

Til: Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse
Fra: GEUS - Peter Gravesen, Bertel Nilsson, Merete Binderup, Stig A. Schack Pedersen
Kopi til: -
Fortroligt: Nej
GEUS-NOTAT nr.: 05-VA-12-06

Dato: 9-10-2012

J.nr. GEUS: 539-00004

Emne: Risøområdet: Geologi og grundvand vurderet i forbindelse med slutdepotprojektet.

RESUME

Indledning

Risøområdet er udpeget blandt de 22 områder, der er undersøgt med henblik på egnethed som lokalitet for et slutdepot. Ved udpegningen i maj 2011 blev 6 af de 22 områder anbefalet til videre bearbejdelse. Risøområdet blev *ikke* udvalgt blandt de 6 områder. Begge udpegninger skete på grundlag af *eksisterende* informationer og data.

Det centrale udvælgelseskriterium var, at der inden for området fandtes finkornede uforstyrrede aflejringer/bjergarter med ringe vandgennemstrømning. De skulle samtidig være mere end 50 m tykke og havde stor horisontal udbredelse. De finkornede aflejringer/bjergarter skal kunne omslutte eller underligge et slutdepot og dermed medvirke til at tilbage holde eventuelle lækager. Kriterierne må forventes at være opfyldt for ældre finkornede lerlag og uopsprækket grundfjeld.

Ved udpegningen af de 6 af de 22 områder blev der også lagt vægt på en række andre geologiske og grundvandsmæssige karakteristika, som blev vurderet nærmere (Gravesen et al. 2011 b,c,d,e).

- På selve Risø halvøen, hvor Forsøgsstation Risø ligger, består de kvartære lag af blandet materiale med sandlag i istidslerlagene, og de finkornede lerlag fra det ældre tidsafsnit Selandien er kun 2 meter tykke. Desuden har de ældre lerlag en meget begrænset horisontal udbredelse.
- Inden for det smalle kystområde vest for Frederiksborgvej er Selandien lerlagene mod nord op til ca. 20 tykke, mens de mod syd er op til 30 m tykke. Det vides ikke om lagene er sammenhængende.
- Inden for landområdet øst for Frederiksborgvej er lagene op til 20 m tykke, men de har begrænset sammenhængende udbredelse i området, og findes ikke mod nord og øst.
- Samtidig ligger de underliggende vandførende kalklag højt i området med nærliggende vigtige indvindingsinteresser til Hovedstadsområdet (Marbjerg og Brokilde Kildepladser).

I forhold til de anvendte karakteristika ved udpegningen placerede Risøområdet sig blandt de mindst egnede områder ud af de 22 områder.

Nedenfor følger resumeet om de geologiske og grundvandsmæssige forhold.

De øverste og yngste geologiske lag

På Risø halvøen og langs kysten er de yngste ferskvandsaflejringer fra postglacial tid op til 4 m tykke. De består af især af tørv, gytje og sand. Herunder findes postglaciale havaflejringer af gytje, ler og sand, som kan være 7 m tykke.

De øverste jordlag fra istiderne varierer en hel del i tykkelse fra 40-50 m på Risø halvøen, ca. 17-30 m på kystområdet til 10-25 m på landområdet omkring og øst for Frederiksborgvej. Jordlagene består mest af moræneler og smeltevandsler, men lag af smeltvandssand og -grus forekommer i op til 4 m's tykkelse. Stedvist veksler lagene en del, og lagene er heterogene både med hensyn til sammensætning og strukturer.

De ældste geologiske lag

De ældre prækvartære lag fra tidsafsnittene Danien og Selandien varierer også i tykkelse og udbredelse bl.a. på grund af de forkastninger, der skærer gennem lagene (se nedenfor). De yngste Selandien lag er fra 2 m på Risø halvøen til 20-30 m tykke i kystområdet og landområdet. De består af finkornet gråt ler og kalksten både som tykkere lag, men ofte også som vekslende tynde lag (kaldes Grønsandskalk og ler). Disse aflejringer er ikke til stede i hele området. Kalklagene og de vekslende ler-kalklag er permeable og danner basis for vandindvinding primært til Hovedstadsområdet. De hvide Danien kalklag findes under alle de andre aflejringer i hele området.

Forkastninger og jordskælv

En forkastningszone med to forkastninger er påvist i de prækvartære lag under Risø (Risø Forkastningen). En anden forkastningszone er påvist i de prækvartære lag ved den østlige grænse af Risø (Roskilde Forkastningen). Det er ukendt, om forkastningerne strækker sig op i de overliggende kvartære aflejringer.

De to forkastningszoner i de prækvartære aflejringer: Risø og Roskilde Forkastningerne kan også erkendes uden for Risø's areal. De har derfor regional geologisk betydning og har betydning for det overordnede forløb af Roskilde Fjord.

Der er registreret nutidig jordskælvsaktivitet, som muligvis kan sættes i relation til forkastningszonerne bl.a. syd for Roskilde.

Grundvandsforhold

Det primære grundvandsmagasin, hvorfra der indvindes grundvand, er Danien og Selandien aflejringer. De overliggende finkornede aflejringer (moræneler og finkornede smeltevandsaflejringer) er med til at danne et grundvandsmagasin med "spændt vandspejl" i de øverste morænelerslag. Den overordnede grundvandstrømning er mod vest mod Roskilde Fjord fra kildepladserne ved Marbjerg og Brokilde vandværker. Det er ukendt hvorledes oppumpning på kildepladserne muligvis kan påvirke grundvandets strømningsforhold mellem kildepladserne og Risøhalvøen.

Drikkevand og indvinding

Langs kysten til Roskilde Fjord er området klassificeret som Område med Drikkevandsinteresser (OD-områder), og det strækker sig ca. 1,5 km mod øst fra Frederiksborgvej. Øst herfor findes Område med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD-Områder), hvor de vigtige kildepladser til Marbjerg og Brokilde Vandværker ligger. De hører under Københavns Energi's vandforsyning til Køben-

havn. De to kildepladser ligger ca. 3-3.5 km fra Risøhalvøen og har en samlet årlig oppumpning på 2- 2,5 mill. m³ grundvand.

Klimaændringer og havniveaustigninger

Et eventuelt stigende havniveau vil overskylle dele af Risø's lavtliggende område rundt om halvøen og langs kysten. Et stigende havniveau vil ændre på balancen mellem ferskvand og havvand i kystzonen. Stigende nedbør vil ligeledes påvirke denne balance. Et stigende havniveau kan påvirke erosion af kysten og kombineret med ekstreme stormhændelser og oversvømmelser, kan der ske en øget nedbrydning og borttransport af materiale.

