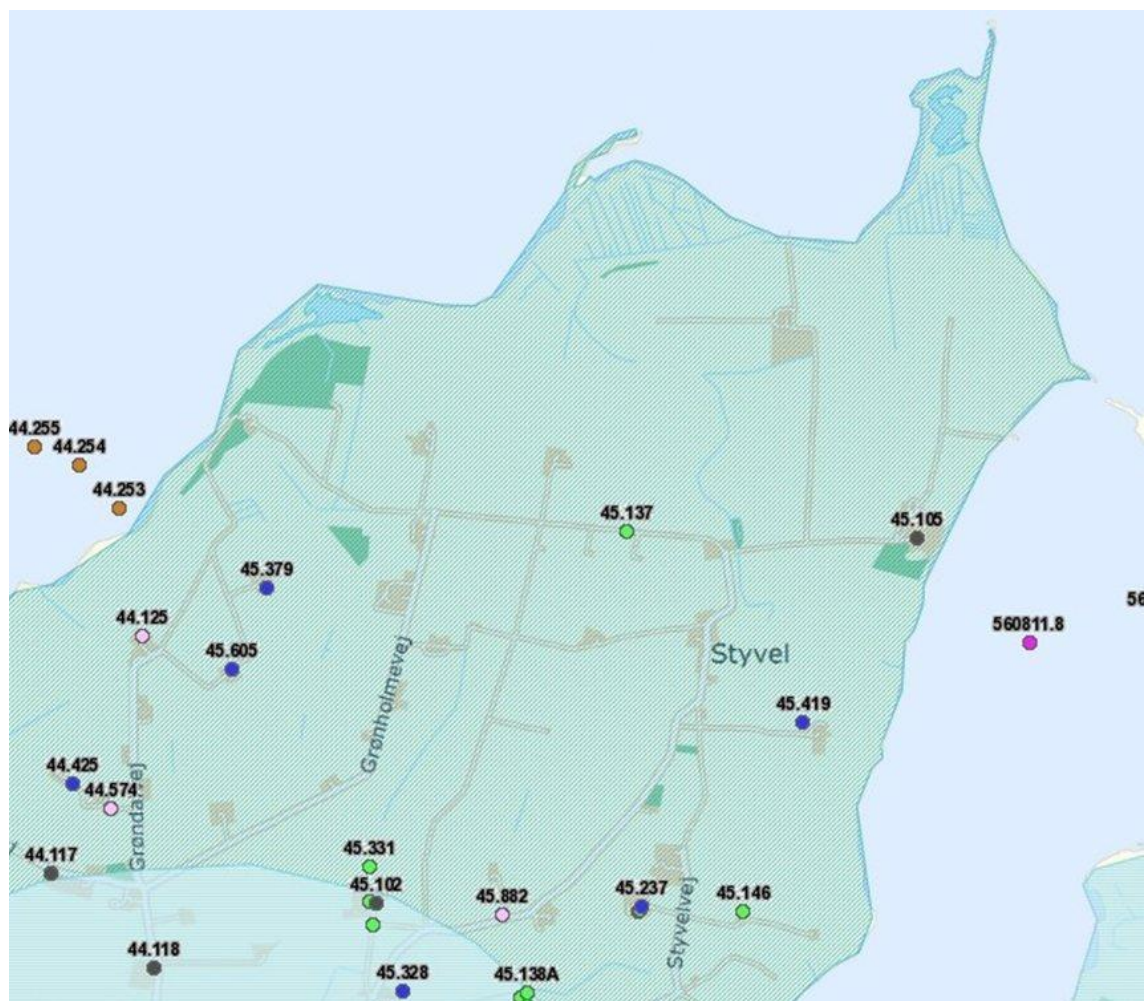


Fig 15. Drikkevandsforhold og indvinding i og nær Hvidbjerg området (Fra www.miljoepor talen.dk)

7.3 Lokale forhold

Nærmeste vandværk er Thyholm Private Fælles Vandværk (TPFV), der er beliggende i en mindste afstand på 1500 m fra den sydlige kant af det udpegede Thyholm område. Inden for området ligger der 1 enkeltindvinder på Grøndalvej. Der findes ingen markvandingsboringer inden for området.

Det lokale grundvandsmagasin "Hvidbjerg-magasinet" består af smeltevandssand og -grus, og dette er beliggende syd og sydøst for Hvidbjerg by. Grundvandstrømningen i området vurderes at være mod nordøst. Der er dog et yderst begrænset datagrundlag til støtte for vurderingen. Det skal bemærkes, at Thyholm Private Fælles Vandværk er beliggende opstrøms Hvidbjerg-halvøen.

De grundvandskemiske forhold i området ud fra vandkemiske oplysninger fra Vandværket viser, at der er tale om en god vandkvalitet. Dette er i god overensstemmelse med den udarbejdede vandplan for området.

7.4 Konklusion

Der er meget små lokale overfladenære grundvandsmagasiner i området. Syd for området, lige syd for Hvidbjerg ligger et grundvandsmagasin bestående af smeltevands-sand og -grus, som forsyner Hvidbjerg med drikkevand.

8. Klima og klimaændringer

8.1 Temperatur og nedbør, storme og ekstreme

DMI's beregninger med globale og regionale klimamodeller viser følgende generelle udvikling for klimaet i Danmark i 2100 i forhold til 1990 for A2- og B2-scenarierne (Fra DMIs hjemmeside):

- En stigning i den årlige middeltemperatur på 0,7–4,6° C. Opvarmningen er størst om natten. Der er kun lille forskel på temperaturstigningen sommer og vinter.
- En moderat stigning i vinternedbøren (20–40 % af den nuværende nedbør).
- En tendens til flere episoder med meget kraftig nedbør, især om efteråret.
- I vækstsæsonen længere perioder uden nedbør (øget tørkerisiko).
- Jordfugtighed aftager, især i forårs- og sommermånederne.
- Styrken i de kraftigste storme omkring Danmark vil sandsynligvis forøges.
- Havniveauet ved alle danske kyster undtagen i Nordjylland er stigende, og stigningerne forventes at blive kraftigere i de næste 100–200 år på grund af klimaforandringer. Stigningsraten er forbundet med en del usikkerhed - især på grund af usikkerhed i bidraget fra smeltende gletsjere og iskapper. Havspejlet omkring Danmark forventes at stige 0,2 m – 1,4 m frem til år 2100. Stigningen kompenseres delvist af landhævninger, ligesom der er mindre forskelle i havspejlsændringerne mellem landsdelene. Ændringerne i havniveau vil sammen med ændrede vindmønstre føre til øgede stormflodshøjder. Se mere i temaet: Fremtidens vandstand.

8.2 Havniveauændringer

For det globale havområde regnes der med en havstigning på grund af smeltning af de store gletsjere ved polerne og på grund af varmeudvidelse af havvandet. Der findes en række forskellige modeller (IPCC's modeller) som giver forskellige forudsigelser frem til 2100: Mellem 11 og 65 cm's stigning, mellem 16 og 75 cm's stigning og mellem 10 og 90 cm's stigning. De forholdsvis store forskelle i modelforudsigelserne skyldes modelusikkerheder. Nyere forudsigelser peger på endnu højere stigninger af havspejlet omkring Danmark på 80 ± 60 cm til max. 150 cm år 2100. Mod år 2200 kan der komme yderligere stigninger, men estimerer heraf er yderst vanskelige og behæftet med meget stor usikkerhed.

Området ligger på en halvø og afgrænses af kystlinjen mod nordvest og øst. Mod nordvest, fra kysten og ind i land, findes et ca. 1 km² stort område, hvis terræn ligger mellem kote 0 og +5 m. I dette område findes en smal strimmel af marint forland. Det er en del af dette forholdsvis beskedne område, der må forventes at blive oversvømmet omkring år 2100 hvis prognoserne for havspejlsstigningen holder stik. Resten af arealet ligger væsentligt højere, op til ca. kote + 25 m. Arealet fremstår som et svagt til jævnt bølget landskab, uden åer og søer. Ved den østvendte kyst findes en lav kystklint, som fremstår bevokset og næsten uden erosion (?). En eventuel erosion vil formentlig blive intensiveret og udbredt til et større område, hvis prognosen for havspejlsstigningen holder stik.

