

Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas. Report no. 11

Områdebeskrivelser – Description of areas
Dansk og engelsk resume

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



Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas. Report no. 11

Områdebeskrivelser – Description of areas
Dansk og engelsk resume

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

1. Indledning	5
2. Baggrund	6
3. Data	7
4. Kriterier, metoder og udpegning	8
4.1 Kriterier.....	8
4.2 Metoder.....	9
4.3 Udpegning.....	9
5. Beskrivelse og vurdering af områderne	12
5.1 Bornholm (Rapport nr. 4).....	12
5.2 Falster og Lolland (Rapport nr. 5).....	13
5.3 Sjælland (Rapport nr. 6).....	15
5.4 Langeland-Tåsinge-Fyn (Rapport nr. 7).....	17
5.5 Østjylland (Rapport nr. 8).....	20
5.6 Limfjorden (Rapport nr. 9).....	22
5.7 Nordjylland (Rapport nr. 10).....	25
6. Introduction	26
7. Background	27
8. Data	28
9. Criteria, methods and selection	29
9.1 Criteria.....	29
9.2 Methods.....	29
10. Resume of the description of areas	31
10.1 Bornholm (Rapport no. 4).....	31
10.2 Falster og Lolland (Rapport no.5).....	31
10.3 Sjælland (Rapport no. 6).....	31
10.4 Langeland-Tåsinge-Fyn (Rapport no. 7).....	32
10.5 Østjylland (Rapport no. 8).....	32
10.6 Limfjorden (Rapport no. 9).....	33
10.7 Nordjylland (Rapport no. 10).....	33
12. Afsluttende bemærkninger	35
14. Litteratur - Literature	37
Bilag 1. Skematisk oversigt over områderne – Schematic overview of the area (In Danish)	38

Bilag 2. Kort som viser beliggenhed af de 22 områder. Maps of the 22 areas (In Danish).

43

1. Indledning

Lav- og mellemaktivt radioaktivt affald fra Risø: reaktorbygningen, forskellige typer affald fra forskningsperioderne og radioaktivt affald fra hospitaler og industri samt forskningsinstitutioner og universiteter skal opbevares i et endeligt depot, et slutdepot for mindst 300 år (Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2005, 2007).

Opgaven er at lokalisere og finde sedimenter eller bjergarter med lav permeabilitet, som kan isolere det radioaktive affald fra omgivende aflejringer, grundvandsressourcer, recipienter og fra menneskelig aktivitet.

Aflejringer eller bjergarter skal også fungere som beskyttelse, hvis radioaktivt affald siver ud fra depotet til omgivelserne. Dette mål kan nås, hvis der er lav grundvandstrømning og høj evne til at tilbageholde radioaktivt materiale i aflejringerne eller bjergarterne.

Geologiske aflejringer er tidligere blevet undersøgt som mulige deponeringsmedier for radioaktivt affald fra et eventuelt atomkraftværk med fokus på dybtliggende saltaflejringer og grundfjeldsbjergarter samt på tertiære leraflejringer på Fyn og Jylland (Atomenergikommisjonen, 1976, Dinesen, Michelsen & Lieberkind, 1977).

Saltdiapirer, saltpuder, saltaflejringer og dybtliggende grundfjeldsbjergarter er ikke inkluderet i denne undersøgelse. Dels ligger disse aflejringer generelt for dybt og dels har saltaflejringer vist sig at være ustabile i forhold til deponering (tyske saltminer).

Beslutningsgrundlaget (Indenrigs - og Sundhedsministeriet, 2007) beskriver rammerne for dette forstudie: Den regionale kortlægning, som GEUS har udført. Kortlægningen skulle ende op med udpegning af ca. 20 potentielle områder, som skal danne udgangspunkt for at finde 1 - 3 mulige lokaliteter. I forbindelse med forstudiet har GEUS udarbejdet 11 rapporter inklusiv dette resume, som indeholder beskrivelser af de udpegede områder. En oversigt over rapporterne kan ses i afsnit 13.

2. Baggrund

I Danmark findes der mange forskellige typer finkornede aflejringer og krystalline bjergarter fra jordoverfladen og ned til 300 meters dybde. Der findes derfor en lang række geologiske situationer, der inkluderer disse aflejringer og bjergarter af forskellig sammensætning og alder, og de er tillige fordelt geografisk ud over landet.

Disse aflejringer og bjergarter er kort beskrevet i Gravesen et al., (2010b) baseret på eksisterende informationer, hvor fem forskellige typer er inkluderet:

1. Krystalline granitter og gnejser på Bornholm fordi disse bjergarter anvendes i andre lande som deponeringsbjergart, 2. Sandsten og skifre på Bornholm, 3. Skrivekridt og kalksten fordi disse i områder er lav-permeable lag, men de bruges dog mange steder som grundvandsmagasiner, 4. Tertiære finkornede og ofte plastiske lerarter, som er vidt udbredte og lav-permeable og kan nå stor tykkelse, 5. Kvartære leraflejringer af glacial, interglacial og senglacial oprindelse, som kan have stor tykkelse, være tætte og dermed også kan være potentielle værtsbjergarter for depotet.

I europæiske lande pågår i disse år omfattende undersøgelser af geologiske aflejringer af ler (Belgien, Tyskland, Frankrig og Schweiz) og krystalline bjergarter (Sverige, Finland og Schweiz) for at lokalisere slutdepot for lav- og mellemradioaktivt affald.

Sand- og grusaflejringer indgår ikke i denne undersøgelse på grund af deres høje permeabilitet og dermed ringe beskyttelsesevne samt hyppige anvendelse som grundvandsmagasiner. Sandaflejringer forekommer dog ofte sammen med de lav-permeable aflejringer, under, mellem eller over dem, og de vil derfor blive inddraget i analyser i den endelige områdebeskrivelse, hvis det er relevant.

De overordnede geologiske forhold i Danmark og den tektoniske ramme er beskrevet i Pedersen & Gravesen (2010).

3. Data

Beslutningsgrundlaget fra 2007 (Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2007) anbefaler, hvilke typer af eksisterende data og informationer, som skal inddrages, for at der kan foretages en foreløbig udvælgelse af depotområder. Anbefalingerne bygger på retningslinjer fra Det Internationale Atomenergiagentur (International Atomic Energy Agency, IAEA, 1994, 1999, 2005).

I Gravesen et al., (2010a) beskrives bredt de eksisterende data og samlinger af informationer, der findes, herunder databaser, kort og geologiske modeller, som har været brugt ved arbejdet med at udpege og beskrive ca. 20 potentielle områder. De fleste informationer er opbevaret i GEUS databaser: Lokalisering og data fra borehuller, bjergarts - og sediment-data, grundvandskemi, kort, geofysik m.m., men information er også indsamlet fra eksterne kilder og institutioner.

Forstudierne er foretaget på grundlag af eksisterende data. Dette betyder blandt andet, at de potentielle områder er beskrevet på et uens data- og vidensgrundlag. De øverste geologiske aflejringer i Danmark (ned til ca. 300 meters dybde) har en meget heterogen karakter både med hensyn til sammensætning og strukturer bl.a. fordi istidernes gletsjere ved deres bevægelser hen over landet har skubbet og omformet ældre lag. Disse fænomener kan iagttages langs landets kystkliner, men inde i landet er det ofte beskedne mængder boringer og geofysiske undersøgelser, der skal anvendes og tolkes for at få en opfattelse af et områdes geologiske forhold.

4. Kriterier, metoder og udpegning

Nedenfor er de udvalgte potentielle områder gennemgået. Disse områder kan i forskellig grad opfylde de kriterier, som er opstillet i Beslutningsgrundlaget og i Gravesen et al., (2010a,b). Da de geologiske forhold i Danmark som udgangspunkt er heterogene, er det ikke muligt at opfylde alle de opstillede kriterier indenfor et område. Der er derfor foretaget en vægtning af kriteriernes betydning i de enkelte områder.

Endelig vil det ved den endelige udvælgelse af en lokalitet have betydning, hvilken form for depottype, der peges på: På jordoverfladen eller et stykke ned i jordlagene/undergrunden.

4.1 Kriterier

Det geologiske, hydrogeologiske og hydrokemiske kriterier har sammen med terrænforhold været centrale for udvælgelsen. Da der ved forstudiernes start ikke var taget stilling til depottype, blev følgende centrale kriterier valgt som centrale udvælgelseskriterier:

- Aflejringerne fra jordoverfladen og ned til så stor dybde som mulig skulle være homogene og lav-permeable. Dette betyder, at høj-permeable aflejringer som sand- og gruslag kun skulle have begrænset tilstedeværelse.
- Aflejringerne skulle kunne omslutte depotet, hvilket bedst sker ved tilstedeværelse af tykke, udbredte lav-permeable lag, hvorfor stor tykkelse og stor horisontal udbredelse indenfor områderne er tilstræbt.

Desuden bevirker en række centrale forhold/kriterier, at områder er udeladt ved gennemgangen:

- Områder med specielle drikkevandsinteresser (OSD), er der helt set bort fra (se figur 6). Områder med drikkevandsinteresser (OD), som omfatter et meget stort areal i Danmark, har det ikke været muligt helt at undgå.
- Områder med grundvandsmagasiner af god status er ikke inddraget, bortset fra hvis de har en helt lokal udbredelse.
- NATURA2000 naturbeskyttelsesområder er fravalgt, ligesom der er taget hensyn til andre fredninger og naturbeskyttelsesområder (se figur 7).
- Byområder i form af større byer og nærliggende områder er ikke inddraget.

Fremtidige klimaændringer kan have betydning ved udvælgelse af lokalitet. De nuværende prognoser fra det Internationale Klima Panel (IPCC) vedrørende mulige ændringer rækker ca. 100 år frem. Affaldsdepotet skal fungere mindst 300 år frem i tiden, men ud over de 100 år findes ingen fremskrivninger af mulige klimaændringer. Forudsigelserne af fremtidige havniveauændringer peger på stigninger på mellem 0,5 og 1,0 m ved danske kyster på en 100 års periode, men mulige større havstigninger er blevet forudsagt, hvis klimaændringerne som følge af menneskelig aktivitet ikke bremses op.