1. Indledning

I forbindelse med forstudierne for at finde et egnet sted til at placere det radioaktive affald fra Atomforsøgsstation Risø, er der peget på 22 områder, hvoraf Risø er et af dem. Risø er på baggrund af de kriterier, der er beskrevet i Gravesen et al., (2011 c, d, e), *ikke* et af de 6 områder, som Folketingets partier vedtog at gå videre med i det kommende arbejde for at finde en egnet permanent slutdepotlokalitet for affaldet. Nedenfor findes en gennemgang af forholdene ved Risø, som er baseret på Gravesen & Pedersen (2005) og Gravesen et. al. (2011 a, b, c, d, e), dvs. at gennemgangen er baseret på *eksisterende* data og sammenstillinger.

2. Området

Terræn

Risø området ses på fig. 1. Området ligger ud mod Roskilde Fjord, ca. 2,5 km nord for Roskilde på begge sider af Frederiksborgvej 399. Ved beskrivelsen kan området opdeles i halvøen, kystområdet og landområdet.

Den østlige del af *halvøen* er lavtliggende fra omkring kote 0 og +1 m nær fjorden til omkring kote + 2 - 3,5 m ind mod kystområdet (Fig. 1). Der er desuden et højtliggende område yderst på halvøen mod vest, som når op i ca. kote + 8,5 m samt et mindre område øst herfor, der når op i kote + 5,5 m. Inden for *kystområdet* stiger landskabet jævnt fra vest mod øst fra kote 0 til ca. + 2,5 til + 3 m, hvorefter der er et stedvis stærkt stigende terræn op til kote +13 m ved Frederiksborgvej.

Landområdet, som er en forsættelse af kystområdet, når stedvis op til kote + 19 m, men der er flere steder små lavninger, hvoraf nogle er vandfyldte.

Overfladegeologi

Det geologiske kort (Fig. 2) viser fordelingen af jordarter ned til ca. en meters dybde. Der træffes moræneler fra istiden, postglaciale havaflejringer og postglaciale ferskvandsaflejringer fra tiden efter istiden samt et mindre område med smeltevandssand og - grus fra istiden.

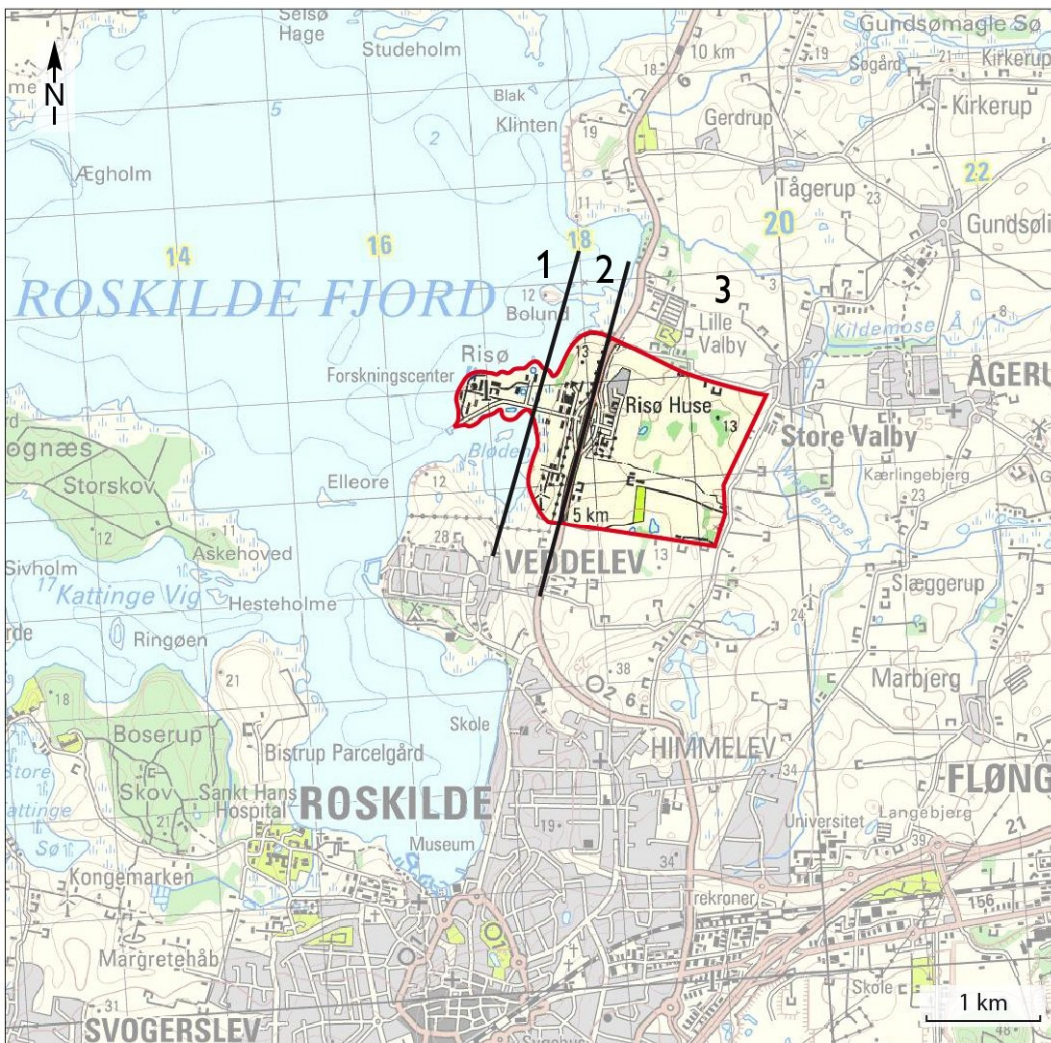
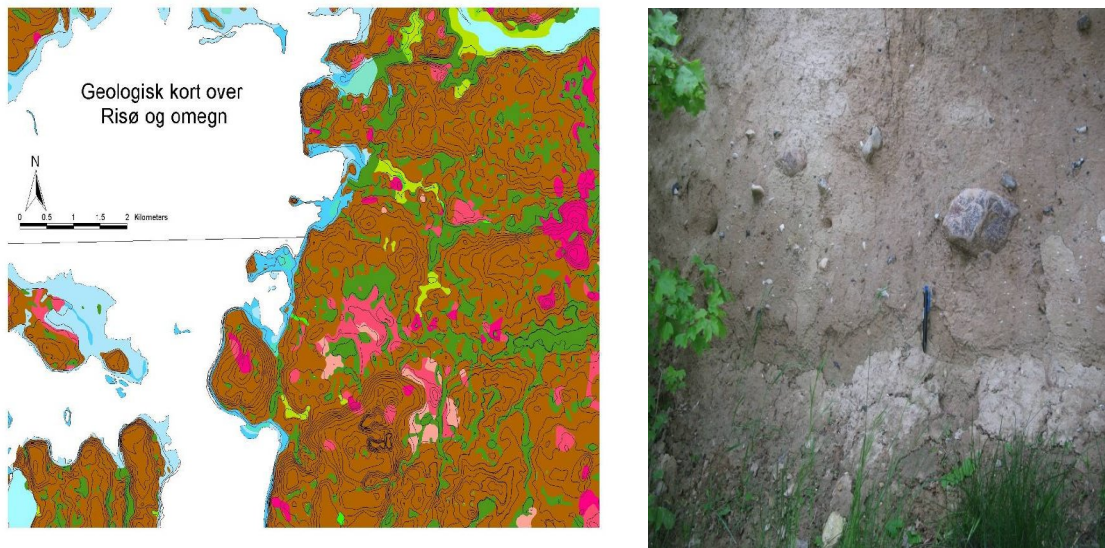