Selv om der f.eks. påregnes en stigning på mindst 80 cm i det danske havområde (år 2100), er det vanskeligt at forudsige, hvordan en sådan stigning vil slå igennem i Limfjorden. Ved en eventuel stigning på 80 cm vil mindre dele af halvøen oversvømmes, og der må bl.a. påregnes en øget erosion i kystklinten. Langt størstedelen af området vil dog ikke blive berørt af en 80 cm stor havstigning. Den vertikale landhævning i området er vurderet til at være på mellem +0,35 og +0,50 mm pr. år, og hvis den fortsætter fremover vil den – om end i beskedent omfang – medvirke til at reducere effekten af havstigningen.

8.3 Ekstreme hændelser

Det nordlige Thyholm er berørt af Vesterhavets stormfloder og oversvømmelser på grund af den geografiske placering i den vestlige del af Limfjorden, som via den 700 m brede Thyborøn Kanal står i åben forbindelse med Vesterhavet. Så længe Thyborøn Kanal er åben, vil stormfloder og højvander i denne del af Vesterhavet forplante sig til den vestlige del af Limfjorden, deriblandt Thyholm.

9. Arealplanlægning og bindinger

Inden for og i områderne rundt om Hvidbjerg-området har arealanvendelse og planlægningen medført en række reguleringer under forskellige plan- og miljølove. Disse forhold vil blive berørt nedenfor.

I og omkring området er opgjort fordeling og antal indbyggere samt afstand til bymæssig bebyggelse.

Fordeling og antallet af Indbyggere er følgende:

Hvidbjerg: 1181 indbyggere (2012)

Uglev: 249 indbyggere (2012)

Humlum: 845 indbyggere (2012)

Struer: 10544 indbyggere (2012)

Fra området til bymæssig bebyggelse er afstandene følgende:

Hvidbjerg: ca. 1,5 km

Uglev: ca. 4 km

Humlum: ca. 12 km

Struer: ca. 15 km

Kapitel 9 bygger overvejende på informationer i notatet fra Struer Kommune (2012).

Området er overvejende et landbrugsområde. Kun 1–2 % er dækket af træer og buske. Adskillige mindre veje krydser området (Fig. 16). Spredte huse er lokaliseret langs vejene, og få vindmøller findes tæt ved Grønholm mod nord (Fig. 17).



Fig. 16. Vejnet på nordlig del af Thyholm (Struer Kommune, 2012).

9.1 Bindinger

Kortet nedenfor er udarbejdet af Naturstyrelsen april 2012 på baggrund af de mest opdaterede data (se bilag C). Kortene viser de eksisterende bindinger på området. Udover de viste bindinger er der også en generel 300 m strandbeskyttelseslinje. Området er også omfattet af kystnærhedszonen. Afgrænsningen for Hvidbjerg-området (rød linje) er ifølge den oprindelige udpegning, se Fig. 1.

Område 17 - Bindinger

Hvidbjerg Thyholm Limfjorden

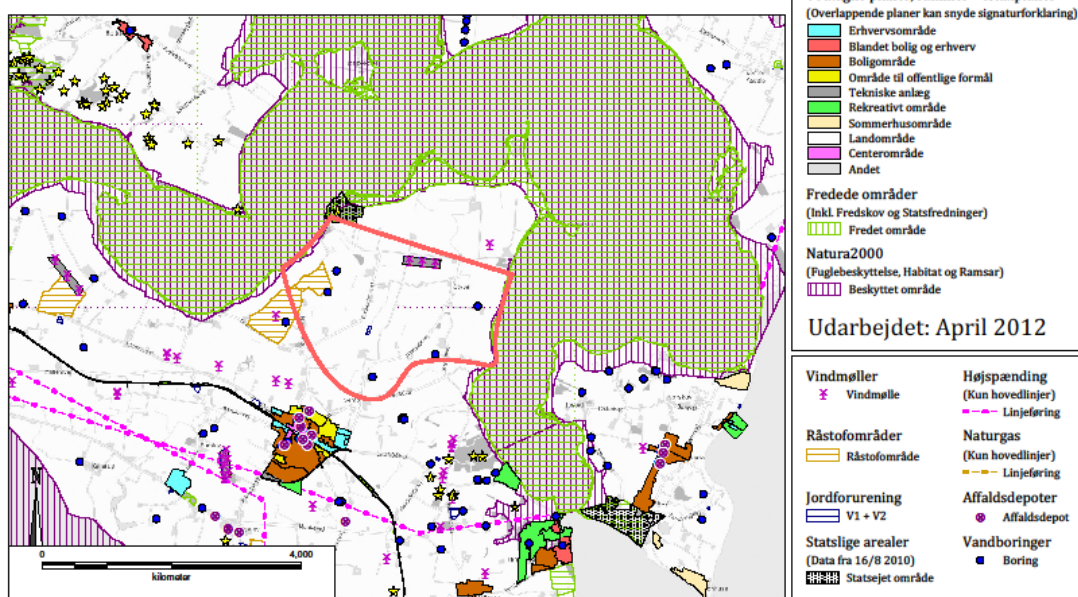


Fig. 17. Kort over bindinger i området og nærmeste omegn (Naturstyrelsen, 2012).

9.2 Natur, naturpleje og fredninger

Området støder op til et primært havbaseret NATURA2000-område (Nr. 28 Agger Tange, Nissum Bredning, Skibsted Fjord og Agerø), dog er landområdet ved Munkholm Odde og Katholm Odde på den nordlige del af Thyholm en del af NATURA2000-området.

NATURA2000-området indeholder Fuglebeskyttelsesområderne F23, F 27, F28 og F29, hvor F27 ligger på det nordlige Thyholm. F27-området er et vigtigt levested for lysbug-et knortegås (op til 400–600 fugle) og det kan ikke udelukkes, at fuglene i perioder forekommer i området.

Hjejlen forekommer også i store flokke indenfor F27.

Det fremgår af lovgivningen, at NATURA2000-områder og de dertil knyttede arter er strengt beskyttede. Det er et krav, at der foretages en vurdering af, om planer og projekter kan tænkes at påvirke NATURA2000-områder, herunder de tilknyttede fuglearter. Det gælder også for projekter, som ligger uden for NATURA2000-områderne. Projekter, der ikke kan afvises at ville skade et NATURA2000-område, kan ikke tillades efter Habitatbekendtgørelsen.

Den øvrige beskyttede natur iht. Naturbeskyttelsesloven er udpegede lavbundsområder samt 'potentiel natur' knyttet til områdets kystområde. Disse områder kan ses på fig. 18, 19 og 20.



Tegnforklaring

-  Beskyttede naturtyper : Eng
-  Beskyttede naturtyper : Hede
-  Beskyttede naturtyper : Mose
-  Beskyttede naturtyper : Overdrev
-  Beskyttede naturtyper : Strandeng
-  Beskyttede naturtyper : Sø
-  Potentiel natur
-  Vandløb
-  Skov

Fig. 18. Beskyttede naturtyper på Thyholm halvøen (Struer Kommune, 2012).



Fig. 19. Udpegede lavbundsområder (Struer Kommune, 2012).



Fig. 20. Fredede områder og fredet fortidsminde (Struer Kommune, 2012).

9.3 Landskabspleje

Der er i forbindelse med kommuneplanarbejdet gennemført en landskabsanalyse af hele Struer kommune. Analysen skal danne grundlag for udpegning og opstilling af retningslinjer for beskyttelse af landskabelige værdier i kommunen.

I det udpegede område lægger landskabsanalysen op til en særlig beskyttelse af de kystnære landskaber, således at de træk og oplevelser, der karakteriserer landskaberne, skal søges bevaret og forbedres, og der må ikke ske ændringer, der foringer landskabskarakteren (Fig. 21).