4.2 Metoder

Metoderne, der er anvendt til at finde frem til områderne, er beskrevet i flere detaljer, og beskrivelsen er den direkte baggrund for udvælgelsen af områder. De opstillede kriterier er i videst mulig omfang søgt opfyldt:

- De geologiske forhold i Danmark er gennemgået ved hjælp af de beskrevne data-samlinger og informationer. Det blev herved bestemt, hvilke aflejringer og bjergarter, der skulle indgå i det videre arbejde.
- Det næste skridt var at identificere og udelade arealer (OSD-områder, hvorved f.eks. store dele af Sjælland og Fyn blev fravalgt; NATURA2000 områder; Byområder). Der er ikke foretaget en gennemgang af de geologiske forhold inden for disse arealer.
- De geologiske forhold blev derefter gennemgået og analyseret inden for de resterende arealer ud fra hovedkriteriet om at identificere lav-permeable aflejringer/lag fra jordoverfladen til så stor dybde som mulig og med stor horisontal udbredelse. Dermed blev aflejringer med f.eks. tykke eller hyppigt forekommende sand- og gruslag fravalgt. En række arealer er således fravalgt, f.eks. det meste af Syd- og Midtjylland, hvor aflejringsforholdene ikke opfylder de opstillede kriterier med lav-permeable aflejringer.
- Ud fra gennemgang og analyser af de arealer, som derefter var tilbage, blev der udpeget 22 mindre områder, som vurderes at være egnede til at rumme en lokalitet, hvor et slutdepot kan placeres. De 22 områder vurderes på det nuværende grundlag i udstrakt grad at opfylde kriterierne, men dette skal verificeres gennem feltarbejde.

Hvert område er udvalgt i en størrelse, som er væsentlig større end det areal, som skal bruges til den *endelige lokalitet*. Dette betyder, at der kan tages hensyn til andre former for begrænsninger, der vil være inden for områderne, når den endelige lokalitets areal skal fastlægges. Dette vil bl.a. foregå inden for kommende Omegnsstudier.

4.3 Udpegning

Ved den endelige udvælgelse er der undersøgt og beskrevet 22 områder. Deres beliggenhed kan ses på fig.1. Det fremgår af kortet, at der er områder, hvor der er en "koncentration" af mulige arealer, mens der er store dele af landet, hvor der er ingen eller kun få udpeget som f.eks. i Vest- og Sønderjylland, Vendsyssel eller Sjælland. Dette skyldes især de geologiske og hydrogeologiske kriterier, hvor højtliggende tykke lerlag uden sandlag har haft første prioritet og områder med særlige grundvands/drikke-vandsinteresser er fravalgt.

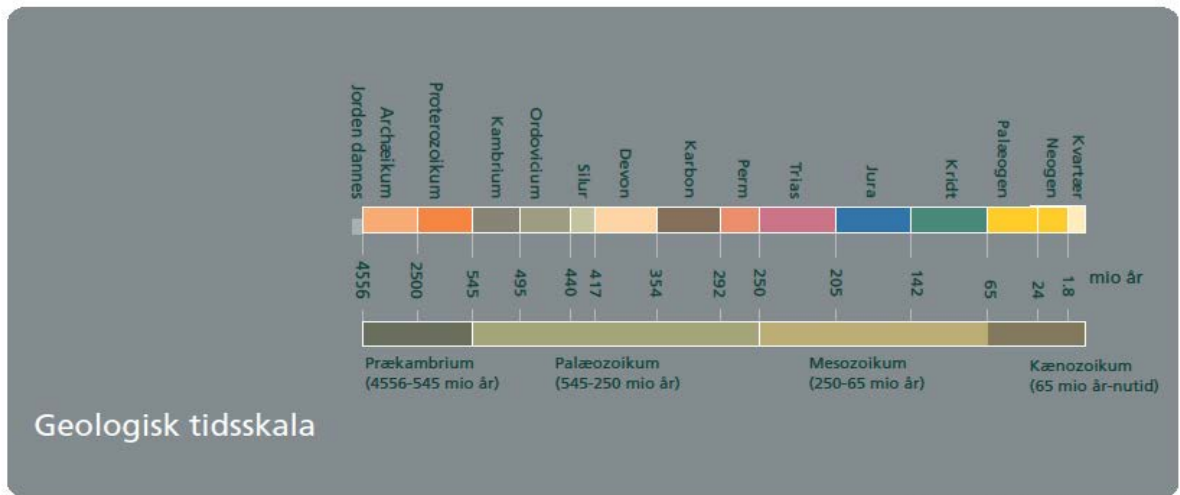


Figur 1. Beliggenhed af de 22 potentielle områder. *Location of the 22 potential areas.*

Der er indenfor de 22 områder tale om følgende bjergarter og/eller sedimenter af forskellig geologisk alder (Fig. 2), som alle er dækket af forskellige tykkelser af moræneler:

- 17 områder med finkornede, fede og meget fede plastiske lerarter fra Palæogen.
- 2 områder med fedt Kvartært ler og silt.
- 2 områder med krystalline granitter og gnejser.
- 1 område med kalksten/kridt fra Danien/Kridt.

Der er ikke indenfor forstudiernes første fase foretaget en prioritering af områderne.



Figur 2. Geologisk tidsskala. De aflejringer og bjergarter, der omtales i teksten, henføres til: Prækambrium; Palæogen, som omfatter tidsafsnittene: Palæocæn, Eocæn og Oligocæn og Neogen, som indeholder Miocæn og Kvartær (Fra Geologisk Museums Hjemmeside). *Stratigraphic time scale.*

Den nærmere afgrænsning af områderne kan ses i bilag 2.
Geologiske baggrundskort kan ses i figurerne 3, 4 og 5.

5. Beskrivelse og vurdering af områderne

For hvert område er der udarbejdet et kort resume, som angiver fordele og bagdele ved en udvælgelse.

5.1 Bornholm (Rapport nr. 4)

På Bornholm er to områder nærmere undersøgt og beskrevet: Område 1. Østermarie-Paradisbakkerne på Østbornholm og Område 2. Hammeren og Vang Granitbrud på Nord- og Vestbornholm.

Områderne består af tynde istidslag af især sandet moræneler, som overlejrer krystalline granitter og gnejsler fra Prækambrium. Områdernes geologi er interessant, fordi der i andre lande som f.eks. Sverige og Finland bygges depoter i lignende grundfjeldsbjergarter.

Vurdering af Område 1 – Østermarie-Paradisbakkerne, Bornholm

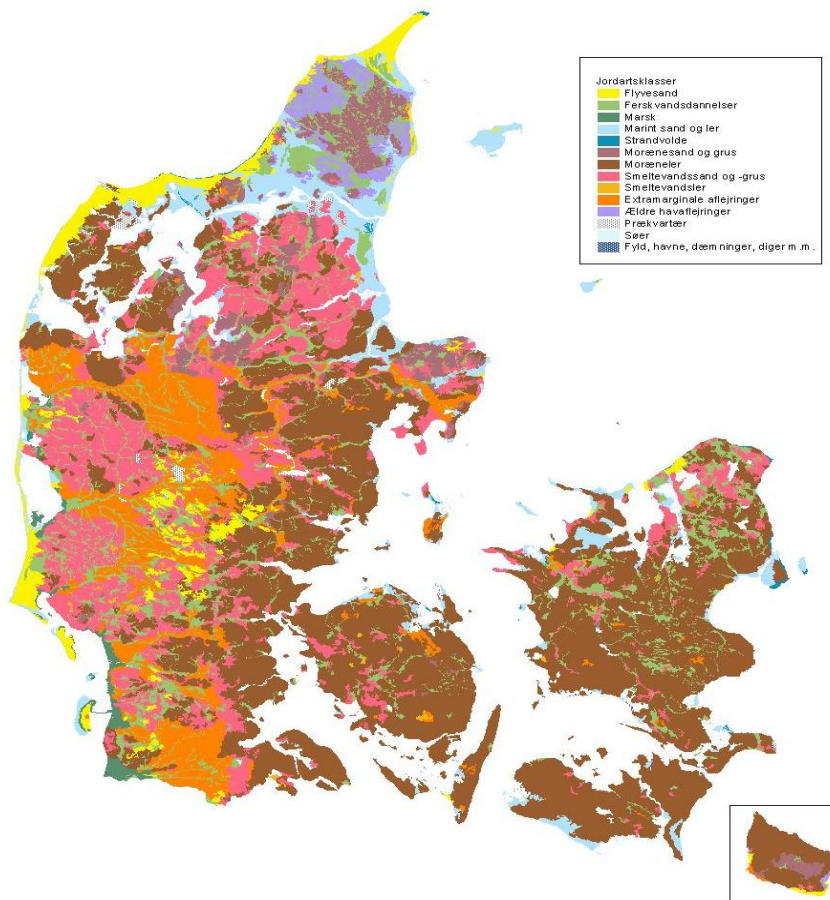
Geologien i Område 1 nord for Paradisbakkerne kendes især fra de nærliggende gnejs/migmatitbrud i nordkanten af Paradisbakkerne og kystprofiler på nordkysten af Bornholm. Området er et højtliggende og forholdsvis fladt terræn i kote + 65 til + 80 m, men det er gennemskåret af få dale.

Bjergarterne er tætte og lav-permeable, men gennemsat af horisontale og vertikale sprækker. Antallet af sprækker antages at aftage i dybden, men dette vides ikke med sikkerhed. Der er kun lokale drikkevands/grundvandsinteresser i området. Der er kun i beskedent omfang fredninger og ingen NATURA2000 områder. Fremtidige klimændringer vurderes ikke at ville påvirke et depot i væsentlig grad. De krystalline gnejstyper kan sammenlignes med de bjergarter, som er depotbjergarter i Sverige og Finland, hvor sprækkeproblemstillingen også kendes, og hvor omfattende risiko-undersøgelser har fundet sted i en lang årrække.

Vurdering af Område 2 – Hammeren og Vang granitbrude, Bornholm

Område 2 består af to delområder: Hammeren Granitbrud og granitbruddene i Vang Granitten. Terrænet varierer fra høje områder i kote + 80 – 90 m til væsentlig lavere, i bunden af bruddene, hvor der forekommer søer. Moræneler over granitterne varierer i tykkelse fra 0 til 10 m. Granitterne er gennemsat af horisontale og vertikale sprækkesystemer, og de er desuden ofte stærkt forvitrede i sprækkezonerne. Fordelen ved disse granitområder er, at der kan være en mulighed for at starte den øverste del af et depotanlæg i bunden af de eksisterende stenbrud.

Der er ingen grundvands/drikkevandsinteresser omkring bruddene. Der er en del fredninger og Natura2000 interesser omkring bruddene. Fremtidige klimaændringer vurderes ikke at ville påvirke et anlæg.



Figur 3. Kort over de danske overfladejordarter (Fra Pedersen, 1989).