Fig.1. Oversigtskort over Risø. Området kan opdeles i tre zoner: 1. Halvøen, 2. Kystområdet (vest for Frederiksborgvej) og 3. Landområdet (øst for Frederiksborgvej). Områdes udbredelse er justeret efter nye oplysninger af OSD områdets udbredelse mod øst og syd.

På halvøen helt mod vest findes en kystklint langs det højtliggende område. Det åbne profil kan følges over en ca. 200 m lang strækning. Klinten er delvis sikret med store sten, og en del af klinten er tilgroet. Det er muligt at se et 2-3 m tykt profil øverst oppe i klinten.



A.

B.

Fig.2. A. Geologisk kort over Risø og omegn. Kortet viser jordarterne i 1 meters dybde. Legende: Brun: moræneler, rød: smeltevandssand og grus, grøn: postglaciale ferskvandsaflejringer, blå: postglaciale havaflejringer (Rørdam, 1899). B. Moræneler fra Risø halvøens kystklint mod vest.

De øverste meter består af brun muld over sandet, gulbrunt moræneler med en del grus og sten (Fig. 2B) Moræneleret er iltet, men kun udvasket i mindre grad, da der stadig kan ses et kalkindhold (som korn og findelt i matrix). Der ses en hel del vertikale sprækker og rødder, hvoraf de største strækker helt igennem profilet. Moræneleret synes umiddelbart meget ensartet gennem hele den ca. 200 m lange klint.

Bebyggelse

Udover Forsøgsstation Risø, som ligger på halvøen, huser området flere institutter fra DTU Risø, der især findes på kystområdet og DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ved Århus Universitet, som både findes på kystområdet og landområdet. På det mest af landområdet mod øst findes landbrugsejendomme.

Boringer

På halvøen, kystområdet og landområdet kendes omkring 150 boringer, heraf flest geotekniske boringer. De geotekniske boringer er almindeligvis kun få meter dybde, men der findes også 14 dybere undersøgelses- og vandforsyningsboringer.

3. Geologi - De kvartære aflejringer

Aflejringer fra tidsafsnittet Kvartær (istider og tiden efter istiderne) er de yngste og øverste aflejringer i området.

Halvøen

Udover de geotekniske borer, som giver detaljer om de kvartære lag, findes der 6 dybere boringer. Detaljer om de øverste jordlags sammensætning er demonstreret i to V-Ø profiler (Fig. 3 og 4). Profilerne viser de geologiske forhold på halvøen, kystområdet og den vestlige del af landområdet, hvor det er muligt på grundlag af datagrundlaget. De er således ikke nødvendigvis dækkende for resten af Risøområdet.

Postglaciale aflejringer (dannet efter sidste istid)

På halvøen findes der stedvist op til 4 meter tykke postglaciale ferskvandslag mellem kote - 4 og -7 m. De er aflejret i lavninger i morænelerterrænet i søer og sumpe og består af tørv, gytje, planterester (ved - og trærester), sand, samt kalkgytje i flere tilfælde med skalrester. Herover følger havaflejringer i form af gytje, ler, sand og grus ofte med indhold af skalrester, alt i tynde lag på op til ca. 7 meter. De fleste steder er de marine aflejringer dog kun få meter tykke, men kan findes helt op til omkring kote + 3,5 m (se også Mertz, 1924)(Figs. 3 og 4)

Istidsaflejringer

Istidslag i form af moræneler ligger forholdsvis højt i tre områder på halvøen: De træffes omkring kote + 8,0 m mod vest, i kote + 5,5 m øst herfor og i kote +1,0 m mod nord.

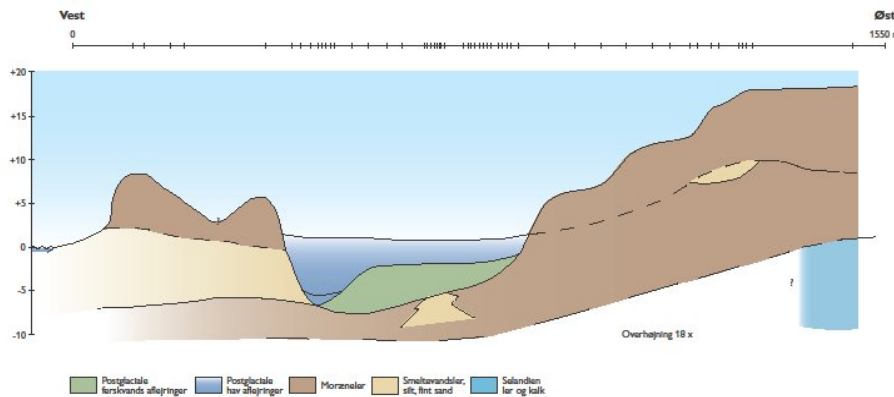


Fig. 3. Profilet vest-øst gennem den sydlige del af halvøen, kystområdet og den vestlige del af landområdet. I dele af profilet kan de kvartære aflejringer følges til større dybde end vist på figuren (Fra Gravesen & Pedersen, 2005). Overhøjning 18 X.

De øverste istidslag består af siltet, sandet, brungråt og olivengråt moræneler med vekslende indhold af grus og sten. Stedvis kan der aller øverst være moræneler med gul eller brun farve på grund

af iltning. Moræneleret er næsten altid kalkholdigt, d.v.s. at der ikke er sket en større kalkudvaskning efter istiderne. Lagtykkelser er på 5 – 10 meter.