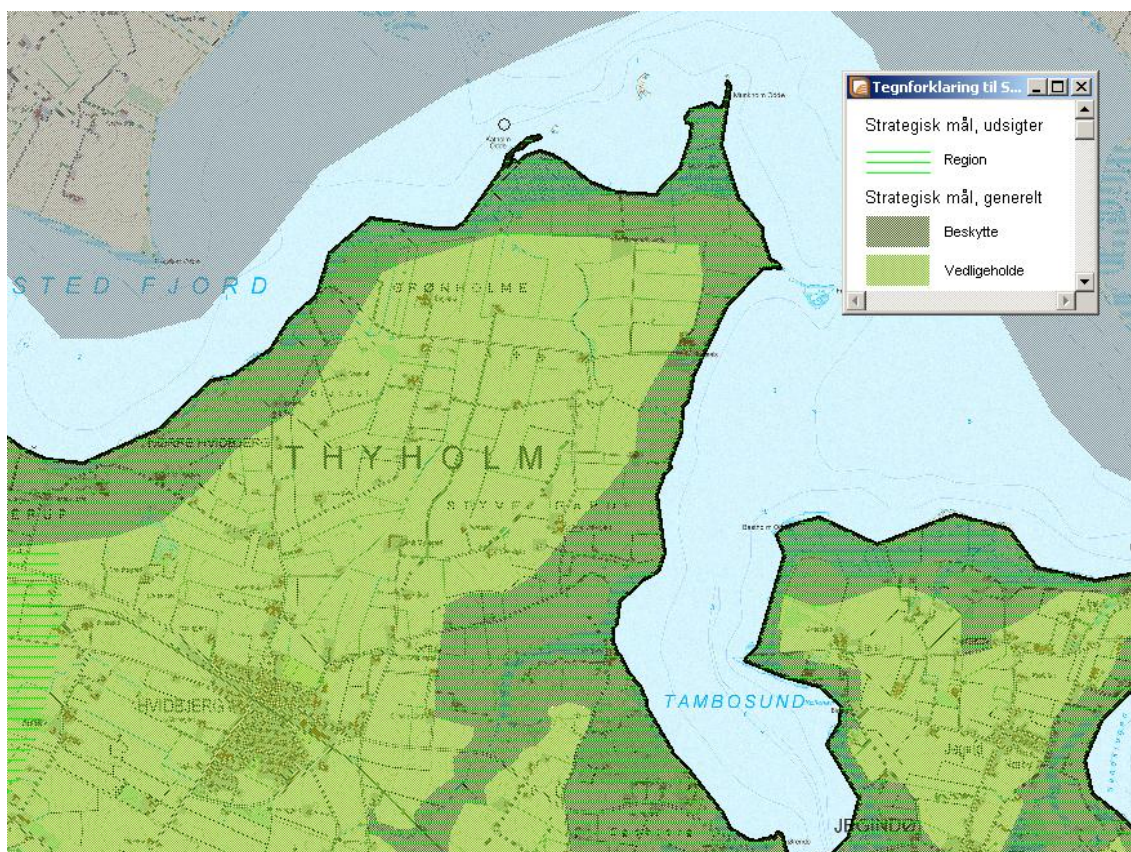


Fig. 21. Resultat af landskabsanalysen (Struer Kommune, 2012).

9.4 Historiske mindesmærker og fredninger

Der er ikke registreret fredede fortidsminder indenfor området, men et findes umiddelbart nord for (Fig. 20 og 22). Dele af området ligger indenfor eller tæt for en fredning. Inden for området er der registreret ca. 18 ikke-fredede fortidsminder (Fig. 22).



Fig. 22. Fortidsminder indenfor området. Signaturforklaring: Røde prikker: Fredede fortidsminder, Blå prikker: Ikke fredede fortidsminder (Fra www.kulturarv.dk).

9.5 Råstofplanlægning

I den sydvestlige del af området ved Grøndal er der i Råstofplan 2012 for Region Midtjylland udpeget et råstofgraveområde for ler samt del af et råstofinteresseområde (Nørre Hvidbjerg). Der er p.t. ingen tilladelser til indvinding af leret i graveområdet

9.6 Vandforsyningsstruktur

Thyholm Private Fælles Vandværk oppumper årligt ca. 200.000 m³ grundvand fra "Hvidbjerg-magasinet".

10. Afsluttende bemærkninger

Gennem Omegnsstudierne er der indsamlet og sammenstillet en lang række data om bl.a. geologi, jordskælv, grundvand, drikkevand, vandforsyning, planlægning og infrastruktur, naturforhold og fortidsminder, der til sammen belyser forholdene inden for Hvidbjerg-området.

Omfanget af studierne er defineret ud fra Beslutningsgrundlaget (2007) og behovene for informationer, som er opstået ud fra Forstudierne, men uden dog at være så detaljerede, som det vil blive krævet på et senere tidspunkt i processen.

Resultaterne fra Omegnsstudierne skal anvendes til at pege på 2–3 områder, der skal arbejdes videre med. Områderne indstilles til Ministeren for Sundhed og Forebyggelse, som skal have Folketingets tilsagn om at fortsætte med de udpegede områder.

Der skal bl.a. foretages Strategisk Miljøvurdering, og senere Vurdering af Virkninger på Miljøet (VVM) og bl.a. geotekniske, geologiske og grundvandsmæssige undersøgelser samt risikovurderinger i det mindre antal områder. De sidstnævnte undersøgelser vil komme til at ligge i en Projekteringslov.

11. Litteratur

11.1 GEUS rapporter fra projektet

Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas. Publisert i GEUS Rapport Serie.

- Report No. 1. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2010: Data, maps, models and methods used for selection of potential areas. GEUS Report no. 2010/122, 47 sider.
- Report No. 2. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2010: Characterization of low permeable and fractured sediments and rocks in Denmark. GEUS Report no. 2010/123, 78 sider.
- Report No. 3. Pedersen, S.A.S. & Gravesen, P., 2010: Geological setting and tectonic framework in Denmark. GEUS Report no. 2010/124, 51 sider.
- Report No. 4. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Bornholm. GEUS Report no. 2011/44, 85 sider.
- Report No. 5. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Falster and Lolland. GEUS Report no. 2011/45, 76 sider.
- Report No. 6. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Sjælland. GEUS Report no. 2011/46, 85 sider.
- Report No. 7. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Langeland, Tåsinge and Fyn. GEUS Report no. 2011/47, 119 sider.
- Report No. 8. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of Areas. Eastern Jylland. GEUS Report no. 2011/ 48, 117 sider.
- Report No. 9. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Limfjorden. GEUS Report 2011/49, 138 sider.
- Report No. 10. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Nordjylland. GEUS Report 2011/50, 51 sider.
- Report No. 11. Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Dansk og engelsk resume. Danish and English resume. GEUS Report no. 2011/51, 64 sider.

11.2 Andre publikationer fra projektet

- Dansk Dekommissionering (DD), 2011: Pre-feasibility study for final disposal of radioactive waste. Disposal concepts. Main Report. Prepared by Cowi A/S for DD, 404 sider.
- Dansk Dekommissionering (DD), De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) & Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for strålebeskyttelse (SIS), 2011: Forstudier til slutdepot for lav – og mellemaktivt affald – sammendrag indeholdende hovedkonklusionerne og anbefalinger fra tre parallelle studier. Rapport til den tværministerielle arbejdsgruppe vedr. udarbejdelse af beslutningsgrundlag med henblik på etablering af et dansk slutdepot for lav – og mellemaktivt affald, 44 sider.
- Gravesen, P., Nilsson, B., Binderup, M. & Pedersen, S.A.S, 2011a: Forstudier: regional kortlægning. Kriterier og metoder til udvælgelse af 6 områder ud af 22 områder,

- som kan anvendes til et potentielt slutdepot for Risø's lav- og mellemaktive radioaktive affald.. Notat til den Tværministerielle arbejdsgruppe under Indenrigs og Sundhedsministeriet. GEUS-NOTAT nr. 08 - EN2011-28, 12 sider.
- Gravesen, P., Binderup, M., Nilsson, B. & Petersen, S.A.S., 2011b: Geological Characterisation of potential disposal areas for radioactive waste from Risø, Denmark. Bull. Geol. Surv. Denm. and Greenl., Vol. 23, 21-24.
- Gravesen, P., Binderup, M., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S., Thomsen, H.S., Sørensen, A., Nielsen, O.K., Hannesson, H., Breddam, K. & Ulbak, K., 2011c: Slutdepot for Risø's radioaktive affald. Geoviden, geologi og geografi nr.2, 19 sider.
- Gravesen, P., Nilsson, B., Binderup, M. & Pedersen, S.A.S., 2012: Risøområdet: Geologi og grundvand vurderet i forbindelse med slutdepotprojektet. Udarbejdet til Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse. GEUS-NOTAT nr.: 05-VA-12-06. 18 sider.
- Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2005: Slutdepot for radioaktivt affald i Danmark. Hvorfor? Hvordan? Hvor?. Juni 2005, 18 sider.
- Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2007: Beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav – og mellemaktivt affald. Udarbejdet af en arbejdsgruppe under Indenrigs – og Sundhedsministeriet, april 2007, 47 sider.
- Ministeren for Sundhed og Forebyggelse, 2009: Redegørelse om Beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald. Præsenteret for Folketinget. Januar 2009, 13 sider.
- Nilsson, B., Gravesen, P., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2012: Final repository for Denmark's low- and intermediate level waste. AGU Fall Meeting, 3-7 December, 2012, San Francisco, USA (poster).
- Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse (SIS), 2011: Radiation doses from transport of radioactive waste to a future repository in Denmark – A model study, 50 sider.