Map of the Quaternary surface deposits. Original scale: 1:200.000. Legend: Brown: Clayey till; Light brown: Sandy till; Red: Meltwater sand and gravel; Orange: Sandur sand and gravel; Purple: Late glacial marine deposits; Light blue: Holocene marine deposits; Green: Holocene freshwater deposits; Yellow: Aeolian sand (From Pedersen, 1989).

5.2 Falster og Lolland (Rapport nr. 5)

På Falster er ét område beskrevet: Område 3: Gedesby-Nyby, Sydfalster.

Området består af 2 - 20 m tykke istidsaflejringer bestående af moræneler med få lag af smeltvandssand og -grus ovenpå mere end 60 - 80 m tykke lag af fedt ler (Palæocæn), hvis tykkelse tiltager mod syd. Derunder følger skivekridt fra Kridt Perioden.

På Lolland er ét område undersøgt: Område 4: Rødbyhavn.

Området er beliggende lige øst for Rødby, hvor der tidligere er kortlagt plastisk ler som led i råstofeftersforskning. Det finkornede og meget fede plastiske ler ligger under 14 - 36 m hård, kompakteret ("cementeret") moræneler. Moræneleret er tyndest mod vest, ved byen, mens der bliver længere ned til det plastiske ler mod øst, hvor der dog er en begrænset data-dækning. Det palæocæne ler er op til 80 m tykt og underlejret af skrivekridt fra Kridt.

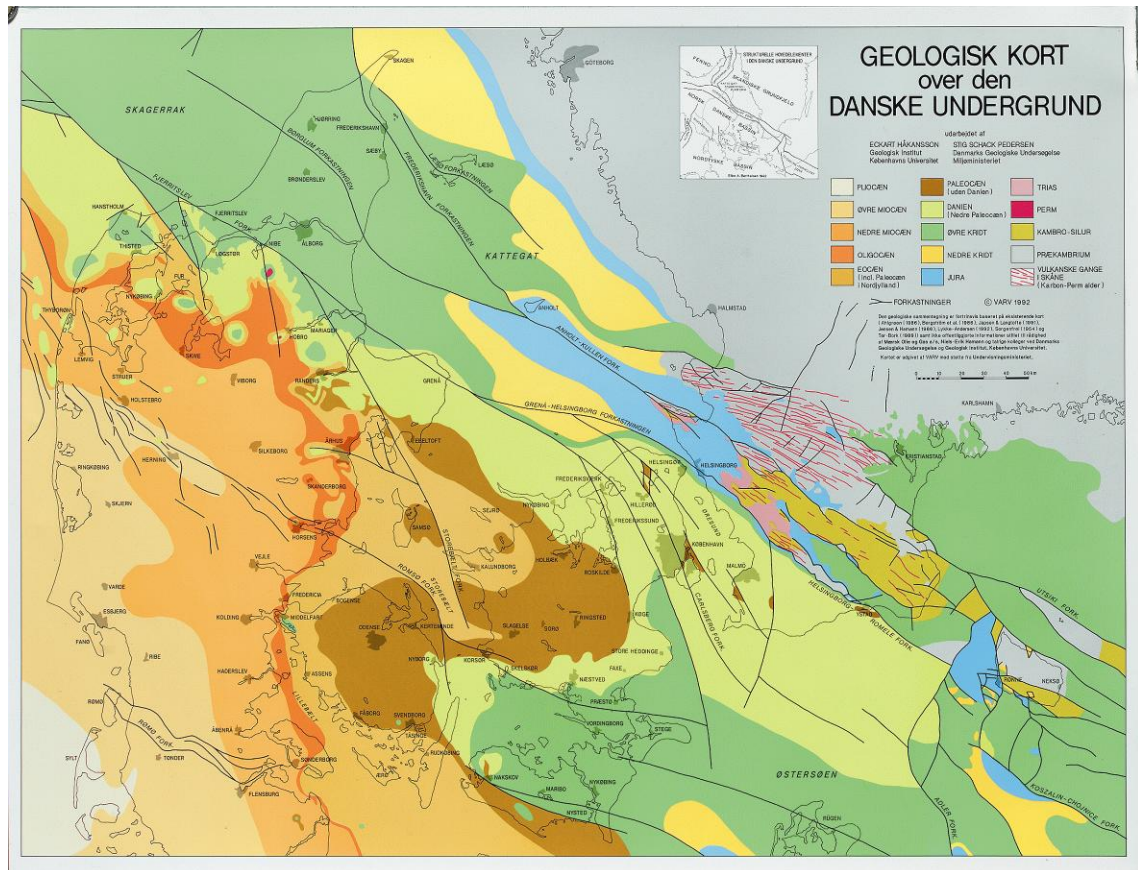
Vurdering af Område 3 – Gedesby Nyby-Gedser, Sydfalster

Det lille område mellem Gedesby Nyby og Gedser består mest af lav-permeable leraflejringer, som kan være grundlag for et depot. Der er beskedne grundvandsinteresser, men lokal vandforsyning pågår. NATURA2000 områder og fredninger findes ikke i selve området, men de grænser op dertil. Området begrænses af Østersøen mod vest, hvorfor Område 3 ligger i kote 0 m i den del af området, mens terrænet stiger ind i land. Fremtidigt stigende havniveau og stormfloder kan blive et problem. Forekomst af salt havvand kan give korrosion på konstruktioner, og fremtidig hævnning af havniveau kan gøre det nødvendigt at vurdere, hvordan beliggenheden af salt/ferskvandsgrænsen vil ændres.

Vurdering af Område 4 – Rødbyhavn, Sydlolland

Områdets geologiske opbygning består mest af lav-permeable leraflejringer, som kan rumme og indeslutte et depot. Der er ingen NATURA2000 områder eller fredninger på arealet. Der er begrænsede eller ingen grundvands/drikkevandsinteresser i området. Området ligger i op til kote + 4 m over nuværende havniveau og selv om det i dag er beskyttet af et 4 m højt dige, skal der tages højde for stigende havniveau og stormfloder. Forekomst af salt havvand og evt. hævet salt/ferskvandsgrænse skal vurderes i forhold et depots konstruktioner.

En del af område 4 er båndlagt til Femern Bælt forbindelsen. Femern Bælts forbindelsens linjeføring fra kysten til motorvejen skal afklares i foråret 2011. Det er muligt, at de to konstruktioner kan eksistere sammen, men ellers bør der søges en placering så nordligt og østligt som muligt for depotet.



Figur 4. Prækvartærkort over Danmark og omliggende områder (Håkansson & Pedersen, 1992).

Map of the pre-Quaternary surface: Time units. Original scale: 1:50.000. Legend: Red lines: Precambrian intrusions; Grey: Precambrian; Olive: Cambrian-Silurian; Red: Permian; Light red: Triassic; Blue: Jurassic; Yellow: Lower Cretaceous; Green: Upper Cretaceous; Light green: Danian; Brown: Paleocene; Yellow olive: Eocene; Red brown: Oligocene; Light yellow brown: Lower Miocene; Very light yellow brown: Upper Miocene; White: Pliocene (Håkansson & Pedersen, 1992).

5.3 Sjælland (Rapport nr. 6)

På Sjælland er to områder undersøgt: Område 5: Risø og Område 6: Stevns.

Område 5 omfatter Forskningscenter Risø's areal og et areal øst for Frederiksborgvej, et terræn som veksler fra kote 0 m til ca. + 20 m. De kvartære aflejringer består af op til 30 m tykke holocæne hav- og ferskvandsaflejringer og istidsaflejringer i form af moræneler, smeltevandsler og smeltevandssand og -grus. Disse aflejringer overlejrer delvist olivengråt palæocænt fedt ler og kalk (op til 10 - 15 m tykke) og delvis hvid Danian kalk. Områdets prækvartære aflejringer er gennemskåret af tre nord-syd gående forkastninger.

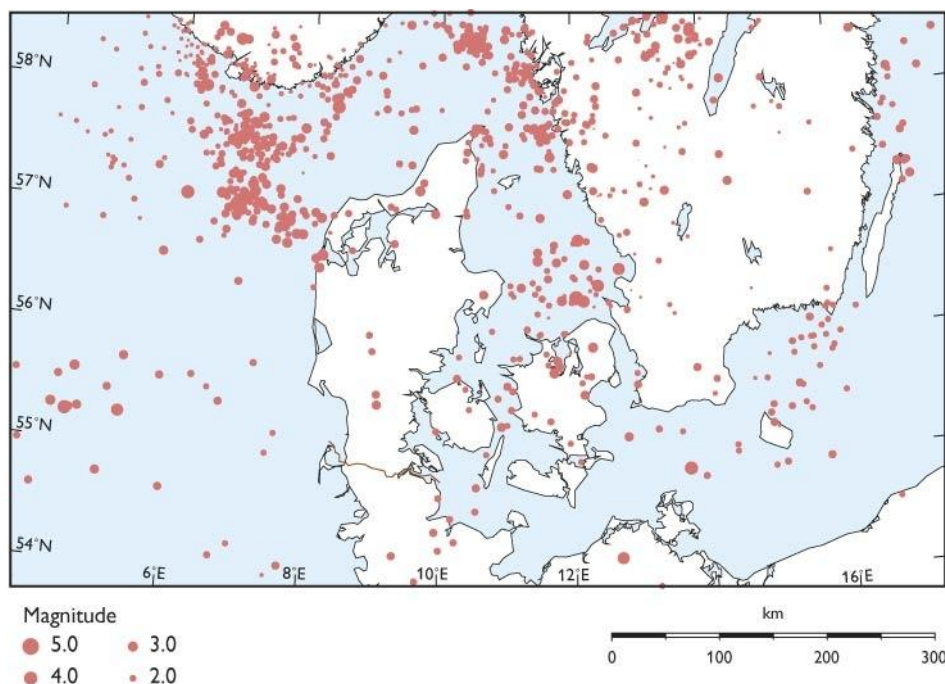
Område 6 består af det yderste område på Stevns-halvøen ovenfor klinten, hvor terrænet er en nogenlunde plan flade i kote + 30 - 35 m. Istidsaflejringerne består alene af op til 15 m tykt moræneler, som hviler på 15 - 25 m tyk Danien kalksten, der igen ligger ovenpå skrivekridt fra Kridt Perioden.