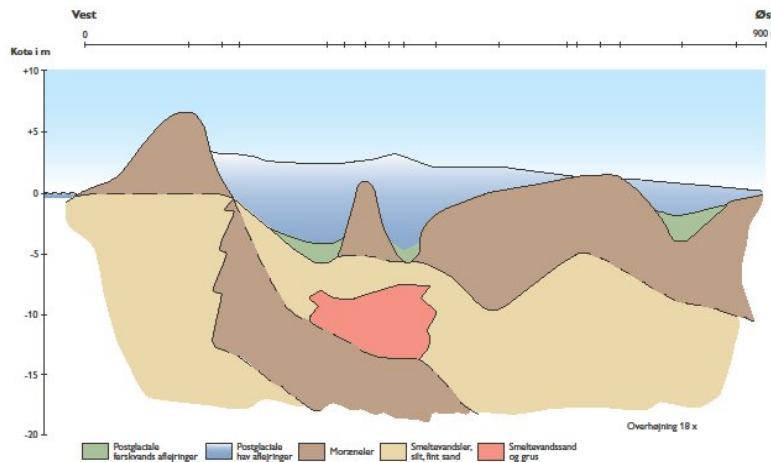


Fig. 4. Profil vest-øst gennem den nordlige del af halvøen. I dele af profilet kan de kvartære aflejring følges dybere ned end vist på figuren (fra Gravesen & Pedersen, 2005). Overhøjning 18 X.

Under det øvre moræneler træffes smeltvandsaflejringer. Der er forholdsvis tykke lag af siltet eller ret fedt, olivengråt smeltvandssilt, som undertiden veksler med smeltvandssilt og finkornet smeltvandssand i tynde lag. Lagene er alle kalkholdige. Tykkelserne er på op til omkring 15-20 meter. Nederst i lagfølgen træffes siltet, sandet, olivengråt moræneler med op til 4 m tykke grus- og stenslag samt stedvis tynde lag af morænesand og grus. Alle lag er kalkholdige, og lagtykkelser er på 10-15 meter. Lagene synes stedvis være forstyrret af istidens gletschere (glacialtektonik).

De vekslende kvartære lag kan blive op til i alt 50 m tykke, men er almindeligvis tyndere, omkring 40 m.

Kystområdet

I dette område findes der 4 dybere borer. I området langs kysten kan de kvartære istidslag nå en tykkelse på omkring 30 meter mod nord og op til 17 m mod syd. De kan opdeles i de samme tre enheder som er gældende for halvøen. Tykkelserne er: Øvre moræneler er 5-8 meter, smeltvandsaflejringer (især ler) er 2-7 meter og nedre moræneler er 5-8 meter. De marine postglaciale lag er tynde.

Landområdet

På landområdet, hvor 5 borer viser den geologiske opbygning, ligger terrænet op til kote + 18 m. Her dominerer istidslag i form af øvre moræneler med tykkelser på 10-25 meter, mens der findes

tynde lag mere grovkornede smeltevandsaflejringer af brungråt sand, grus og sten på op til 4 m især nederst i moræneleret ved grænsen til prækvartæret (Fig. 5). Mod øst bliver lagene tyndere, hvor de hviler på Danian kalk.

Samlet kan siges om de kvartære aflejringer, at de kan være op 50 m tykke, men er ofte tyndere. De er heterogene både indenfor de enkelte lag, men også i lagfølgens opbygning, hvor lerlag veksler med vandførende sand- og gruslag.

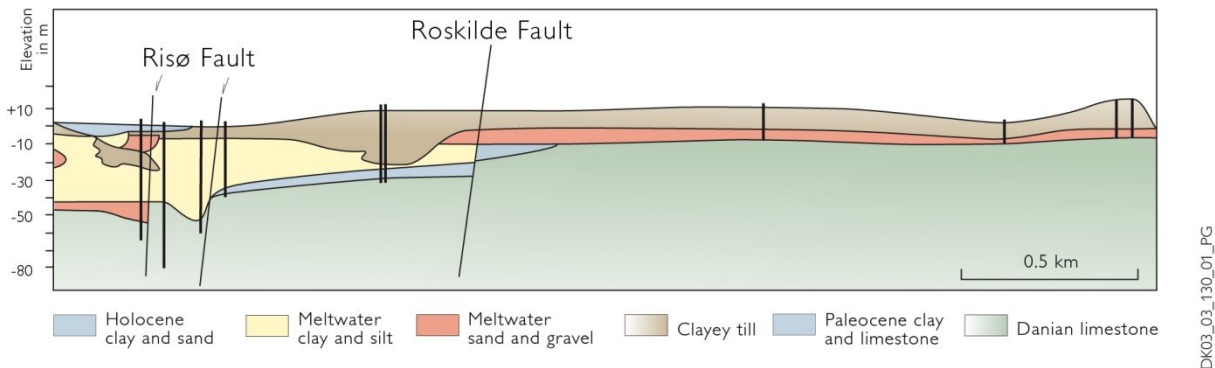


Fig 5. Geologisk tværprofil fra Roskilde Fjord, gennem den nordlige del af Risø fra halvøen og videre til landområdet. Bemærk en Overhøjning 6 X. Signaturer: Lyseblå: Postglacialt ler og sand, Gul: Smeltevandsler- og silt, Rød: Smeltevandssand- og grus, Brun: Moræneler, Blå: Selandien ler og kalk, Grøn: Danien kalk, Fault: Forkastning, Lodrette sorte linjer: Boringer.

4. Geologi - Selandien og Danien aflejringerne

Under de kvartære aflejringer følger de ældre lag fra tidsafsnittene Selandien og Danien (Palæocæn) (Fig. 5). Vurderingen af de prækvartære aflejringer er baseret på relativt få dybe boringer på Risø's areal og et område mod øst (DGU, 1979, Salinas, 1993, Gravesen & Pedersen, 2005).

Selandien

Under de kvartære lag følger stedvis lag fra Selandien (ældre del af Palæocæn, 61 - 59 mio. år gamle), som består af to hovedtyper af jordarter, der begge er aflejret i havet. Olivengråt finkornet til meget finkornet ler (Palæocænt ler) med siltstriber og et højt kalkindhold er den ene type, som ofte indeholder opbrudte kalkpartikler. Den anden type er en ret hård, leret kalk (Grønsandskalk). Begge typer indeholder det grønne mineral glaukonit, ofte i store mængder, og dette mineral anses for at være dannet i havet. De to typer kan både træffes som relativt tykke lag, og som tynde lag, der veksler med hinanden.

På halvøen er lagene fraværende eller kun få meter tykke. I kystområdet er aflejringerne mod nord op til ca. 20 m tykke, mens de mod syd er op til 30 m tykke. På landområdet er lagene op til 20 m tykke, men kiler ud og forsvinder mod øst. Aflejringerenes horisontale udstrækning styres af forkastninger og erosion, hvorfor de kun findes i dele af området.

Lagene udgør et vigtigt grundvandsmagasin, der kan yde store vandmængder.