11.3 Anden anvendt litteratur

- Andersen, L.J., 1976: Hydrologiske forhold i relation til de palæocæne og eocæne aflejringer i Jylland og på Fyn. I: Atomenergikommisionen: Affald fra kernekraftværker, april-maj 1976, 101-109.
- Andersen, L.J. & Gravesen, P., 1989: Cyclogram Maps in the Interpretation of Pumping Tests. Recent Advances in Groundwater Hydrology. American Institute of Hydrology, 589-604.
- Andersen, S.A., 1937: De vulkanske Askelag i Vejgennemskæringen ved Ølst og deres Udbredelse i Danmark. Danm. Geol. Unders. II Series, No. 59, 50 sider.
- Arnbjerg-Nielsen, K., 2008: Forventede ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringer. IDA Spildevandskomiteen, Skrift nr. 29. Institut for Vand og Miljøteknologi, DTU.
- Bonnesen, E., Larsen, F., Sonnenborg, T.O., Klitten, K. & Stemmerik, L., 2009: Deep salt-water in Chalk of North-West Europe: Origin, interface characteristics and development over geological time. Hydrogeology Journal 17, 1643-1663.
- Brüsch, W. & Jacobsen, O.S., 1995. Pesticides in the Danish monitoring programme. In: Ammitsøe, C. (Editor), Vandmiljøplan-rapport 1995, Geological Survey of Denmark and Greenland, Copenhagen, 153-165.

- Bøggild, O.B., 1918: Den vulkanske Aske i Moleret samt en Oversigt over Danmarks ældre Tertiærbjergarter. Danm. Geol. Unders. II Rk., 33, 159 sider.
- Bøggild, O.B., 1943: Danmarks Mineraler. Danm. Geol. Unders., II række, Nr. 71, 68 sider.
- Clausen, H. & Kronborg, C., 2001: En kvartærgeologisk model for dannelsen af Thyholm og Jegindø. Aarhus Universitet, 22 pages + appendices.
- Cappelen, J. 2009: Ekstrem nedbør i Danmark - opgørelser og analyser november 2009. Teknisk rapport 09-13. DMI. København 2009. 34 pages.
- Cappelen, J., P. Frich, and S. Rosenørn, S. 1989: The climate of Denmark 1988. Danish Meteorological Institute, Copenhagen.
- Cappelen, J. & Scharling, M. 2010: Mere – og mere intens – regn over Danmark. (Red.: N. Hansen) www.dmi.dk/dmi/mere_-_og_mere_intens_-_regn_over_danmark. DMI, 30. august 2010
- Climate Institute: <http://www.climate.org/index.html>
- Christiansen, C., J.T. Møller, and Nielsen, J., 1985: Fluctuation in sea-level and associated morphological response: examples from Denmark. *Eiszeitalter Gegw.*, 35, 89 – 108.
- Christensen, L. & Ulleberg, K., 1973: Sedimentology and micropaleontology of the Middle Oligocene sequence at Sofienlund, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, vol. 22, 283-305.
- DMI, 2010: Fremtidens klima. http://www.dmi.dk/dmi/index/klima/fremtidens_klima-2/ipcc.htm
- Dinesen, B., 1961: Salt Mineralvand fra Danmarks dybere Undergrund. Danm. Geol. Unders. IV række, Bd.4, nr. 6, 20 sider
- Dinesen, A., Michelsen, O. & Lieberkind, 1977: A survey of the Paleocene and Eocene deposits of Jylland and Fyn. *Geol. Survey of Denmark, Series B, No.1*, 15 sider.
- Ditlefsen, C., 1990: En Kvartærstratigrafisk undersøgelse på Thyholm. *Dansk Geol. Foren., Årsskrift for 1987-1989*, 55-69.
- Ditlefsen, C., Sørensen, J., Pallesen, T.M., Pedersen, D., Nielsen, O.B., Christiansen, C., Hansen, B. & Gravesen, P., 2008: Jordprøver fra grundvandsboringer. Vejledning i udtagning, beskrivelse og geologisk tolkning i felten. *Geo - Vejledning 1. GEUS*, 108 sider + bilag.
- Duun-Christensen, J.T., 1992: Vandstandsændringer i Danmark.- I : Miljøministeriet, 1992: Drivhuseffekt og klimaændringer – hvad kan det betyde for Danmark.
- Edelvang, K., Ahlstrøm, A., Andreasen, C.S., Andersen, S.B., Bennike, O., Hansen, J.M., Kuijpers, A., Larsen, B. (GEUS), Buch, E., Andersen, K. K., Madsen, K. S. (DMI), 2012: Ændringer i havniveauet de næste 100-200 år. Notat til Klima-, Energi- og Bygningsministeriet. <http://www.geus.dk/>
- Ernstsen, V., 1998: Clay minerals of clayey subsoils of Weichselian Age in the Zealand - Funen area, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denm.* Vol. 45, 39-51.
- Ernstsen, V. (ed.), 2004: Afprøvning af undersøgelsesmetoder med henblik på etablering af et zoneringskoncept for danske lerjorde: Statusrapport. *GEUS & DJF*, 25 pages + 12 appendices.
- Fenger, J., Buch, E. & Jakobsen, P.R., 2001: Monitoring and Impacts of Sea Level Rise at Danish Coasts and Near Shore Infrastructures.- I: Jørgensen, A.M.K., Fenger, J. og Halsnæs, K. (Red.): *Climate Change Research, DMI*, 237-254.