Vurdering af Område 5 – Risø, Sjælland

Risø halvøen og arealet vest og øst for Frederiksborgvej består af en varierende geologi og er især præget af, at Roskilde og Risø Forkastningssystemerne krydser igennem arealerne. Området er OD klassificeret, men der er ingen grundvandsinteresser på selve halvøen. Risø har sin egen vandforsyning ved Frederiksborgvej. Mod øst grænser området op til det vigtige OSD- og kildeområde for Københavns Energi, Marbjerg og Brokilde Kildepladser. Der er ingen NATURA2000- og fredningsområder, men området grænser op til mod Roskilde Fjord med NATURA2000 hensyn. De lavtliggende dele af Risø-området (omkring kote 1 m) vil meget sandsynligt være sårbare over for havstigninger og stormfloder, og der vil ligeledes kunne ske erosion i morænelersklinten på halvøen. Området er det eneste, hvor en – omend lille – seismisk aktivitet i undergrunden er registreret. Denne kan muligvis relateres til de eksisterende forkastningssystemer orienteret nord-syd langs Roskilde Fjord, men dette kan dog ikke direkte bevises.

Vurdering af Område 6 – Stevns halvøen, Sjælland

Det yderste af Stevns-halvøen, oven over kystklinten, som består af moræneler og kalk, er udpeget, fordi Danien kalkaflejringer flere steder i Danmark er udnyttet til installationer i form af underjordiske gange, depoter, beskyttelsesrum og militære anlæg, som f.eks. Koldkrigsfortet ved Stevns. Området, som er OD-område mod vest, har lokal vandforsyning, mens der mod øst langs kysten er et område med begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser. Der er råstoftinteresser ved Sigerslev kalkgrav. Både moræneler og kalkbjergarter er gennemsat af horisontale og vertikale sprækker. Selve klinten er fredet og forsøges optaget på listen over Unesco verdensarvområder. Havområdet ud for klinten er NATURA2000-område.



Figur 5. Kort over epicentre for jordskælv i det danske og tilgrænsende område siden 1930. Røde prikker angiver størrelsen i Richter skalen (Fra Larsen et al., 2008).
Map of earthquake epicentres in the Danish and surrounding area since 1930. Size of the dots gives the size of the earthquakes after the Richter scale (after Larsen et al. 2008).

5.4 Langeland-Tåsinge-Fyn (Rapport nr. 7)

På Langeland er to områder undersøgt: Område 7: Langeland syd og Område 8: Langeland midt, Strynø og Siø.

Område 7 på Sydlangeland har et terræn, der varierer fra kote + 2 - 3 m til kote + 20 - 25 m. Området består af istidslag, især moræneler (25 - 50 m tykt) som overligger mindst 60 m tykke fede plastiske lerarter fra Eocæn.

Område 8 på Midtlangeland består af et område på Langeland og af Strynø og Siø. Langeland har et terræn mellem ca. kote + 15 og + 40 m, mens Siø ligger i kote + 0 - 5 m og Strynø i kote + 0 - 12 m. Geologisk ligner området Område 7 med de samme gode geologiske egenskaber. Moræneler, som er mellem 2 og 50 m tykt overligger op til 100 m tykke eocæne og palæocæne lag af finkornet, fedt og meget fedt plastisk ler. Få forkastninger ser ud til at krydse området. På de små øer Siø og Strynø ligger det eocæne og palæocæne plastiske ler meget højt.

På Tåsinge er ét område undersøgt: Område 9 Vemmenæs. Det er et forholdsvis lille område med terræn i kote + 5 - 10 m, hvor mindst 25 m palæocænt ler findes under 2 - 30 m moræneler. Aflejringerne kan være glacialtektonisk forstyrrede.

På Fyn er to områder undersøgt: Område 10: Kertinge Mark og Område 11: Hindsgavl og Fænø.

Kertinge Mark nær Kerteminde er en halvø med et fladt terræn omkring kote + 20 m hældende ud mod kysten. Geologien kendes fra få boreriger mod sydøst. Moræneler (op til 30 m tykt) overlejrer mindst 40 m tykke lag af palæocænt ret fedt ler, men den totale tykkelse kendes ikke.

Ved Hindsgavl og Fænø, hvor lagene godt kan være glacialtektonisk forstyrrede, findes der under op til 40 m tykt istidslag (moræneler), finkornet fedt ler og meget fedt plastisk ler fra Oligocæn, Eocæn og Palæocæn samt kalk fra Danien ned til 175 meters dybde. Terrænet er omkring kote + 20 - 25 m, men hælder både på Hindsgavl og Fænø ud mod havet.

Vurdering af Område 7 – Sydlangeland

Ud fra de geologiske forhold vil område 7 kunne indeholde et depot baseret på de store tykkelser af lav-permeable leraflejringer. Istidslagene er dog relativt tykke. Drikke-vands/ grundvandsinteresserne er lokale (OD-område), men andre dele af området har begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser. Effekter af fremtidige klimaændringer vil sandsynligvis ikke påvirke et depot udover at havstigninger kan overskygge de laveste områder. Området er omkranset af NATURA2000-områder.

Vurdering af Område 8 – Langeland midt, Strynø og Siø

Område 8 består af tre delområder. På Langeland dominerer lav-permeable leraflejringer, hvor de ældste lag synes gennemsat af forkastninger. Det vurderes at være muligt, at områdets tykke leraflejringer vil kunne rumme et slutdepot. Grundvandsindvindingen til Rudkøbing foregår nord for området, men lokal vandforsyning forekommer (OD-område). Effekter af fremtidige klimaændringer vurderes ikke at ville påvirke et depot. Et NATURA 2000-område omkranser området.

På Siø og Drejø er der velegnede geologiske forhold uden vandindvindingsinteresser, men begge øer indgår i et NATURA2000-område. Fremtidige havstigninger og stormfloder vil kunne påvirke begge delområderne.

Vurdering af Område 9 – Vemmenæs, Tåsinge

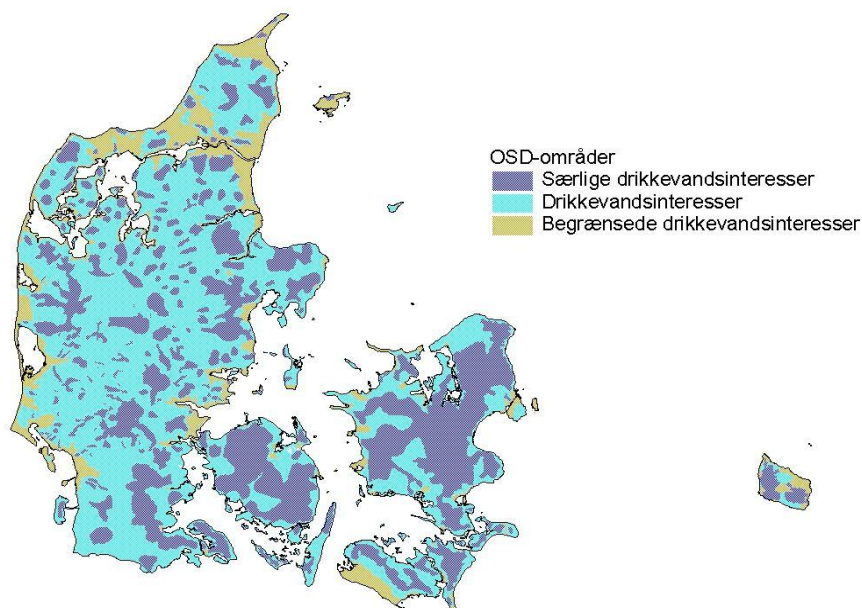
Vemmenæs er et mindre, begrænset område, hvor moræneler ligger over fedt palæocænt ler. Lagene kan være glacialtektonisk forstyrrede, men alligevel vil området kunne være egnet på grund af de lavpermeable lag. Der er stedvis lokale grundvandsinteresser og indvinding til vandværk (OD-område). Effekter af fremtidige klimaændringer vil sandsynligvis ikke påvirke et depot nævneværdigt. Der er ingen frednings- eller NATURA 2000 begrænsninger.

Vurdering af Område 10 – Kertinge Mark, Fyn

Halvøen Kertinge Mark består ligeledes af lav-permeable leraflejringer, men forholdene er begrænset belyst på grund af spinkelt datagrundlag. Informationer uden for området understøtter, at det med fordel kan undersøges, om området vil være velegnet til at kunne rumme et slutdepot. Der er begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser på halvøen. Effekter af klimaændringer vil sandsynligvis ikke påvirke et depot, hvis det placeres på højere beliggende arealer væk fra kysten. Der er ingen NATURA2000-begrænsninger.

Vurdering af Område 11 – Hindsgavl og Fænø, Fyn

Området består af Hindsgavl-halvøen og Fænø. På Hindsgavl er de geologiske forhold velegnede med fede og meget fede lav-permeable lerarter, men området ligger tæt ved både Middelfart og Fredericia, hvilket kan gøre området mindre attraktivt. På Fænø, hvor der er begrænsede oplysninger, ser de geologiske forhold også egnede ud. Begge delområder har begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser. Effekter af klimaændringer vil ikke påvirke et depot, hvis det placeres væk fra kysten. Der er ingen NATURA2000-begrænsninger.



Figur 6. Områder med særlige drikkevandsområder, områder med drikkevandsinteresser og områder med begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser.

Areas of special drinking water interests (OSD): Dark blue; areas of drinking water interest (OD): Light blue. Areas with limited drinking water interests are olive brown.

5.5 Østjylland (Rapport nr. 8)

I Østjylland er fire områder undersøgt: Område 12: Klejs-Sønderby og Område 13: Thyrsted-Glud begge på Juelsminde-halvøen øst for Horsens, Område 14: Lysnet Bakker sydvest for Randers og Område 15: Støvring nordøst for Randers.

Juelsminde-halvøen har en række mindre områder, hvor kombinationen af lav-permeabelt fedt og meget fedt plastisk ler med overlejrende moræneler vurderes at kunne være egnede til placering af et slutdepot. Klejs-Sønderby er opdelt i to delområder. Ved Klejs er terrænet meget bakket og når op i ca. kote + 90 - 100 m, mens terrænet ved Sønderby går fra kote 0 m i nord til kote + 39 m mod syd. Det hælder fra vest mod øst. Under 2-20 m af fortrinsvis moræneler findes op til 130 m siltet ler, ret fedt ler og plastisk ler fra Eocæn og Oligocæn.

Thyrsted-Glud området hælder jævnt fra syd i ca. kote + 50 m mod nord til kysten ved Horsens Fjord. Under moræneler (op til 20 m tykt) findes mindst 90 m siltet ler og fedt ler fra Eocæn og Oligocæn.