Danien

Danien lagene er fra den ældste del af Palæocæn (66 - 61 mio. år gamle), og de er alle aflejret i havet og består af forskellige typer hvide og lysegrå kalkaflejringer med flintindhold. Kalksandkalk er en oftest hård, tæt bjergart, der kan være rig på grå og brungrå flint. Flint er en siliciumrig tæt bjergart. Slamkalk er blød og består af finkornet kalkslam med grå flint. Bryozokalk er en løs og blød bjergart, der indeholder fint kalkslam og mange bryozoaer (kolonidannende dyr) samt grå flint. Kalklagene ligger under Selandien lagene i dele af området, men ellers under de kvartære lag. Kalklagene er gode grundvandsmagasiner, der ofte kan yde store vandmængder.

Samlet om de ældre ler og kalklag kan siges, at Selandien lerlagene er op til 30 m tykke, men på halvøen kun 2 m tykke. Aflejringerne har ikke sammenhængende horisontal udbredelse, da de både er fraværende mod vest og øst. De underliggende vandfyldte Danien kalklag kan følges i hele området og videre over til indvindingsområderne ved Marbjerg og Brokilde.

5. Geologi - Strukturforhold

Til trods for det begrænsede antal boringer kan disse anvendes til at vise vigtige træk af den strukturelle opbygning, som også kan dokumenteres udenfor området.

Forkastninger i de ældre aflejringer

Grænsefladen mellem de kvartære aflejringer og de ældre prækvartære lag kaldes prækvartæroverfladen. Prækvartærkortet (Fig. 6) viser, at forkastningslinjen (Roskilde/Risø Forkastningen) ikke er en mindre lokal struktur, men en regional struktur, som løber næsten N-S (Fig. 5 og 6).

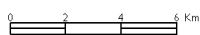
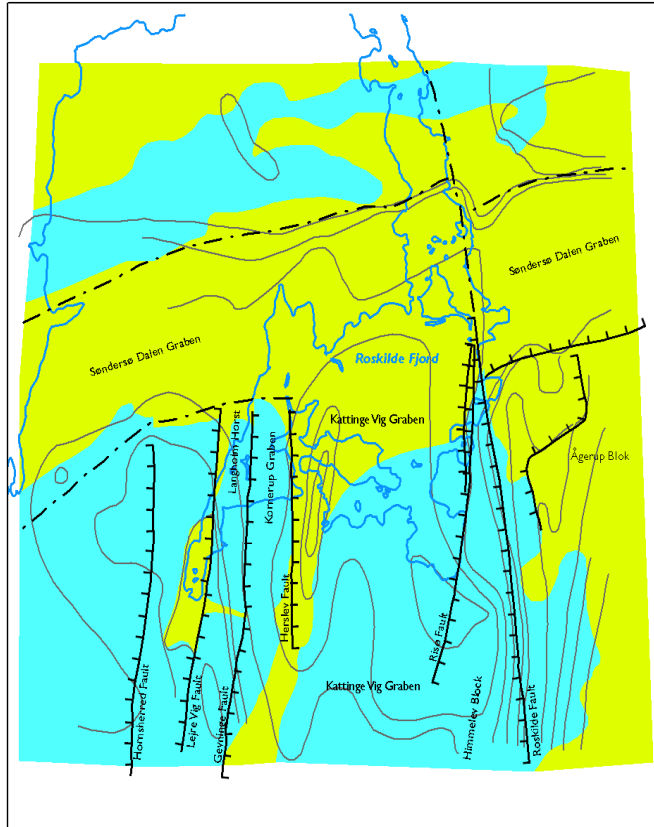
Hovedelementerne er to forkastningszoner (med normalforkastninger), som passerer N-S gennem området. En forkastning er en forskydning i jordlagene i vertikal eller horisontal retning. Her kan registreres vertikale forskydninger i lagene fra Danien og Selandien.

Roskilde Forkastningen har været kendt som et hovedelement i den strukturelle opbygning af lagene på Sjælland (Hovedstadsrådet, 1982, Bondesen, 1984) og kan følges nord og syd for Risø's område. Roskilde Forkastningen ligger længst mod øst omkring østgrænsen for Risø's område. Lagene vest for forkastningen er forsat (bevæget) nedad, og Selandien lagene kan træffes her. Lagene øst for forkastningen er forsat opad, og der træffes grænset Selandien lag og ellers kun Danien lag. Der er en forskel på omkring 10 meter (kaldes springet) mellem lagene på de to sider af forkastningen.

Mod vest er påvist to tætliggende forkastninger, kaldet Risø Forkastningen, som er forskydninger i Danien lagene. De ligger under Risø halvøen og skærer ind under syddelen af Risø's område. Begge forkastninger kan genfindes i området samt yderligere mod nord, hvor de løber sammen og mod syd (Fig. 5).

Forkastningerne kan ikke følges op i de kvartære lag bedømt ud fra de eksisterende oplysninger, og det kan derfor ikke bestemmes, om der sker nutidige bevægelser af betydning i lagene (neotektonik).

Det er heller ikke ud fra de foreliggende oplysninger muligt at udtale noget præcist om de strukturelle forhold internt i de kvartære lag, men strukturer bestemt ud fra boringer på halvøen kan antyde forstyrrelser af lagene på grund af oppresninger fra gletscheris (glaciale tektoniske påvirkninger).



1:150000



GEUS



Fig.6. Oversigtskort over forkastninger og jordarter på prækvartæroverfladen for den sydlige del af Roskilde Fjord (Fra Gravesen & Pedersen, 2005). Kortet viser et omfattende net af N-S og Ø-V orienterede forkastninger.

De dybereliggende geologiske lag er beskrevet ud fra geofysiske undersøgelser og forholdsvis få boringer, som er sammenstillet og tolket. Oplysningerne er overvejende frembragt i forbindelse med olie- og gasefterforskning. Kortlægning af de dybereliggende strukturer viser en forkastningszone N-S fra det sydlige Sjælland og til Risø beliggende tæt på samme sted som Roskilde Forkastningen (Vejbæk, 1997).

Nuværende registrerede landændringer

Kort - og Matrikelstyrelsen's opmålinger af landniveauændringer viser, at der i området omkring Risø sker en relativ landhævning på mellem 0,35 og 0,40 mm pr. år (Duun-Christensen, 1992).

Den mest markante landændring skyldes isostastiske hævnings af landområdet, der vurderes gennem de sidste 900 år inkluderende den nuværende at ligge på omkring 0,50 mm pr. år for Risø i området (Hansen et al., 2011).

Disse små bevægelser kan antagelig tilskrives langsomme bevægelser langs brudzoner i undergrunden, og de sker i et kompliceret og uforudsigeligt samspil i relationen mellem de danske aflejringsbassiner og den Fennoskandiske randzone.