- Forchhammer, J.G., 1841: Resultaterne af en Undersøgelses-Rejse i Jylland, hvis nærmeste Hensigt var at samle Efterretninger om Jordskjælvet af 3. April 1841. Oversigt K.D: Vidensk. Selsk. Forhandl., 14-15.
- Forchhammer, J.G., 1869: Jordskjælvet den 3die April 1841. Samling til Jydsk Historie og Topografi Bd II, 210-229.
- Fredericia, J., 1990. Saturated Hydraulic Conductivity of Clayey Tills and the Role of Fractures. *Nordic Hydrology*, 21(2), 119-132.
- Fredericia, J. & Gravesen, P., 1983: Geologisk basisdatakort 1216 III Farsø. Nordjyllands amtskommune, Danm. Geol. Unders.
- Fredericia, J., 1989: Den hydrogeologiske kortlægning af Nordjyllands Amt. Geologisk rapport. Nordjyllands Amt, 231 sider + Bilag.
- Frich, P.; Rosenørn, S.; Madsen, H. and Jensen, J.J., 1997: Observed Precipitation in Denmark, 1961-90. DMI Technical Report 97-8
- Friis, H., 1994: Lithostratigraphy and sedimentary petrography of the Oligocene sediments from the Harre borehole, Denmark. *Aarhus Geoscience*, Vol. 1, 35-43.
- Frykman, P., 2001: Spatial variability in petrophysical properties in Upper Maastrichtian chalk outcrops at Stevns Klint, Denmark. *Marine and Petroleum Geology* 18, 1041-1062.
- Gravesen, P., 1989: Geologisk Basisdatakort 1116 II Nykøbing Mors. Viborg Amtskommune. Danm. Geol. Unders.
- Gravesen, P., 1989: Geologisk Basisdatakort 1115 I Struer. Viborg Amtskommune. Danm. Geol. Unders.
- Gravesen, P., 1989: Geologisk basisdatakort 1116 III Thyborøn. Viborg amtskommune. Danm. Geol. Unders.
- Gravesen, P., 1993: Geologisk kort over Danmark. 1:50.000. Kortbladet 1116 II Nykøbing Mors. Geologisk basisdatakort. Danm. Geol. Unders. Kortserie Nr. 21, 3-6 + kort.
- Gravesen, P., 1993: Geologisk kort over Danmark. 1:50.000. Kortbladet 1115 I Struer. Geologisk Basisdatakort. Danm. Geol. Unders. Kortserie nr. 22, 3 pages + kort.
- Gravesen, P., 1993: Geologisk kort over Danmark. 1:50.000. Kortbladet 1116 III Thyborøn. Danm. Geol. Unders. Kortserie nr. 19. 3-5, + kort.
- Gravesen, P. & Pedersen, S.A.S., 2005: De geologiske forhold ved Risø. Redegørelse udarbejdet på basis af eksisterende data. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2005/30, 40 sider.
- Gravesen, P. & Pedersen, S.A.S., 2009: Vurdering af lerforkomster i Danmark med henblik på anvendelse i cement. Danm. og Grønl. Geol. Unders. Rapport 2009/85, 25 sider.
- Gravesen, P., Jakobsen, P.R., Binderup, M. & Rasmussen, E.S., 2004: Geologisk set - Det sydlige Jylland. En beskrivelse af områder af national geologisk interesse. GEUS, Geografforlaget, Skov- og Naturstyrelsen, 188 sider.
- Gravesen, P., Jakobsen, P.R., Kelstrup, N. & Ernten, V., 1999: Kortlægning af radon i danske jordarter 1. Indsamling af grunddata. Danm. og Grønl. Geol. Unders. Rapport 1999/81, 52 sider + bilag.
- Gregersen, S., Hjelme, J. & Hjorten E., 1998: Earthquakes in Denmark, *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, Vol. 44, 115-127.
- Gregersen, S., Wiejacz, P., Debski, W., Domanski, B., Assinovskaya, B., Guterch, B., Mäntyniemi, P., Nikulin, V.G., Pacesa, A., Puura, V., Aronov, A.G., Aronova, T.I., Grünthal, G., Huseby, E.S. & Sliupa, S., 2007: The exceptional earthquakes in Kali-

- ningrad District, Russia on September 21, 2004, Phys. Earth and Planet. Int., Vol. 64, 63-74.
- Grontmij/Carl Bro, 2008: Trin 1 kortlægning. Indsamling, sammenstilling og tolkning af eksisterende data og viden i indsatsområderne Ulbjerg, Hvam, Møldrup, Vammen og Ørum, dec. 2008, 170 sider.
- Gry, 1935: Petrology of the Paleocene Sedimentary Rocks of Denmark. Geol. Surv. of Denmark, II Series, No. 61, 171 sider.
- Hansen, J. M., Aagaard, T. & Binderup, M. 2011: Absolute sea levels and isostatic changes of the eastern North Sea to central Baltic region during the last 900 years. Boreas DOI: 10.1111/j.1502-3885.2011.00229.x.
- Hansen, J.M. & Håkansson, E., 1980: Thistedstrukturens geologi – et "neotektonisk" skoleeksempel. – Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1979, 1-9.
- Harboe, E.G., 1915: Meddelelser om jordskælv og Vulkanudbrud i Danmark med Bilande i Tidsrummet 1909-1913, Medd. Dansk Geol. For., 4, 395-424.
- Heilmann-Clausen, C., 1985: Dinoflagellate stratigraphy of the uppermost Danian to Ypresian in the Viborg 1 borehole, central Jylland, Denmark. Danm. Geol. Unders., Serie A, No.7, 69 sider.
- Heilmann-Clausen, C., 1995: Palæogene aflejringer over Danskekalken. I: Nielsen, O.B. (red.): Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompender Nr. 1. Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 69-114.
- Heilmann-Clausen, C., Nielsen, O.B. & Gersner, F., 1985: Lithostratigraphy and depositional environments in the Upper Paleocene and Eocene of Denmark. Bull. Geol. Soc. Denmark, vol. 33, 287-323.
- Heilmann-Clausen, C. & Surlyk, F., 2006: 10. Koralrev og lerhav. Naturen i Danmark. Geologien. Gyldendal, 181-226.
- Hintze, V., 1896: Jordskjælvet i Jylland den 16. december 1895, Medd. Dansk Geol. For., 3, 31-45.
- Hintze, V., 1902: Jordskjælvet i Thy og paa Mors den 16. August 1900, Medd. Dansk Geol. For, 8, 62-64.
- HOH Vand & Miljø, 1998: Ringkjøbing Amt. Kortlægning af magasinsammenhænge i Hvidbjerg-magasinet, Thyholm, 20 sider + Bilag.
- Houmark-Nielsen, 1987: Pleistocene stratigraphy and glacial history of the central part of Denmark. Bull. Geol. Soc. Denmark, Vol. 36, part 1-2, 187 sider.
- Håkansson, E. & Pedersen, S.A.S., 1992: Geologisk kort over den danske undergrund. VARV, 1992.
- IAEA, 1994: Siting of Near Surface Disposal Facilities. Safety Guides. Safety series no. 111-G-3.1, 37 sider.
- IAEA, 1999: Near Surface Disposal of Radioactive Waste. Requirements. IAEA Safety Standards Series No. WS-R-1, 29 sider.
- IAEA, 2005: Borehole Facilities for the Disposal of Radioactive Waste. IAEA Safety Standards Series, 102 sider.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability
- Jakobsen, P.R. & Pedersen, S.A.S, 1993: Geologisk opbygning af Junget molerfelt. DGU Kunderapport nr. 72, 1993, 30 sider + Bilag.
- Jakobsen, P.R., Klint. K.E.S. & Pedersen, S.A.S, 1994: Lerundersøgelser i Junget molerfelt, DGU Kunderapport nr. 62, 1994, 26 sider + Bilag.