Lysnet Bakker er et højtliggende bakkeparti, som når op til ca. kote + 100 m. I området ligger Oligocæne og Eocæne aflejringer af fedt ler og meget fedt ler (op til 100 m tykke) højt, kun dækket af tynde istidsaflejringer af moræneler med lidt sand, som dog stedvis kan blive op til 30 m tykke. Lagene ligner de lag som graves i lergravene ved Ølst og Hinge.

Ved Støvring findes et lille område, som består af et bakket parti mod vest, der når op i ca. kote + 65 m og et lavtliggende område mod øst i kote + 0 - 1 m. Det består af lav-permeabelt fedt Palæocænt og Eocænt ler (op til 75 m tykt) under op til 40 m tykt moræneler.

Vurdering af Område 12 – Klejs og Sønderby, Juelsminde halvø, Østjylland

Området er opdelt i to delområder: Klejs og Sønderby. Ved Klejs findes højtliggende plastisk ler i et højtliggende plateau begrænset af dale. De fede lerarter vil kunne omslutte et potentielt depot. Det antages at områder er delvis præget af glacialtektonik. Der er begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser, men lokal forsyning. Der er ingen NATURA2000-områder eller fredninger. Effekter af klimændringer vil ikke kunne påvirke et slutdepot.

Ved Sønderby og Pyt strand tættere ved kysten ligger det plastiske ler tættere ved terræn. Også i dette område vil en potential depotlokalitet kunne placeres. Der er lokal vandforsyning i området, og det grænser op til et OSD-område mod nord. Dele af området ligger lavt, hvilket kan være et problem i forbindelse med fremtidige havstigninger og stormfloder, som der skal tages højde for.

Vurdering af område 13 – Thyrssted-Glud, Juelsminde halvø, Østjylland

Mellem Thyrssted og Glud, langs Horsens Fjords sydkant, findes højtliggende fedt og siltet glimmerler (Oligocæn), som overlejrer fedt plastisk ler (Eocæn). Disse lag er dækket af moræneler. De prækvartære aflejringer er begrænset af en forkastning mod Horsens Fjord, men der er ikke registret seismisk aktivitet. Aflejringerne forventes at være egnede til at være underlag for eller til at omslutte et affaldsdepot. Området har lokal vandforsyning, ingen fredninger eller NATURA2000-områder eller råstofinteresser. Effekter af klimaændringer kan påvirke kystzonen i form af havstigninger og storme, hvilket der skal tages højde for.

Vurdering af Område 14 – Lysnet bakker, Randers, Østjylland

Ved Lysnet Bakker findes højtliggende plastisk ler under et forholdsvis tyndt dække af istidslag, som dog stedvist mangler. Aflejringerne er glacialtektonisk forstyrrede til større dybde, men vil formodentlig kunne fungere som underlag for eller omslutte et depot. Der er vandindvinding fra overfladenære lag og underliggende kalklag i en del af området (OD). NATURA2000 dækker et mindre areal midt i området. Effekter af klimaændringer forventes ikke at ville påvirke et potentielt depot.

Vurdering af Område 15 – Støvring, Randers, Østjylland

Det lille område ved Støvring ligger helt ud til Randers Fjord og indeholder fede leraflejringer, som forventes at kunne være underlag for eller omslutte et sludepot. Aflejringer er delvis glacialtektonisk forstyrrede. Der er mindre drikkevandsinteresser (OD), og området grænser op til et OSD område. Der er ingen NATURA2000-begrænsninger, men området grænser op til interesser i fjorden. Fremtidige klimaændringer kan forårsage havstigninger, der vil kunne påvirke et potentielt depot på det lavtliggende område, hvilket der må tages højde for.

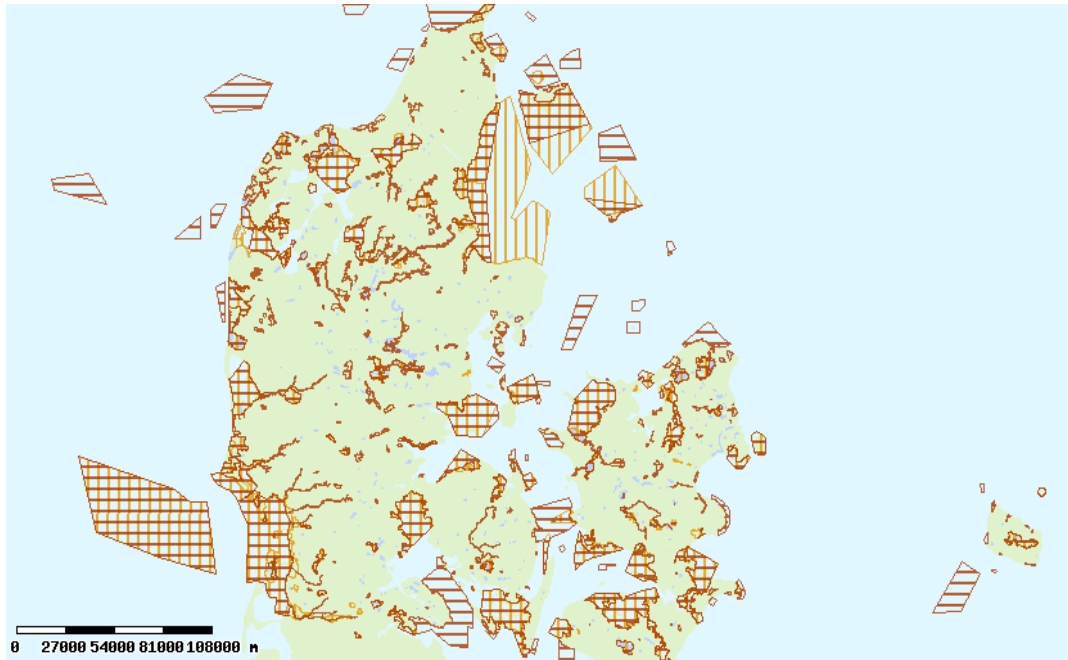


Fig. 7. Kort der viser beliggenhed af NATURA2000-områder (rød) og fuglebeskyttelsesområder (gul) (Miljøministeriet, 2010).

Map of the NATURA2000 areas (red) and areas for protections of birds (yellow) in Denmark.

5.6 Limfjorden (Rapport nr. 9)

I det sydvestlige Limfjordsområde er seks områder undersøgt: Område 16: Limfjorden-syd, Område 17: Hvidbjerg, Område 18: Harre Vig, Område 19: Branden-Junget, Område 20: Thise og Område 21: Skive vest.

Limfjorden-syd omfatter tre delområder langs kysten af Limfjorden: Handbjerg, Vorde og Lyndelse, hvor der træffes store tykkelser af kvartært Elster smeltevandsler ned til ca. 120 meters dybde, ofte overlejret af op til 20 m moræneler. Handbjerg ligger ved Venø Bugt og terrænet skrånede fra ca. 30 m til 0 m ved bugten. Vorde og Lyndelse ligger ud til Hjarbæk Fjord. Vorde består af et bakket terræn op til ca. kote + 50 m og skrånende ned til fjorden. Lyndelse ligger i op til ca. kote 40 m og ligeledes hældende ud mod fjorden.

Ved Hvidbjerg på nordsiden af Thyholm ligger terrænet i ca. kote + 10 - 20 m, hældende mod Limfjorden. Området ligger på nordsiden af Uglev Salthorsten med op til 80 m tykke lag af siltet ler og fedt ler fra Oligocæn, som bliver gradvis tykkere mod nord. Lagene er overlejret af 4 - 20 m tykke kvartære lag.

I Harre Vig området på Vestsalling findes der flere flade bakker i op til ca. kote + 50 m, som hælder mod Harre vig, men også gennemskæres af gennemgående dale. Der er 0 - 30 m

tykke istidslag, især moræneler, ovenpå tykke lag af siltet ler og fedt ler fra Oligocæn, som underlejres af meget fedt plastisk ler fra Eocæn og Palæocæn, ialt ca. 265 m.

Det lille område ved Branden-Junget på Nordsalling ligger, hvor det er højest, i ca. kote + 20 m og hælder ud mod Limfjorden. Der træffes fedt ler på op til 100 meters tykkelse fra Oligocæn nord for den tætliggende Batum salthorst. De overliggende kvartære lag af bl.a. moræneler er op til 10 m tykke.

Midt på Østsalling, omkring Thise, ligger terrænet som en flad bakke op til ca. kote + 40 m, hvorfra terrænet hælder nedad til alle sider. Området indeholder siltet ler og fedt ler fra Oligocæn på op til 150 m's tykkelse under istidslag af moræneler på op til 15 m's tykkelse og stedvis også af smeltevandsler.

Området vest for Skive ligger i et terræn, hvor den nordlige del når op til ca. kote + 40 m. Terrænet hælder stejlt ned til den sydlige del, der udgøres af en øst-vest orienteret dal i ca. kote + 5 - 6 m. Geologisk består området af op til 150 m siltet ler og fedt ler fra Oligocæn overlejret af istidslag, som kan være op til 40 m tykke.

Vurdering af Område 16 – Limfjorden syd

De tre delområder har store lagtykkelser af fedt smeltevandsler og moræneler og kunne derfor tænkes at rumme et potentiel slutdepot. Ved Handbjerg ligger området ud til havet med risiko for indtrængning af havet ved en mulig fremtidig havstigning, hvilket der må tages højde for. Der er begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser langs kysten, men inde i land er der tale om et OD-område. Der er ingen NATURA 2000-områder.

Ved Vorde er terrænet højere end ved Handbjerg, hvilket kan skyldes glacialtektonik. Drikkevandsforholdene er som ved Handbjerg. Der er ingen NATURA2000-områder, men det er der på det tilstødende havområde. Vorde-området er præget af tæt bebyggelse.

Ved Lynderup veksler fede leraflejringer med moræneler. Drikkevandsforholdene er som ved de to andre delområder. Der er ligeledes ingen NATURA2000 områder. For alle tre områder gælder, at eventuelle havstigninger kan påvirke et slutdepot på de lave arealer, hvilket der må tages højde for.

Vurdering af Område 17 – Hvidbjerg, Thyholm, vestlige Jylland

Det lille område på Thyholm nord for Uglev salthorsten har et fladt terræn, som hælder ud mod kysten. Området kan i nogen grad være præget af glacialtektonik, men de relativt tykke lerlag vurderes at ville være velegnede til et slutdepot. Området er klassificeret som et område med begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser. Området grænser op til NATURA2000-områder på havet. Effekter af fremtidige klimaændringer forventes ikke at påvirke området.