Jordskælvsaktivitet

Jordskælvsaktiviteten måles på de seismiske stationer i Danmark med hensyn til lokalisering, tidspunkt og størrelse. Jordskælvsaktiviteten i Danmark er lille i forhold til andre steder i verden, og i perioden 1929-2001 er der kun registreret få jordskælv, som kan sættes i relation til Risø områdets geologiske strukturer.

Den seismiske uro i omegnen af Risø udgøres af tre-fire jordskælv, som antagelig kan henregnes til forkastningskomplekset Roskilde – Risø og fortsættelsen af dette mod syd. Det er imidlertid vanskeligt at relatere et jordskælvs epicenter med forkastninger i undergrunden. De jordskælv, der er målt i Risø's omegn, ligger mellem 1,7 og ca. 1,9 på Richter - skalaen, altså i den lave ende, men dog mærkbare. Ud over de registrerede jordskælv kendes også historiske jordskælv i området fra 1632-1929 ud fra beretninger, men disse er vanskelige at lokalisere og bestemme størrelser på.

Den seismiske uro på større dybde er vanskelig at relatere direkte til mere overfladenære lag. De påviste forkastninger i de prækvartære lag ser ud til at kunne spores til større dybde, men altså ikke opad til jordoverfladen.

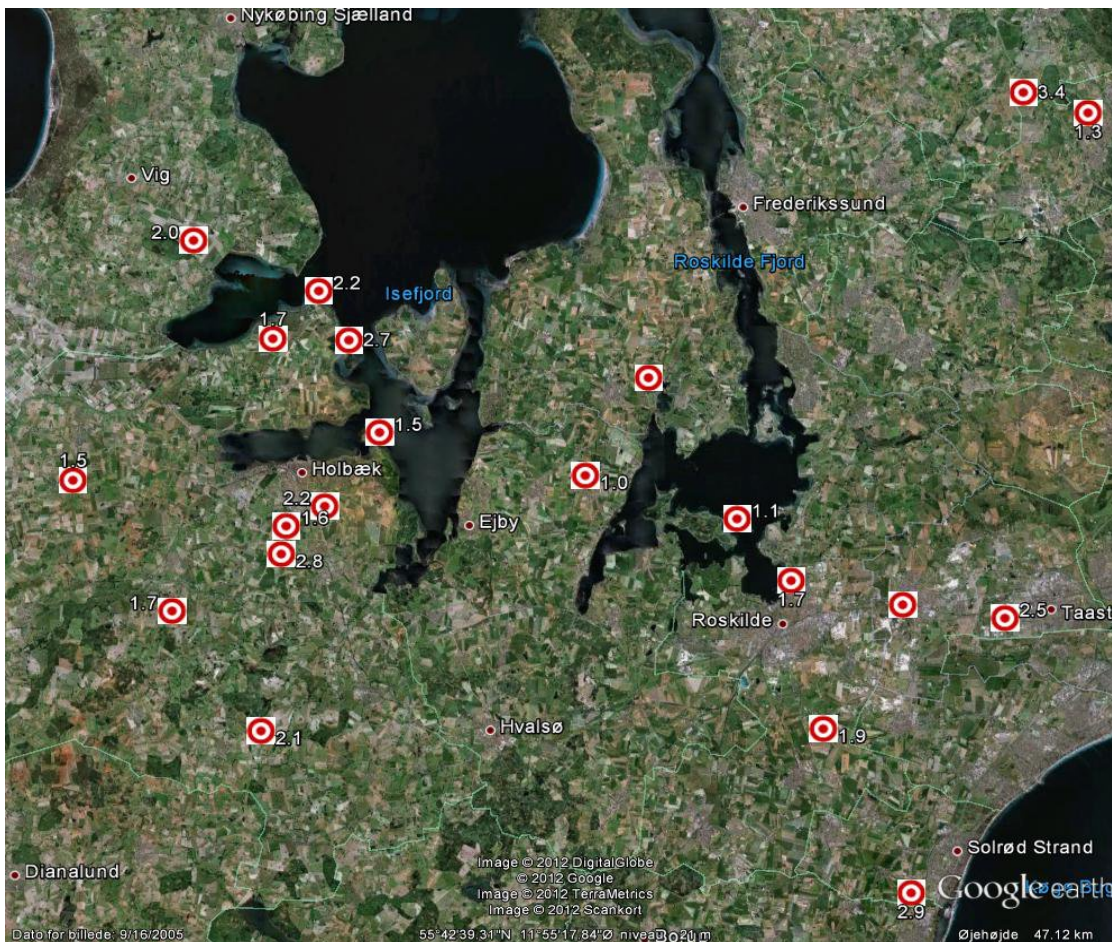


Fig. 7. Kort som viser epicenter for de jordskælv omkring Risøområdet, der er registreret ved måling indenfor tidsrummet 1930 - nu (GEUS, 2012).

6. Grundvand og drikkevand

Grundvandsforhold

På halvøen, hvor terrænet er lavtliggende, ligger grundvandspejlet meget tæt ved overfladen (ca. 1 m under terræn). I kystområdet er grundvandspejlet også højt, ca. 1-1,5 m under terræn. På landområdet lå grundvandspejlet mellem 10 og 13 m under terræn.