- Japsen, P. & Langtofte, C., 1991: Geologisk kort over Danmark. 1:400.000. Det danske Basin. "Basis kalk" og Kalk Gruppen. Danm. Geol. Unders. Kortserie Nr. 29, 2 sider + maps.
- Jensen, H.E. & Jensen, S.E., 2001: Jordfysik og Jordbrugsmeteorologi – Det fysiske miljø for plantevækst. DSR Forlag, Frederiksberg C, Danmark.
- Jensen, J.B., 1985: Sen-Elster smeltevandsler – en mulig ledehorisont i det vestlige Jylland. Dansk Geol. Forening, Årsskrift for 1984, 21-35.
- Jensen, J.B. & Knudsen, K.L., 1984: Kvartærstartigrafiske undersøgelser ved Gyldendal og Kås Hoved i det vestlige Limfjordsområde. Dansk Geol. Foren. Årsskrift for 1983, 35-54.
- Johnstrup, F., 1870: Jordskjælvet i Sjælland den 28de Januar 1869. Oversigt K.D. Vidensk. Selsk. Forhandl., 1-32.
- Jørgensen P.R. and Fredericia, J., 1992. Migration of nutrients, pesticides and heavy metals in clayey till, *Géotechnique*, 42, 67-77.
- Jørgensen, P.R., Hoffmann, M., Kistrup, J.P., Bryde, C., Bossi, R. & Villholth, K.G., 2002: Preferential flow and pesticide transport in a clay-rich till: Field, laboratory, and modelling analysis *WRR*, 38(11), 28-1 – 28-11.
- Jørgensen, F & Sandersen, P.B.E., 2006: Buried and open tunnel valleys in Denmark—erosion beneath multiple ice sheets. *Quaternary Science Reviews* 25 (2006) 1339–1363.
- Jørgensen, F. & Sandersen, P., 2009: Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2007-2009. GEUS. Rapport udarbejdet i samarbejde med By- og Landskabsstyrelsen, september 2009, 374 sider
- Klint, K.E.S., 2001: Fractures in Glacigene Deposits; Origin and Distribution. Ph.D. Thesis. Danm. og Grøn. Geol. Unders. Rapport 2001/129, 40 sider + Bilag.
- Klint, K.E.S. & Gravesen, P., 1999: Fractures and Biopores in Weichselian Clayey Till Aquitards at Flakkebjerg, Denmark. *Nordic Hydrology*, Vol. 30, No. 4/5, 267-284.
- Klitten, K., 2003: Log-stratigrafi for Selandien Lellinge Grønsand formationen og Kerteminde Mergel formationen. *Geologisk Tidsskrift* 2003/2, 20-23.
- Knudsen, K.L., 1984: Foraminiferal stratigraphy in the marine Eemian-Weichselian sequence at Apholm, North Jutland, Bull. Geol. Soc. Denmark, Vol. 32, 169-180.
- Knudsen, K.L., 1985: Correlation of Saalian, Eemian and Weichselian foraminiferal zones in North Jutland, Bull. Geol. Soc. Denmark, Vol. 33, 325-339.
- Knudsen, K.L. & Lykke-Andersen, A.-L., 1982: Foraminifera in Late Saalian, Eemian, Early and Middle Weichselian of the Skærumhede I boring. Bull. Geol. Soc. Denmark, Vol. 33, 97-109.
- Kolderup, C.F., 1913: Norges jordskjælv med særlig hensyn til deres utbredelse I rum og tid, Bergens Museums Årbok, nr 8.
- Larsen, G. & Dinesen, A., 1959. Vejle Fjord Formation ved Brejning: Sedimenterne of foraminiferfaunaen (oligocæn-miocæn). Danm. Geol. Unders. II Series 82, 114 sider.
- Larsen, G., Frederiksen, J., Villumsen, A., Fredericia, J., Gravesen, P., Foged, N., Knudsen, B. & Baumann, J., 1988: Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse. Bulletin Dansk Geoteknisk Forening, nr. 1, 144 sider.
- Lehmann, I., 1956: Danske jordskjælv, Bull. Geol. Soc. Denmark, Vol. 13, 88-103.
- Madirazza, I., 1980: Postglaciale bevægelser i området ved Fjerritslev saltstruktur. – Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1979, 11-14.

- Madirazza, I., Jacobsen, B.H. & Abrahamsen, 1990. Late Triassic tectonic evolution in northwest Jutland, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, Vol. 38, 77-84.
- McKay, L. & Fredericia, J., 1995: Origin, distribution and hydraulic influence of fractures in clay-rich tills glacial tills. *Canadian Geotechnical Journal*, 32, 957-975
- McKay, L., Fredericia, J., Lenczewski, M., Morthorst, J. & Klint, K.E.S., 1999: Spatial variability of Contaminant Transport in a Fractured Till, Avedøre, Denmark. *Nordic Hydrology*, Vol 30, 4/5, 333-360.
- Mertz, E.L., 1924: Oversigt over De sen- og postglaciale Niveauforandringer i Danmark.- Danmarks geologiske Undersøgelse II Række , Nr. 41, 49 sider.
- Mikkelsen, H.E. & Olesen, J.E., 1991: Sammenligning af metoder til bestemmelse af potentiel vandfordampning. Statens Planteavlsforsøg. Beretning nr. S2157, 68 pages.
- Miljøcenter Ringkøbing, 2008: Kortlægning af grundvandsressourcen i Selde-Junget. Dokumnetationsrapport, Oktober 2008, 39 pages.
- Miljøministeriet (2010). Forslag til Vandplan 2010-15. Hovedvandopland 1.2 Limfjorden. By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet. Hearing version, October 2010
- Ministry of Environment, 2010: <http://www.miljoegis.min.dk>
- Naturbeskyttelsesloven, 1993. Skov- og Naturstyrelsen.
- Naturstyrelsen, 2012: Statslig udmelding til vandplanernes retningslinjer 40 og 41 vedr. byudvikling og Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD). Miljøministeriet, 13 sider + bilag.
- Nielsen, O.B. (red.), 1994: Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Tertiary sequence from the Harre borehole, Denmark. Department of Earth Sciences, Aarhus Geoscience, vol 1., 1994, Aarhus Universitet, 168 sider + bilag.
- Nielsen, O.B., 1994: Lithostratigraphy and sedimentary petrography of the Paleocene and Eocene sediments from the Harre borehole, Denmark. Aarhus Geoscience, Vol 1, 15-34.
- Nielsen, O.B. & Friis, H. & Korsbech, U., 1994: Lithology and lithostratigraphy of the Harre borehole, Denmark. Aarhus Geoscience, Vol. 1, 4-14.
- Nilsson, B., Sidle, R.C., Klint, K.E., Bøggild, C.E. & Broholm, K., 2001. Mass transport and scale-dependent hydraulic tests in a heterogeneous glacial till - sandy aquifer system. *Journal of Hydrology* 243, 162-179.
- Ovesen, N.B.; Iversen, H.L.; Larsen, S.E.; Müller-Wohlfeil, D.-I.; Svendsen, L.M.; Blicher, A.S. & Jensen, P.M., 2000: Afstrømningsforhold i danske vandløb. Faglig rapport fra DMU, nr. 340. Miljø- og Energiministeriet.
- Pedersen, D.L., 2004: En geologisk og hydrogeologisk undersøgelse af inhomogeniteter i moræner. Kandidatafhandling, Geologisk Institut, Københavns Universitet. Juni 2004. + Bilag.
- Pedersen, S.A.S., (ed.) 1989: Jordartskort over Danmark 1:200.000. Four maps: Nordjylland, Midtjylland, Syddjylland og Fyn, Sjælland, øer og Bornholm. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1989.
- Rasmussen, E.S., 1995: Vejle Fjord Formation: Mineralogy and geochemistry. *Bull. Geol. Soc. Denmark* Vol 42, 57-67.
- Rasmussen, E.S., 2004: Stratigraphy and depositional evolution of the uppermost Oligocene-Miocene succession in western Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark* Vol. 51, 89-109.