Vurdering af Område 18 – Harre Vig, Salling, Jylland

De højtliggende leraflejringer ved Harre Vig vurderes at kunne danne underlag for eller omslutte et slutdepot. Istidslagene, som mest består af moræneler, er stedvist tynde, og de ældre lag af fedt ler ser ud til at ligge uforstyrrede på plads med stor horisontal udbredelse. Den tykke lagserie går fra fedt ler til meget fedt plastisk ler med dybden. Området har begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser ud mod Harre Vig, men et OD-område findes mod øst. Der er lokal vandforsyning. Der er ingen NATURA2000-områder. Fremtidige effekter af klimaændringer vil formodentlig kunne påvirke kystzonen, hvilket der må tages højde for.

Vurdering af Område 19 – Branden-Sejet, Salling, Jylland

Det fede Branden ler ligger på nordsiden af Batum salthorsten, hvorfor lagene hælder mod nordøst. Glacialtektonik præger hele denne kyststrækning. Området er forholdsvis lille og har begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser. NATURA2000-områder findes på havet. Klimaændringer vil kunne påvirke kystzonen ved havstigninger og stormfloder, hvilket der må tages højde for.

Vurdering af Område 20 – Thise, Salling, Jylland

Ved Thise træffes fedt ler og siltet ler fra Oligocæn under tynde istidslag af moræneler og smeltevandsler. Det vurderes, at den horisontalt udbredte lagfølge vil være anvendelig til at rumme et muligt slutdepot. Der er begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser langs kysten, men et OD-område findes inde i land. Der er ingen NATURA2000-områder. Fremtidige klimaændringer vil formodentlig ikke påvirke et depot.

Vurdering af Område 21 – Skive, vest, Jylland

De sammenhængende oligocæne leraflejringer, dækket af forholdsvis tynde istidslag, i området vest for Skive vurderes at kunne rumme et slutdepot. Det meste af området er klassificeret som havende begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser. Der er ingen NATURA2000-områder. Fremtidige klimaændringer vil formodentlig kun have begrænsede påvirkninger på et depot på de lavtliggende arealer, hvilket der må tages højde for.

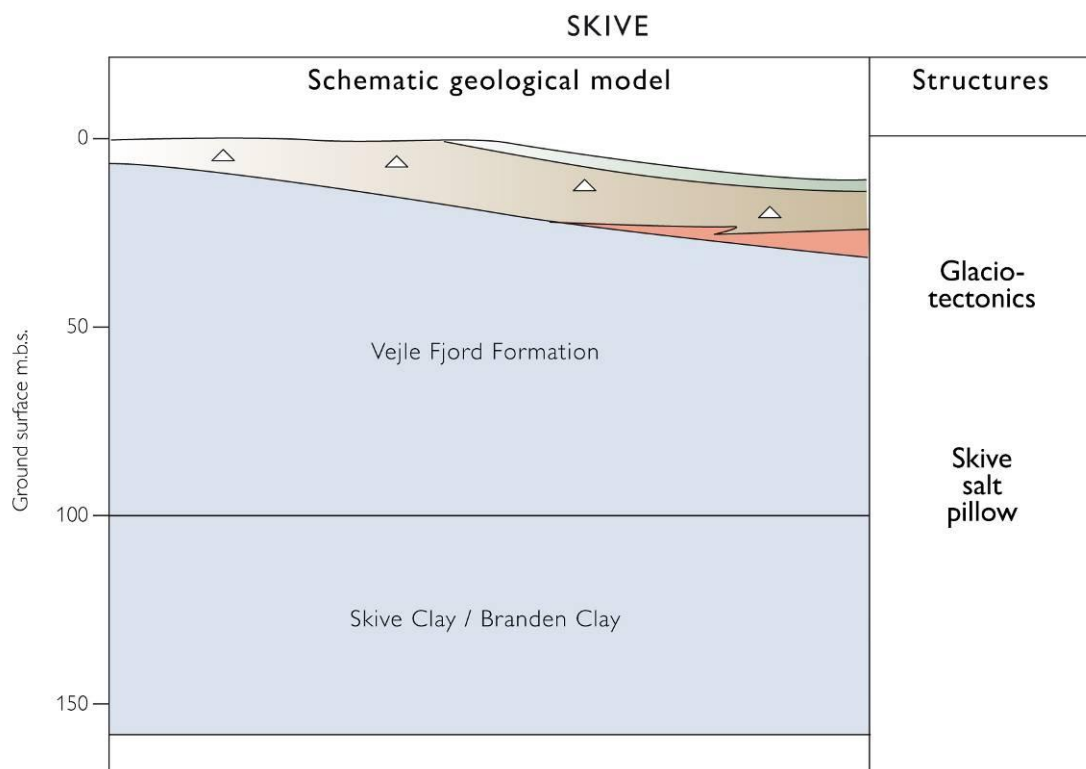


Fig. 8. Eksempel på en skematisk geologisk model fra Skive vest.
Example of a schematic geological model from Skive West.

5.7 Nordjylland (Rapport nr. 10)

I Nordjylland er ét område undersøgt: Område 22: Ålbæk, hvor de udbredte marine Kvar-tære aflejringer i Nordjylland når stor tykkelse. Terrænet ligger i kote ca. + 4 – 15 m.

Vurdering af Område 22 – Ålbæk, Nordjylland

De op til 200 m tykke marine ler-, silt- og finsandsaflejringer vil kunne omkredse et slutdepot.

Aflejringerne kan indeholde fri methan. Det må afklares, om dette ville udgøre et problem. Der er begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser. Der ingen NATURA2000-områder, men et større NATURA2000-område ligger syd for. Havstigninger kan muligvis påvirke et eventuelt depot, hvilket der må tages højde for.

6. Introduction

The low - and intermediate level radioactive waste from Risø: the nuclear reactor buildings, different types of material from the research periods and waste from hospitals and research institutes have to be stored in a final disposal in Denmark for at least 300 years (Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2005, 2007). The task is to locate and recognize sediments or rocks with low permeability which can isolate the radioactive waste from the surrounding deposits, the groundwater resources, the recipients and from human activities.

The sediments or rocks shall also act as a protection if the waste disposal leaks radioactive material to the surroundings. This goal can be reached by choosing deposits with low water flow and high sorption potential of the sediments or rocks.

The investigation of geological deposits as potential waste disposals for high radioactive waste from nuclear power plants has earlier focused on deep seated salt deposits and basement rocks but the Tertiary clays were also mapped (Atomenergikommisionen, 1976, Dinesen, Michelsen & Lieberkind, 1977).

The salt diapirs, salt pillows and salt deposits and deep basement rocks are not included in the present study. These rocks and deposits are situated too deep for the present study and salt deposits seem to be unstable for a disposal (e.g. German salt mines).

The task is to find approximately 20 areas where a waste disposal potentially can be located. The 20 areas have to be reduced to 2-3 most potential locations where detailed field investigations of the geological, hydrogeological-hydrochemical and technical conditions will be performed.

7. Background

In Denmark, many different fine-grained sediments and crystalline rocks occur from the earth surface down to 300 m depth. Therefore, the possible geological situations include sediments and rocks of different composition and age and these are also geographical distributed over large areas of Denmark.

These sediments and rocks are shortly described based on existing information in Report no. 2 where five different types are included. 1: Crystalline granites and gneisses of Bornholm because in many other countries these rocks types are host for waste disposals. 2, Sandstones and shales from Bornholm, 3. Chalk and limestone which in certain areas are low permeable seals but in other areas acts as groundwater reservoirs. 4. Tertiary fine-grained and plastic clay deposits which are widely distributed, low permeable and can reach large thickness, 5. Quaternary clays of glacial, interglacial and Holocene age can also be important.

In other European countries comprehensive studies of clay deposits (Belgium, Germany, France, Schweizerland) and crystalline rocks (Sweden, Finland, Schweizerland) are carried out for the location of a final disposal for nuclear waste.

All the Danish sand and gravel deposits are excluded from the description because of their potential as ground water reservoir, high permeability, low sorption possibilities and low protection conditions. The sand and gravel deposits often occur below or above the described low permeable and fractured deposits and sand layers can be intercalated in them. Therefore, in certain situations, sand and gravel sediments are included in the final descriptions.

8. Data

A report from 2007 (Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2007) recommends the types of existing data needed for the preliminary selection of disposal sites. The recommendations are based on guidelines from the International Atomic Energy Agency (IAEA, 1994, 1999, 2005).

Report no. 1 briefly describes the existing data collections including databases, maps and models which have been used during the work of selections of approximately 20 probably suitable areas. Most of the information is stored in GEUS databases: Location and bore-hole data, rock sediment and ground water compounds, maps, geophysics and much more, but information are also collected from other institutions.

The preliminary studies are carried out based on existing data. This means that the different areas are described on an uneven data and knowledge base. This is special important in relationship to the fact that many of the surface-near deposits in Denmark have been disturbed and deformed by the glaciers during the Quaternary ice ages. The results of this are heterogeneous deposits with respect to composition and structures.

9. Criteria, methods and selection

The selected potential areas will in various degrees fit into the criteria set up by Gravesen et al., 2010a. Because of the heterogeneous geological conditions in Denmark it is not possible to fulfil all the criteria within one area. Therefore, it is necessary to assess the criteria and to compare the areas mutually.

9.1 Criteria

The geological, hydrogeological and hydrochemical criteria have been central for the selection of areas. The type of disposal was not decided when the studies started and therefore the following criteria were the most important.

- The deposits from the ground surface and downwards should be as homogeneous and low-permeable as possible. This means that high-permeable deposits as sand and gravel should have limited distribution.
- The deposits should enclose the disposal and this needs thick low-permeable layers with horizontal distribution.

Other parameters/criteria have also been recognized as important for the selection process:

- Areas of special drinking water interests (OSD) have totally been avoided (See fig. 6). Areas of drinking water interests (OD) comprise a very large area of Denmark. It has not been possible totally to exclude these areas.
- Groundwater reservoirs of good status. It has been tried to avoid these areas (regional).
- EU nature protection areas have been avoided (NATURA2000) completely. Other nature and heritage protection areas are also avoided if possible (see fig 7.).
- Larger cities and suburbs of larger cities are avoided.

9.2 Methods

The methods have been as follows:

- The geological conditions in Denmark have been evaluated based on existing data and information. It was decided which types of sediments and rocks should be included in the further work.
- The next step was to identify and avoid the areas of OSD, NATURA2000 and cities. These areas were not treated further.