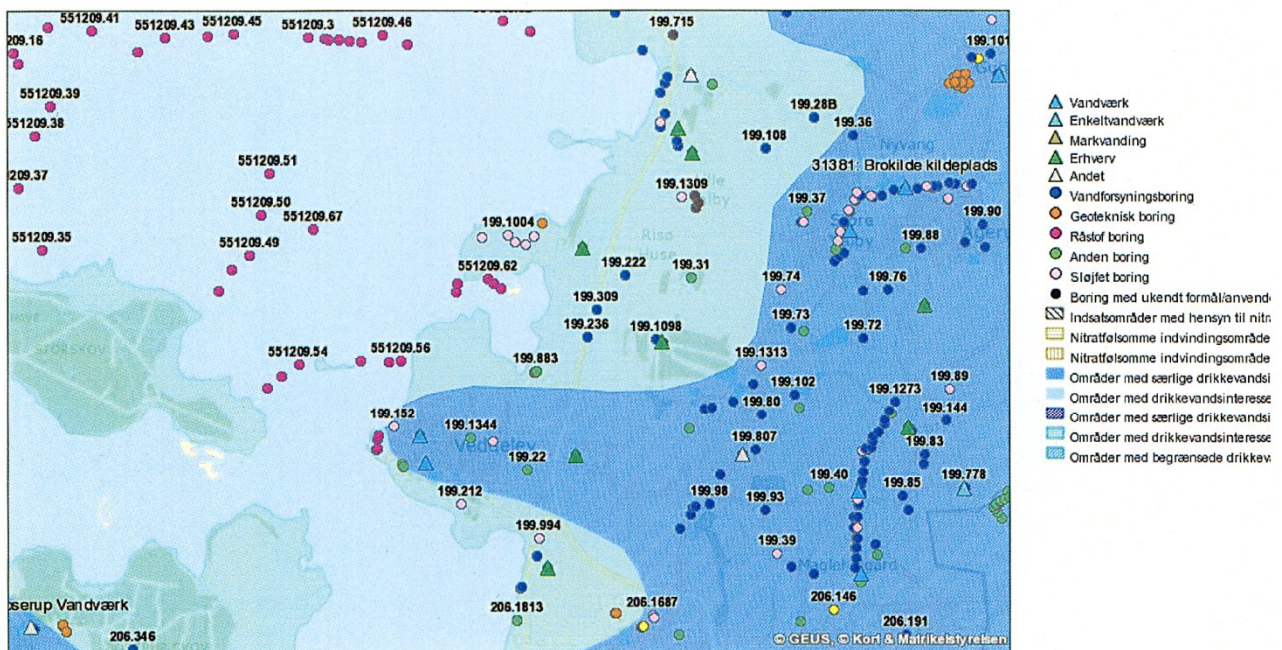
Risø's eget vandværk indvinder vand fra Selandien og Danien aflejringerne, og der foreligger oplysninger om pejlinger fra de tre vandforsyningsboringer 199.222, 199.236 og 199.299, som ligger i den østlige del af Risø's areal omkring vandværket. Der er et par enkelte målinger fra 1978, og derefter mere regelmæssige målinger fra 1979 til 2001 (Niras, 2004). Pejlingerne har generelt ligget mellem kote + 3 m og + 6 m, men med pumpningsbetingede udsving.

Der synes at have været beskedne ændringer i vandspejlets udvikling siden boringernes etablering. Der er tale om et spændt grundvandsmagasin, dvs. at grundvandets trykniveau for kalkmagasinet befinder sig oppe i morænelersdækket. En variation i niveauerne med årstidens nedbør er forventelig. Et kort over grundvandspotentialet i det primære magasin (Selandien og Danien lagene) viser, at

potentiallet generelt ligger i kote + 2 m og + 4 m i Risø's østlige område (Niras, 2004). Grundvandets strømning er generelt set fra øst mod vest inden for hele Risø's område, og det vil sige mod vest til Roskilde Fjord fra kildepladserne ved Marbjerg og Brokilde vandværker. Det er ukendt hvorledes oppumpning på kildepladserne muligvis kan påvirke grundvandets strømningsforhold mellem kildepladserne og Risøhalvøen. Langs kysten inden for området er der mange kildevæld, hvor fra vandet strømmer ud i fjorden.

Drikkevand og indvinding

Langs kysten til Roskilde Fjord er området klassificeret som Område med med Drikkevandsinteresser (OD-områder), og det strækker sig ca. 1,5 km mod øst fra Frederiksborgvej. Øst herfor findes



Baggrundskort
KMS har ophavsret til styrelsens ydelser og dermed det anvendte baggrundskort. Det er i strid med ophavsretsloven at videregive kortet og at anvende det i forretningsmæssige eller kommercielle sammenhænge.

Ortofotos (DDO@land)
COWI har den fulde ophavsret til de ortofotos (DDO@land), der vises som baggrundskort. Denne funktion, med ortofoto som baggrundskort, må derfor kun anvendes af Miljøministeriet, regioner og kommuner med tilhørende institutioner, der er part i Danmarks Miljøportal, i forbindelse med de pågældende institutioners myndighedsbehandling indenfor miljøområdet, samt af privatpersoner til eget personligt brug. Linket må ikke indgå i andre hjemmesider. Øvrig kommerciel anvendelse er ikke tilladt og vil kunne retsforfølges.

Fig.8. Kort over drikkevandsområder (OSD, OD og områder begrænsede drikkevandsinteresser). (Fra Miljøministeriet, 2012). På kortet kanogså ses linjer af boringer tilhørende Marbjerg og Brokilde Vandværker/kildepladser.

et Område med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD-Områder), hvor der ligger vigtige kildepladser til Marbjerg og Brokilde Vandværker, som hører under Københavns Energi's vandforsyning til København (Fig. 8). Kildepladserne er baseret på oppumpning af grundvand fra højtydende Danien kalklag. De to kildepladser ligger ca. 3-3.5 km fra Risøhalvøen og har en samlet årlig oppumpning op 2- 2,5 mill. m3 grundvand.

7. Effekter af klimaændringer

Temperatur og nedbør, storme og ekstremer

Modelberegninger og prognoser for ændringer af det globale klima de næste 100 år peger på stigninger i temperatur og nedbør. For det danske område peger DMI's modeller på stigninger på ca. 3-5 grader C, højest om natten. Desuden vil der være mindre nedbør om sommeren (75-90 %) og mere nedbør om vinteren (110-140%). Desuden vil der forekomme flere ekstremhændelser i form af øget stormhyppighed, der i kombination med øget vandstand i havet også vil forårsage hyppigere stormflodshændelser.

Havniveauændringer

For det globale havområde regnes der med en havstigning på grund af smeltning af de store gletschere ved polerne og på grund af varmeudvidelse af havvandet. Der findes en række forskellige modeller (IPCC's modeller) som giver forskellige forudsigelser fem 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 0,8 m til max. 1,5 m år 2100 (Edelvang et al., 2012). Mod år 2200 kan der komme yderligere stigninger, men estimerer heraf er yderst vanskelige og behæftet med meget stor usikkerhed.

Dele af Risø's areal på halvøen ligger lige over nuværende havniveau mellem kote 0 m til kote + 3,5 m, heraf en del lige under kote +1 m, mens resten af arealet ligger væsentligt højere, op til kote + 19 m.

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 Roskilde Fjord. Ved en eventuel stigning på 80 cm vil mindre dele af halvøen oversvømmes, og der må bl.a. påregnes en øget erosion i kystkanten. Den vertikale landhævning i området er som nævnt vurderet til at være på mellem +0,35 og + 0,50 mm pr. år, og hvis den forsætter fremover vil den medvirke til at reducere effekten af havstigningen.

Det skal desuden bemærkes, at der inden for de sidste 100 år er sket en beskedent netto havniveauanstigning målt på stationer ved de ydre kyster, hvor Risø og Roskilde fjord ligger med stigninger på teoretisk mellem + 0,1 og 0,3 mm pr. år (Duun-Christensen, 1992).

Ekstreme hændelser

Roskildeområdet er ikke specielt eksponeret for stormfloder og oversvømmelser på grund af den geografiske placering inderst i fjorden, også selv om der er tale om en vestvendt kyst, hvor de væsentligste påvirkninger almindeligvis sker. Men Roskilde Fjord er berørt af de ret store stuvninger, der kan forekomme, og som udmøntes af "flaskehalsproblemer" i vandudvekslingen mellem hhv. Kattegat/Nordsøen og Østersøen. Ved en havstigning og hyppigere storme vil området være udsat for større nedbrydende aktiviteter.