- Rasmussen E.S., Dybkjær, K. & Piasecki, S., 2010: Lithostratigraphy of the Upper Oligocene-Miocene succession of Denmark. Bull. Geol. Surv. Denm. and Greenl. Vol. 22, 92 sider + Bilag.
- Rasmussen, L.Aa. & Petersen, K.S., 1986: Geologisk kort over Danmark. 1:50.000. Kortbladet 1215 IV Viborg. Danm. Geol. Unders. Kortserie nr. 1, 2 sider + kort.
- Rasmussen, L.Aa., Madsen, B. & Villumsen, A., 1978: Hydrogeologisk kortlægning af Viborg amtskommune. Danm. Geol. Unders., 101 sider + kort..
- Region Midtjylland, 2008: Råstofplan 2008 for Region Midtjylland, 36 sider + kort.
- Ringkjøbing Amt, Nordjyllands Amt, Århus Amt and Viborg amt, 2004: Basisanalyse Part 1 Basisanalyse for oplandet til Limfjorden, Del 1. Karakterisering af vandforekomster og opgørelse af påvirkninger. Vanddistriktsmyndighed 65, 76 og 80.
- Sandersen, P.B.E. & Jørgensen, F. (2003). Buried Quaternary valleys in western Denmark—occurrence and inferred implications for groundwater resources and vulnerability. *Journal of Applied Geophysics* 53 (2003) 229– 248
- Scharling, P., Rasmussen, E.S., Sonnenborg, T.O., Engesgaard, P., Hinsby, K., 2009: Three-dimensional regional-scale hydrostratigraphic modeling based on sequence stratigraphic methods: a case study of the Miocene succession in Denmark. *Hydrogeology Journal*, Online First, DOI 10.1007/s10040-009-0475-6
- Seifert, D., Sonnenborg, T.O., Scharling, P., Hinsby, K. (2008). Use of alternative conceptual models to assess the impact of a buried valley on groundwater vulnerability. *Hydrogeology Journal*, 16, 659–674.
- Sidle, R.C., Nilsson, B., Hansen, M. & Fredericia, J., 1998: Spatially varying hydraulic and solute transport characteristics of a fractured till determined by field tracer tests, Funen, Denmark. *Water Resources Research*, Vol. 34, No. 10, 2515-2527.
- Skov – og Naturstyrelsen, 1989: Noget om ler. Kvalitetsserie 4, Miljøministeriet, 88 sider.
- Sonnenborg, T.O.; Christensen, B.S.B.; Roosmalen, L. van; & Henriksen, H.J., 2006: Klimaændringers betydning for vandkredsløbet i Danmark. Danm. og Grøn. Geol. Unders. Rapport 2006/22. GEUS, 75 sider.
- Sorgenfrei, Th. & Buch, A., 1964: Deep Tests in Denmark 1935-1959. Danm. Geol. Unders. III række, nr. 36, 146 + bilag.
- Struer Kommune, 2012: Samlende notat med fokus på særlige forhold i området på Thyholm, der er udpeget som potentiel lokalitet for et atomaffaldsdepot, 2 sider + supplerende materiale og figurer.
- Sundhedstyrelsen, 1987: Radioaktive stoffer i drikkevand. SIS, 23 sider.
- Tank, R.W., 1963: Clay Mineralogy of some Lower Tertiary (Paleogene) sediments from Denmark. Danm. Geol. Unders., IV ser., no. 9, 45 sider.
- Thomsen, E., 1995: Kalk og kridt i den danske undergrund. I: Nielsen, O.B.(red.): Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompender Nr. 1, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 31-67.
- Troldborg, L., Jensen K.H., Engesgaard, P., Refsgaard, J.C., Hinsby, K., 2008: Using Environmental Tracers in Modeling Flow in a Complex Shallow Aquifer System *Journal of hydrologic engineering*, 13(11), 1037-1048.
- Vejbæk, O. V., 1997: Dybe strukturer i danske sedimentære bassiner.- Dansk Geologisk Forenings Nyheds og informationskrift, hæfte 4, 1- 31.
- Vejbæk, O.V. & Britze, P., 1994: Geologisk kort over Danmark 1:750.000. Top præ-Zechstein (to-vejs løbetid og dybde). Danm. geol. Unders, Kortserie nr, 45, 3-8 + kort.

Viborg amt, 2006: Dokumentationsrapport for Selde-Junget. Område med særlige drikkevandsinteresser (OSD-13). Selde, Jungert og Thorum, 49 sider.

Hjemmesider

www.miljoeportalen.dk

www.kulturarv.dk

www.dmi.dk

www.geus.dk

www.isc.ac.uk

www.emec.gfzpotsdam.de/pub/EMEC_Online/emec_online_frame.html

12. Bilag

Bilag A: Notat fra Struer Kommune (2012)

Bilag B: Boreprofil for DGU nr. 45.882

Bilag C: Skema over datagrundlag for bindinger

Bilag D: Bindinger i området

12.1 Bilag A



Samlende notat med fokus på særlige forhold i området på Thyholm, der er udpeget som potentiel lokalitet for et atomaffaldsdepot

Notatet er udarbejdet efter afholdt teknikermøde med GEUS og Dansk Dekommissionering den 14. august 2012 på Struer Rådhus.

Notatet beskæftiger sig med følgende emner: Naturforhold, grundvandsforhold, råstofinteresser, landskabsforhold samt andre forhold herunder placering af atomaffaldsdepotet på Thyholm ud fra en planlægningsmæssig og sociologisk synsvinkel.

Naturforhold

Det udpegede område støder op til et primært havbaseret Natura 2000-område (Nr. 28 Agger Tange, Nisum Bredning, Skibsted Fjord og Agerø), dog er landområdet ved Munkholm Odde og Katholm Odde på den nordlige del af Thyholm en del af området.

Det fremgår af lovgivningen at Natura 2000-områder og de dertil knyttede arter er strengt beskyttede. Det er et krav, at der foretages en vurdering af om planer og projekter kan tænkes at påvirke Natura 2000-områder (herunder de tilknyttede fuglearter) – det gælder også for projekter, som ligger uden for Natura 2000-områder. Projekter, der ikke kan afvises at ville skade et Natura 2000-område kan ikke tillades efter Habitatbekendtgørelsen.

Den øvrige beskyttede natur iht. naturbeskyttelsesloven, udpegede lavbundsområder samt potentiel natur er knyttet til det udpegede områdes kystområder.

Grundvandsforhold

Hovedparten af det udpegede område ligger i område uden drikkevandsinteresser, dog ligger den sydligste del inden for et område med drikkevandsinteresser.

Nærmeste vandværk er Thyholm Private Fælles Vandværk, der ligger syd for området i en mindste afstand på 1.500 m. Grundvandsstrømningen i området er nordøst og der foregår hermed ingen strømning mod vandværket.

Der er én enkeltindvinder (Grøndalvej 21), men ingen markvandingsboringer inden for området.

Råstofinteresser

I den sydvestlige del af området er der i Råstofplan 2012 udpeget et råstofgraveområde. Der er pt. ingen tilladelser til indvinding af ler i graveområdet.

Landskabsforhold

Der er i forbindelse med kommuneplanarbejdet gennemført en landskabsanalyse af hele kommunen. Analysen skal danne grundlag for udpegning og opstilling af retningslinjer for beskyttelse af landskabelige værdier i kommuneplanen.

Struer Kommune bruger it i sagsbehandlingen. Derfor skal kommunen følge persondataloven og gøre dig opmærksom på dine rettigheder efter denne lov: Når kommunen indsamler og eller behandler personoplysninger om dig, har du ret til at få indsigt i disse oplysninger og gøre indsigelse, hvis oplysningerne er forkerte. Kommunen skal slette ændre forkerte oplysninger. Vil du vide mere om persondataloven, kan du læse en udførlig vejledning på Datatilsynets hjemmeside: www.datatilsynet.dk

TÆT PÅ MENSKER, TEKNOLOGI OG NATUR

Side 1 af 2



I det udpegede område lægger landskabsanalysen op til en særlig beskyttelse af de kystnære landskaber, således at de træk og oplevelser, der karakteriserer landskaberne, skal søges bevaret og forbedres og der må ikke ske ændringer, der forringer landskabskarakteren.

Andre forhold

De indledende forstudier til placering af et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald har peget på 22 mulige lokaliteter og har primært været baseret på geologiske og hydrogeologiske kriterier.

Fokus på geologiske/hydrogeologiske præmisser har i denne fase været nødvendig, men ligeså vigtigt er det i efterfølgende faser at supplere med andre præmisser af betydning for projektets samlede bæredygtighed.

Udpegningen til næste fase af lokaliseringsprocessen af 6 lokaliteter, der findes lidt bedre egnede end de 16 øvrige lokaliteter, har ligeledes primært været baseret på geologiske og hydrogeologiske kriterier.

I stedet burde andre parametre af planlægningsmæssig og sociologisk karakter tages i betragtning.

Ud fra disse kriterier synes en beslutning om udflytning fra Risø uhensigtsmæssig.

Risø og omgivende samfund ved Roskilde har igennem årene vist sig at være tilstrækkeligt samfundsmæssigt robuste til at kunne rumme en atomaffalds-aktivitet, medens der er al mulig grund til at betvivle at en alternativ placering på samme måde vil kunne rumme den.

Samfundet omkring Risø er i dag karakteriseret ved store og kulturbærende aktiviteter på såvel undervisnings- som kulturområdet. Et samfund som det berørte ved Hvidbjerg besidder ikke det større samfunds robusthed og bæredygtighed, men udgør en mere omsiggribende, følsom og påvirkelig struktur.

Struer den 24. oktober 2012



Jørgen Jensen
Teknik direktør

12.2 Bilag B

Boreprofil for boring:

DGU nr. 45.882

Boring

Brøndborerfirmaet Poul Christiansen A/S Højslev har udført boringen. Boringen er boret med følgende metode: Der er boret med snegleboring de første 5-10 m. Derefter er der skiftet til lufthæve-metoden. Mejseldiameteren var 350 mm. Der blev udtaget gode prøver på en ½ - 1 liters størrelse. Der er udtaget en prøve for hver meter. Efter logning blev borerne sløjfet og fyldt fra top til bund med bentonit.