- The rest of the areas were analyzed according to the criteria of thick low-permeable deposits with large horizontal distribution from ground surface and downwards.
- As a result of the analyses, 22 areas were selected and described in details. The areas have to be reduced to 1 – 3 most potential localities in which detailed field work has to be carried out.

Future climate changes have some meaning for the selection process. The present prognoses from IPCC for the future changes reach approx. 100 years ahead. The waste disposal shall exist at least 300 years.; Therefore, the climate change forecasts will be uncertain for the last 200 years. The forecasts for sea level rise at Danish coasts are between 0.5 and 1.0 m but larger sea level rises have been foreseen if the climate changes are not stopped or slowed down.

Each area is selected in a larger size, than expected necessary for the final location or site. Therefore, it will be possible to locate the final site according to other limitations or parameters within the areas.

The location of the 22 areas is given in fig 1. More detailed maps are available in appendix 2.

Maps showing the geological background are found in figs. 3, 4 and 5.

10. Resume of the description of areas

10.1 Bornholm (Report no. 4)

Bornholm includes two areas. *Area 1: Østermarie-Paradisdakkerne* consists of Precambrian migmatite/gneiss covered by thin glacial till. The terrain is flat with slopes towards the north but it is cut by some valleys. The relatively tight migmatite is cut by fractures. The basement rocks are comparable to rocks in Sweden and Finland which will be used as waste disposal rocks.

Area 2: Hammeren – Vang Granite quarries consist of intrusive granites with a thin cover of sandy clayey tills. The granites are partly weathered in fractures. The quarries could be the basis for the upper part of a disposal, which would continue into deeper levels.

10.2 Falster and Lolland (Report no.5)

On Falster, the *Area 3* is located: *Gedesby Nyby-Gedser*. The relatively low-lying terrain consists of 2 - 20 m thick glacial deposits on 60 - 80 m thick sequence of Paleocene fine-grained clay and Cretaceous chalk. The clays are increasing in thickness towards the south.

Area 4: Rødbyhavn is situated up to level + 5 m. Fine-grained and plastic Paleocene clays, approx. 80 m thick, and covered by 14 - 36 m thick firm clayey tills.

10.3 Sjælland (Report no. 6)

On Sjælland, *Area 5: Risø* is the area of the Nuclear Energy Research station and the present location of the nuclear waste. The terrain reaches from the sea level up to ca. + 20 m. The geological deposits vary with a build up of clayey till, meltwater clay and silt and meltwater resting on thin Paleocene clay and limestone above Danian limestone. The area is crossed by three apparently regional fault lines cutting the pre-Quaternary deposits.

Area 6: Stevns peninsula is situated between the cliff and approx. 500 m inland. The terrain is a till plain in level + 30 - 35 m. Clayey till (up to 15 m) rests on Danian limestone (15 - 25 m thick) which again rests on Maastrichtian chalk. In the area, mainly in the Danian limestone, tunnels and caves have been excavated for military purposes.

10.4 Langeland-Tåsinge-Fyn (Report no. 7)

Area 7: Langeland south on the southern part of Langeland has terrain level between + 2 and + 25 m. The Quaternary deposits are 25 - 50 m thick. They rest on at least 60 m thick layers of fine-grained and plastic Eocene clays.

Area 8: Langeland mid consists of an area east of Rudkøbing and the islands Strynø and Siø. On Langeland, the terrain is mainly between level + 15 and +40 m while the terrain on other islands is close to level 0 m. The Quaternary deposits, of up to 50 m thick mainly clayey till, rest on up to 100 m thick Paleocene and Eocene fine-grained and plastic clays.

Area 9: Vemmenæs on Tåsinge is a relatively small peninsula area with terrain in level + 5 - 10 m. The clayey tills are up to 30 m thick, resting on at least 25 m Paleocene fine-grained clay.

Area 10: Kertinge Mark is a peninsula on north-eastern Fyn. The terrain is situated in level + 20 m and slopes towards the coast. The Up to 30 m thick clayey till rests on at least 40 m fine-grained Paleocene clay.

Area 11: Hindsgavl-Fænø occurs in western Fyn and consists of the peninsula Hindsgavl and Fænø island. The terrain is situated in level + 20 - 25 m but is sloping towards the coast. Clayey tills and sand deposits are approx. 40 m thick. Below follows fine-grained and plastic clay down to approx. 170 m below ground surface where Danian limestone is reached.

10.5 East Jylland (Report no. 8)

Area 12: Klejs – Sønderby is situated on the eastern part of the Juelsminde peninsula in two subareas: Klejs, where the terrain is situated up to level + 100 m and Sønderby where the terrain is from level 0 m to + 39 m. Below 2 - 20 m clayey till follows up to 130 m fine-grained and plastic clay from Eocene and Oligocene.

In the *Area 13: Thyrted – Glud*, the terrain is situated in level + 50 m, sloping towards the coast in the north. At least 90 m thick clays from the Eocene and Oligocene are found below 20 m clayey till.

Area 14: Lysnet Bakker is a large hill area reaching up to level + 100 m. The core of the hills consist of up to 100 m of fine-grained and plastic clays from the Eocene and Oligocene covered by 0 - 30 m thick layers of clayey till and sand.

Area 15: Støvring is a small area situated in level + 65 m towards the west and 0 - 1 m towards the east. The area consists of Paleocene and Eocene plastic clay (up to 75 m) below an up to 40 m clayey till.

10.6 Limfjorden (Report no. 9)

Area 16: Limfjorden south consists of three sub-areas: Handbjerg, Vorde and Lyndelse. The areas are situated from the sea shore to level + 50 m, very varying topographies but often sloping towards the coast. The up to 120 m thick meltwater clays and silts from the Elsterian are often overlaid by clayey tills (up to 20 m).

Area 17: Hvidbjerg, Thyholm is a relatively small peninsula on northern Thyholm. The area is located in level + 10 to 20 m, sloping towards the coast. The area on the north side of the Uglev salt diapir consists of up to 80 m of silty and fine-grained Oligocene clays covered by 4 - 20 m thick Quaternary deposits.

On the western part of Salling, *Area 18: Harre Vig* is located. The terrain is dominated by several flat hills up to level + 50 m, sloping against Harre Vig, crossing valleys on the east. The area is characterized by silty, fine-grained and plastic clays from Paleocene, Eocene and Oligocene, totally 265 m thick. Above these deposits is found 0 - 30 m thick Quaternary deposits, mostly clayey till.

Area 19: Branden-Junget, Salling is a small area on the north side of the Batum Salt diapir. The highest point is level + 20 m but the terrain is sloping towards the Limfjorden in level + 0 m. The area consists of up to 150 m of fine-grained Oligocene clay below some up to 10 m thick Quaternary sediments.

On the eastern part of Salling is found *Area 20: Thise*. The terrain is formed as a flat hill in approx. level + 40 m sloping out in all directions. The area consists of silty and fine-grained Oligocene clay covered by clayey tills and meltwater clay in up to a thickness of 15 m.

Area 21: Skive west is situated in inner part of Skive Fjord. The terrain reaches up to level + 40 m towards the north, from which the terrain has a steep slope towards the south, where a west-east oriented valley occurs in level + 5-6 m. The area is build up by 150 m silty and fine-grained Oligocene clay covered by up to 40 m thick glacial deposits.

10.7 North Jylland (Report no. 10)

Area 22: Ålholm is the only area in northern Jylland/Vendsyssel. The terrain is flat and lying in level + 4 to 15 m. Sequences up to 200 m thick of Quaternary marine and glacial deposits are covered by sandy marine and aeolian deposits.

11. Feltundersøgelser på lokaliteter

Beskrivelse, udpegning og vurdering af de 22 områder er foregået på grundlag af eksisterende data. Når de 22 områder er reduceret til 1 - 3 områder vil det vil være nødvendigt med detaljerede undersøgelser af bjergartstyper, strukturforhold og grundvand m.m. ved boringer, geofysiske undersøgelser, grundvandstests, laboratorieundersøgelser og modellering.

En kort oversigt over de nødvendige undersøgelser følger nedenfor:

Boringer. Boringer skal udføres for at supplere de eksisterende boringer. Antallet afgøres ud fra områdets størrelse og de ældre boringers kvalitet og beliggenhed. De skal udføres som kerneboringer, således at det intakte prøvemateriale kan bruges til bestemmelse af bjergartsenheder og lagfølger, alder og forskellige fysiske og kemiske forsøg.

Geofysiske undersøgelser. Geofysiske undersøgelser anvendes til at påvise sammenhæng i lagfølgerne mellem boringerne samt til at påvise især tektoniske strukturer. Geofysiske logs i boringerne skal bruges til supplere lagfølgebeskrivelserne og beskrive fysisk-kemiske forhold.

Andre feltundersøgelser. Grundvandsundersøgelser som pumpetest, geotekniske feltforsøg og geologisk feltkarakterisering skal anvendes for at beskrive vigtige parametre for et depots lokalisering.

Laboratorieundersøgelser. Der skal udføres en række laboratorieanalyser: Aldersbestemmelse af lagene ud fra fossilindhold, kornstørrelsesanalyser, mineralogi, bestemmelse af organisk indhold, hydrauliske tests, porøsitet, permeabilitet og vandkemi. Alle analyserne tjener til at karakterisere aflejringer og grundvand for at sikre at forholdene er optimale for et depot.

Modellering. 3 D Geologisk modellering samt numerisk strømnings- og reaktiv transport modellering skal udføres for at have det bedst mulige grundlag for etablering af depotet, vurdering risici og optimering et overvågningssystem.

12. Afsluttende bemærkninger

Forundersøgelseernes regionale geologiske kortlægning baseret på eksisterende data er afsluttet med at pege på 22 forskellige områder i Danmark. Der forestår herefter yderligere undersøgelser for at bringe de 22 områder ned til de 1 - 3 områder, hvor der skal udføres feltstudier, før den endelige lokalitet kan udpeges.

13. Rapporter udarbejdet i forbindelse med projektet - Reports from the project

Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas. Published in GEUS Report Series.

- 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 pages.
- 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 pages.
- Report No. 3.* Pedersen, S.A.S. & Gravesen, P., 2010: Geological setting and tectonic framework in Denmark. GEUS Report no. 2010/124, 51 pages.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Report No. 9.* Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Limfjorden. GEUS Report 2011/49.
- Report No. 10.* Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011: Characterization and description of areas. Nordjylland. GEUS Report 2011/50.
- 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.