8. Udpegning af områder

Ved udpegning af de 6 af de 22 områder blev der lagt vægt på en række geologiske og grundvandsmæssige karakteristika, som blev vurderet nærmere (Gravesen et al. 2011 b,c,d,e). I forhold til disse karakteristika placerede Risøområdet sig blandt de mindst egnede områder på grund af bl.a. de tynde lag af finkornet ler, som har en begrænset udbredelse i området.

På selve halvøen hvor Forsøgsstation Risø ligger er de kvartære lag heterogene med sandlag i lerlagene, og de finkornede lerlag fra Selandien er kun 2 meter tykke. Selandien lerlagene har i kystområdet og i landområdet en tykkelse på mellem 20 og 30 m, men begrænset sammenhængende udbredelse i området. Samtidig ligger de underliggende vandførende kalklag højt i området med nærliggende vigtige indvindingsinteresser til Hovedstadsområdet..

9. Afsluttende bemærkninger

De geologiske forhold ved Risø er heterogene med hensyn til materiale sammensætning og strukturer og må betragtes som blandt de mindst egnede af de 22 vurderede områder til permanent deponering af det radioaktive affald fra Forsøgsstation Risø. Risøområdet er derfor heller ikke blandt de udpegede 6 bedste egnede lokaliteter.

10. Litteraturliste (Udvalgt)

Bondesen, E., 1984: Roskilde, by og landskab - geologi og samfund., Roskilde Museums Jubilæumsskrift.

DGU, Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1979: Report on activities. Well construction, well logging geology and pumping tests at the test site at Risø National Laboratory. Geological Survey of Denmark, jan. 1979, 11 sider + bilag.

DD, 2002: Teoretisk udredning af de tekniske krav til et dansk slutdepot for radioaktivt affald, 60 sider.

DD, GEUS & 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.

Duun-Christensen, J.T., 1992: Vandstandsændringer i Danmark. I. Miljøministeriet, 1992: Drivhus-effekt og klimaændringer- hvad kan det betyde for Danmark, side 93-103.

Edelvang, K., Ahlstrøm, A., Andresen, C.S., Andersen, S.B., Bennike, O., Hansen, J.M., Kuijpers, A., Larsen, B., Buch, E., Andersen, K.K. & Madsen, K.S., 2012: Ændringer af havniveauet i Danmark de næste 100-200 år. Notat til Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 11 sider.

Gravesen, P. & Petetersen, S.A.S., 2005: De geologiske forhold ved Risø. Redegørelse udarbejdet på basis af eksisterende data. GEUS Rapport 2005/30, 40 sider.

Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2010a: Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas. Data, maps, models and methods used for selection of potential areas. GEUS Report no. 2010/122, 47 sider.

Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2010b: Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas. Characterization of low permeable and fractured sediments and rocks in Denmark. GEUS Report no. 2010/123, 78 sider.

Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011a: Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas Characterization and description of areas. Sjælland. GEUS Report no. 2011/46, 85 sider.

Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011b: Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas. Dansk og engelsk resume. Danish and English resume. GEUS Report no. 2011/51, 64 sider.

Gravesen, P., Nilsson, B., Binderup, M. & Pedersen, S.A.S, 2011c: 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 Tværminterielle arbejdsgruppe under Indenrigs og Sundhedsministeriet. GEUS-NOTAT nr.. 08-EN2011-28, 12 sider.

Gravesen, P., Binderup, M., Nilsson, B. & Pedersen, S.A.S, 2011d: Geological characterisation of potential disposal areas for radioactive waste from Risø, Denmark. Bull. Geol. Surv. Denm. and Greenl., Vol. 23, side 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., 2011e: Slutdepot for Risø's radioaktive affald. GeoViden, Geologi og Geografi nr. 2, side 2-19.

Gregersen, S., Hjelme, J. & Hjorten E., Earthquakes in Denmark, 1998: Bulletin of the Geological Society of Denmark, 44, side 115-127.

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 10, side 1-29.

Hovedstadsrådet, 1982: Teknisk baggrundsnotat. 1. Hydrogeologisk kortlægning. Udarbejdet af Danmarks Geologiske Undersøgelse, 56 sider + bilag.

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.

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.

Johnstrup, F., 1870: Jordskjælvet i Sjælland den 28de Januar 1869. Oversigt K.D. Vidensk. Selsk. Forhandl., side 1-32.

Larsen, T.B., Gregersen, S., Voss, P.H., Bidstrup, T. & Orozova-Bekkevold, V, 2008: The earthquake that Shook central Sjælland, Denmark, November 6, 2001, Bulletin of the Geological Society of Denmark, 56, side 26-36.

Lehmann, I., 1956: Danske jordskælv, Bulletin of the Geological Society of Denmark, 13, side 88-103.

Majborn, B., Sørensen, A., Nielsen, S.P. & Bøtter-Jensen, L., 1988: An Investigation of Factors Influencing Indoor Radon Concentrations. Risø- M-2689, 56 sider.

Mertz, E.L., 1924: Oversigt over De sen- og postglaciale Niveauforandringer i Danmark. Danmarks Geologiske Undersøgelse, II række, Nr. 41, 49 sider.

Milthers, V., 1935: Nordøstsjællands Geologi. – Danmarks geologiske Undersøgelse, V Række, Nr. 3, 191 sider + kortbilag (Anden udgave).

Niras, 2004: Forskningscenter RISØ. Planlægning af den fremtidige vandforsyning. Handlingsplan (uddrag fra Risø), april 2005.

Pedersen, S.A.S., 1985: Forudsigelse af jordskælv.- Varv nr. 3, 1985, side 85-93.

Pedersen, S.A.S. & Gravesen, P., 2010: Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas. Geological setting and tectonic framework in Denmark. GEUS Report no. 2010/124, 51 sider.

Rørdam, K., 1899: Beskrivelse til Geologisk kort over Danmark (i Maalestok 1:100,000). Kortbladene Kjøbenhavn og Roskilde. Danmarks geologiske Undersøgelse, I Række, Nr. 6, 107 sider + bilag.

Salinas, I, 1993: Geologisk kort over Danmark. 1:50.000. Kortbladet 1513 IV Roskilde. Geologisk basisdatakort. Danmarks Geologiske Undersøgelse Kortserie nr. 20, 3 sider + kort.

Vejbæk, O. 1997: Dybe strukturer i danske sedimentære bassiner.- Dansk Geologisk Forenings Nyheds og informationsskrift, hæfte 4, side 1-31.