Borehulslogs

Der blev ikke udført borehulslog.



BORERAPPORT

DGU arkivnr: 45. 882

Borested : Hindselsvej
7790 Thyholm

Kommune : Struer
Region : Midtjylland

Boringsdato : 20/9 2012

Boringsdybde : 25,1 meter

Terrænkote : 13,67 meter o. DNN

Brøndborer : Poul Christiansen, Højslev

MOB-nr :

BB-journr :

BB-bomr :

Prøver

- modtaget : 28/9 2012 antal : 25

- beskrevet : 29/10 2012 af : PG

- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1116 IISV

Datum : EUREF89

Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor

UTM-zone : 32

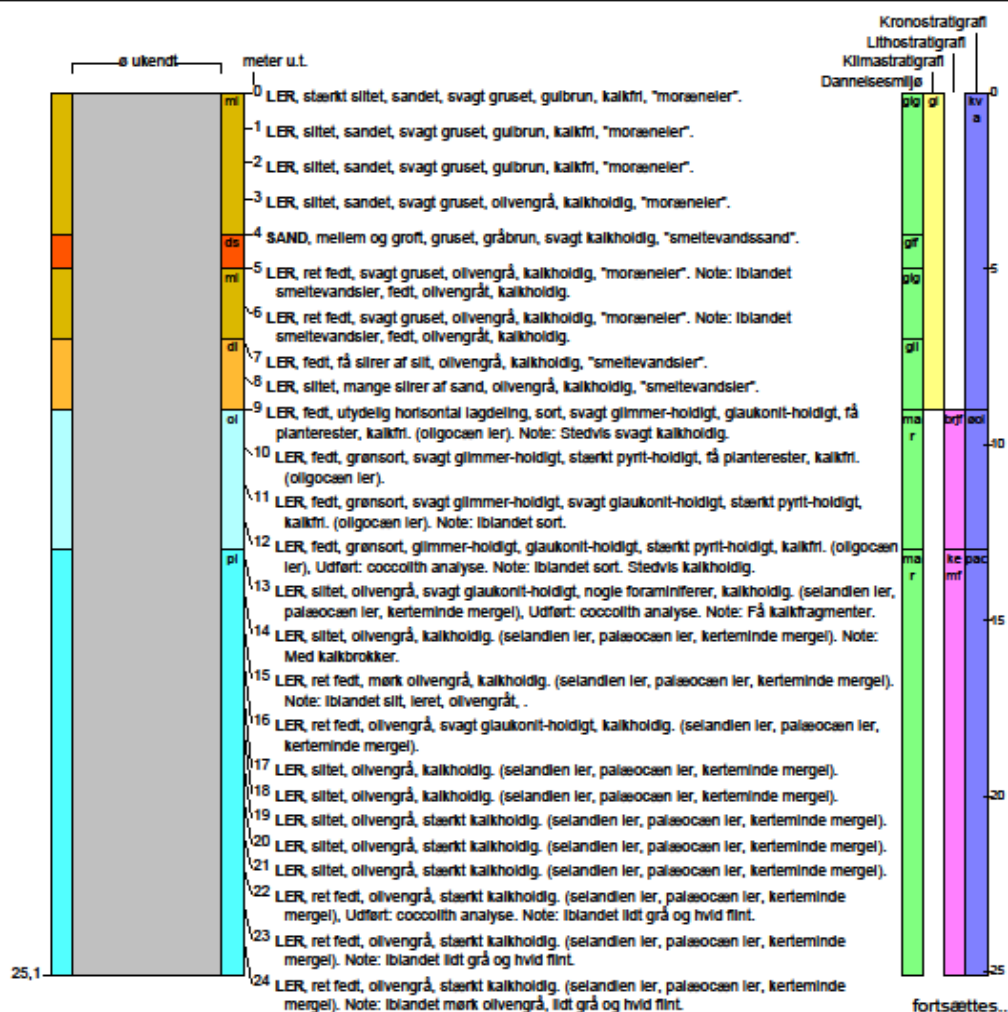
Koordinatkilde : Brøndborer

Boremetode :

UTM-koord. : 472533, 6279688

Koordinatmetode :

Notater : Nannofossiler undersøgt af Emma Sheldon, GEUS



Bilag B



BORERAPPORT

DGU arkivnr: 45. 882

Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)

meter u.t.		
0	- 4	glacigen - glacial - kvartær
4	- 5	glaciofluvial - glacial - kvartær
5	- 7	glacigen - glacial - kvartær
7	- 9	glaciolakustrin - glacial - kvartær
9	- 13	marin - øvre oligocæn (brejning formation)
13	- 25,1	marin - palæocæn (kerteminde mergel formation)

12.3 Bilag C

Kildeangivelse vedr. Deponering af radioaktivt affald fra Risø

Navn	Tema	Kilde
Potentielle områder		
Område 1, 4, 10, 17, 20, 21		Danmarks og Grønlands geologiske undersøgelse rapport 2011/51
Fredninger		
Fortidsminder		Kulturstyrelsen
Fredede områder		Danmarks Miljøportal
Statsfredning		Naturstyrelsen
Fredsskov		Digitalt matrikelkort, KMS
Planlægning		
Vedtagne lokalplaner		PlansystemDK, Naturstyrelsen
Vedtagne Kommuneplansrammer		PlansystemDK, Naturstyrelsen
Statsejede områder		
Statsejede områder		Udarbejde af Naturstyrelsen i forbindelse med vindmølleplacering.
Tekniske anlæg		
Vindmøller		Vindmøller over 10 m, Top10DK, KMS
Højspænding		Top10DK, KMS
Gastransmissionsnet		EnerginetDK
Geologi		
Råstofområder		Naturstyrelsen
Jordforurening		
Jordforurening V1		Danmarks Miljøportal
Jordforurening V2		Danmarks Miljøportal
Affaldsdepoter		Miljøstyrelsen
Drikkevandsinteresser		
Drikkevandsinteresser		Danmarks Miljøportal
Vandforsyningsboring		Jupitor-boringer, GEUS JUPITOR
Natura2000		
EF-fuglebeskyttelsesområder		Dansk Miljøportal
EF-habitat		Dansk Miljøportal
Ramsarområder		Dansk Miljøportal
Femern område		
Reservationsområde		Fra www.femern.dk, Anlægsfasen

Kildeangivelser til kort over arealbindinger (Naturstyrelsen, 2012)

12.4 Bilag D

Naturstyrelsen 2012

Beskrivelse vedr. Deponering af radioaktivt affald fra Risø Område 17 - Hvidbjerg Thyholm Limfjorden

<i>Bindinger i området</i>	<i>Binding</i>	<i>Notat</i>
Areal		
Område 17	632	Hektar
Fredninger		
Fortidsminder	Nej	
Fredede områder	Nej	
Statsfredning	Nej	
Fredsskov	Nej	
Planlægning		
Lokalplan	Nej	
Kommuneplan Rammer	1	Et teknisk område er omfattet rammeplanlægning.
Statsejede områder		
Statsejede områder	Nej	
Tekniske anlæg		
Vindmøller	3	
Højspænding	Nej	
Gastransmissionsnet	Nej	
Geologi		
Råstofområder	Ja	Et mindre område indeholder råstoffer i undergrunden.
Jordforurening		
Jordforurening V1	Ja	Et mindre område indeholder forurennet jord.
Jordforurening V2	Nej	
Affaldsdepoter	Nej	
Drikkevandsinteresser		
Særlige	Nej	
Almindelig	Ja	Et mindre del af området har drikkevandsinteresse.
Begrænsede	Ja	Resten af område har begrænset interesse.
Vandforsyningsboring	5	
Natura2000		
EF-fuglebeskyttelsesområder	Nej	
EF-habitat	Nej	
Ramsarområder	Nej	

De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland (GEUS)
Geological Survey of Denmark and Greenland

Øster Voldgade 10
DK-1350 København K
Danmark / Denmark

Telefon / Phone
Fax
E-post / E-mail
Internet

+45 38 14 20 00
+45 38 14 20 50
geus@geus.dk
www.geus.dk