14. Litteratur - Literature

- Atomenergikommissionen, 1976: Affald fra kernekraftværker, Handelsministeriet april-maj 1976, 133 pages.
- 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 pages.
- Geologisk Museums Hjemmeside: <http://geologi.snm.ku.dk>.
- 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 pages.
- Håkansson, E. & Pedersen, S.A.S., 1992: Geologisk kort over den danske undergrund. VARV, 1992.
- Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2005: Slutdepot for radioaktivt affald i Danmark. Hvorfor? Hvordan? Hvor?. Juni 2005, 18 pages.
- 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 pages.
- IAEA, 1994: Siting of Near Surface Disposal Facilities. Safety Guides. Safety series no. 111-G-3.1, 37 pages.
- IAEA, 1999: Near Surface Disposal of Radioactive Waste. Requirements. IAEA Safety Standards Series No. WS-R-1, 29 pages.
- IAEA, 2005: Borehole Facilities for the Disposal of Radioactive Waste. IAEA Safety Standards Series, 102 pages.
- Larsen, T.B., Gregersen, S, Voss, P. H. & Orozova-Bekkevold, V., 2008: The earthquake that shook central Sjælland, Denmark, November 6, 2001. Bull. Geol. Soc. Denm. Vol. 56, 27-37
- Miljøministeriet, 2010: <http://www.miljoegis.mim.djk>
- Pedersen, S.A.S., (ed.)1989: Jordartskort over Danmark 1:200.000. Four maps: Nordjylland, Midtjylland, Sydjylland og Fyn, Sjælland, øer og Bornholm. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1989.

Bilag 1. Skematisk oversigt over områderne – Schematic overview of the areas (In Danish)

Resume af potentielle områder 1-22. 2011, PG, BN, SASP, MB.

Om- rå- de	Navn (inkl. terræn- højde)	Geologisk model	Grundvand	Begrænsninger (Natura2000, fredninger, råstoffer, mv.)	Effekter af klima- æn- dringer
1.	Østermarie- Paradisbak- kerne, Bornholm Kote ca. 65 - 80 m	0-3 (17) m moræneler Fra ca. 3 m krystal- lin gnejs/migmatit Hård bjergart, men undertiden forvitret Strukturelle forhold: Vertikale og hori- sontale sprækker og forkastninger. Dybde ned til ca. 50 m, men be- grænset viden i dybden	Begrænsede eller ingen drikke- vandsinteresser, men OSD område mod syd. Grund- vandspejlets be- lignen er stærkt varierende. Strømning mod havet. Ingen større vandforsyninger. Begrænset viden om grundvands- forholdene.	Ingen NATURA 2000 områder. Få fredninger. Ingen råstofinteresser. Et Nationalt Geolo- gisk interesseom- råde område	Ingen effekter af klima- ændrin- ger
2.	Hammeren – Vang granit- brud, Bornholm Kote ca. 82 - 90 m, men lavere bund i brud og i søer	0 - 10 m moræneler Fra 10 m krystallin granit (to typer). Hårde bjergarter, men undertiden forvitrede. Tigængelige i tre granitbrud. Strukturelle forhold: Vertikale og hori- sontale sprækker og forkastninger i betydeligt omfang ned til mindst 60 m. Begrænset viden i dybden.	Begrænsede grundvandsinter- esser. Delvis oplande til overfladeafstrøm- ning mod øst. Strømning mod havet. Stærkt varierende grundvandspejl. To søer i bunden af flere brud. Begrænset viden om de hydrologi- ske forhold.	Ingen råstofinter- esser mere. Vang Granit brud- dene er omfattet af fredningsinteresser. Hammer Granit Bruddet er omfattet af NATURA2000 og fredninger. Nationale Geolo- giske Interesseom- råder Nationalpark- interesser	Ingen effekt af klimaæn- dringer

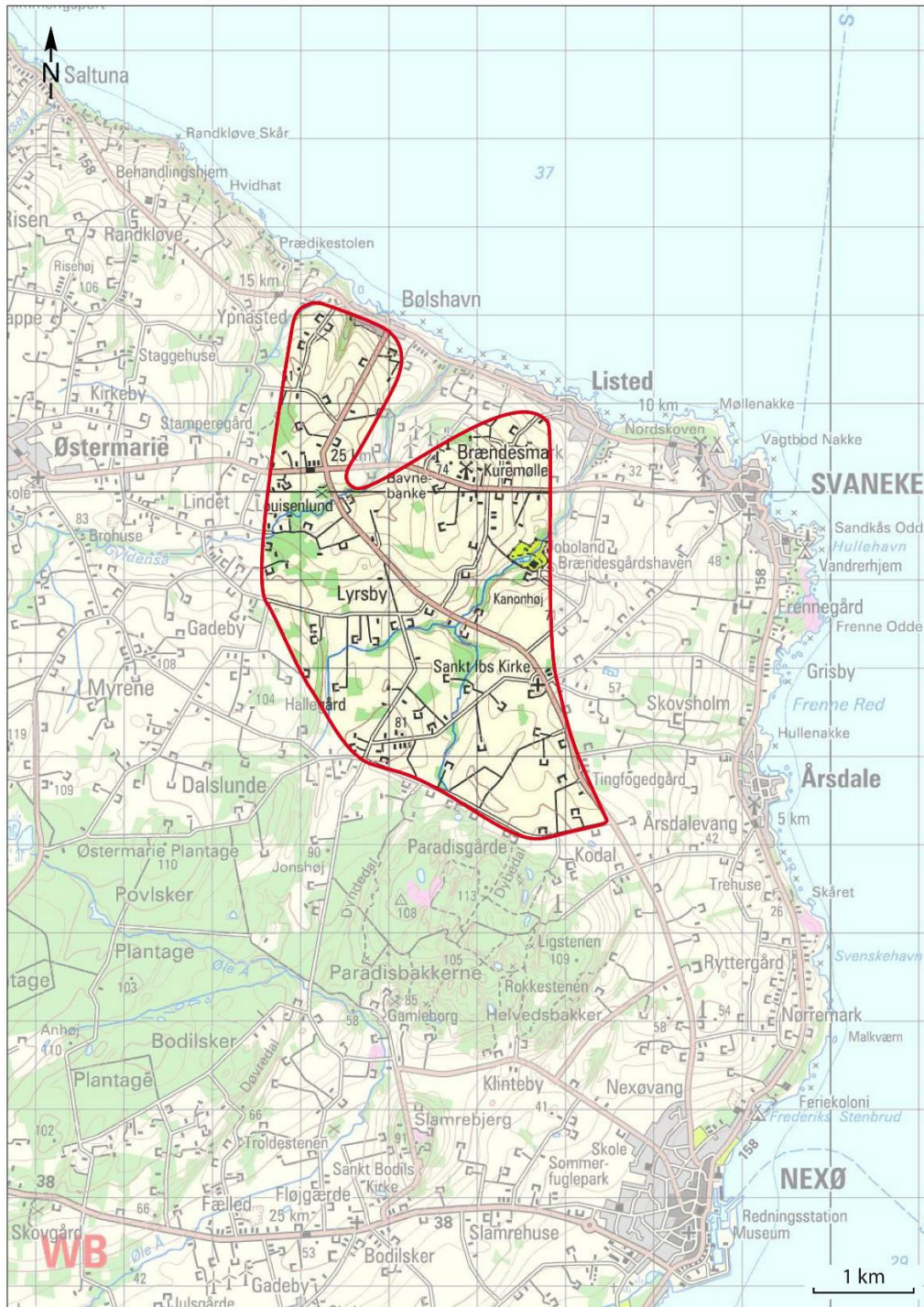
3.	Gedesby-Nyby – Gedser, Sydfalster Kote 0 til + 5 m	14 - 36 m moræneler 36 - 80 m Fedt ler 80 - 110 m Ret fedt ler derunder Skrivekridt Strukturelle forhold: Forkastningsbegrænsninger. Højtliggende skrivekridt pga. saltpude	Begrænsede drikkevandsinteresser, men OD område mod N. Indvinding til Gedesby Nyby planlægges mod N. Strømning mod havet.	NATURA2000 langs kysten på havsiden Lidt begrænset område.	Fremtidig havstigning og øget nedbør kan være et problem
4.	Rødbyhavn, Lolland Kote 0 til + 4 m	Tynde Holocene lag 0 - 30 m moræneler, smeltevandsler, smeltvandssand og -grus 30 - 45 m fedt ler og kalk 50 - 75 m kalk Strukturelle forhold: Tre forkastninger krydser området. Evt. relation til seismisk aktivitet	Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser. Evt. strømning mod havet mod S	NATURA2000 område mod øst, uden for området. Relationer til Femern Bælt forbindelsen skal afklares	Fremtidig havstigning kan skabe problemer, men 4 m højt dige findes allerede.
5.	Risø, Sjælland Kote 0 til + 20-30 m	1 - 15 m moræneler 15 - 25 m Danien kalk Fra 25 m: Skrivekridt Strukturelle forhold: Sprækker og forkastninger gennem sætter området (ned til mindst 40 m)	Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser på halvøen. Vandforsyning til Risø ved Frederiksborgvej. Vigtigt OSD-område mod Ø. Strømning mod V til Roskilde fjord.	Fjorden er NATURA2000 område.	Stigende havniveau og stormfloder vil give øget erosion på klinten.
6.	Stevns, Sjælland Kote op til + 30 m. Stejl klint	0 - 50 m moræneler med sand og grus 50 - 110 m plastisk ler Strukturelle forhold: Hældende lag mod syd	Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser i et bælte langs kysten. OD-område mod V hvor mindre vandværker findes	Råstofinteresser i Sigerslev kalkbrud. NATURA2000 områder langs kysten på havområdet. Nationalt geologisk interesseområde Optagelse på UNESCOs verdensarvsliste forsøges	Effekter af klimaændringer vil have mindre betydning, men erosion af klinten vil forekomme

7.	Langeland syd Kote + 2 - 3 til + 20 - 25 m	2 - 50 m moræneler med sandlag 50 - 110 m plastisk ler 110 - 130 m ret fedt ler, derunder kalk	Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser og delvis OD	Den vestlige kystlinje og syd Langeland er NATURA2000 område	Formodentlig ingen effekter af klimaændringer
8.	Langeland midt, Strynø og Siø Langeland, kote 15 - 40 m Strynø, kote + 0 - 12 m Siø, kote 0-1m	2 - 20 moræneler 20 - 40 smeltevandssand og grus 40-58 m plastisk ler Strukturelle forhold: En del glacialtektonik	Drikkevandsinteresser (OD), men Rudkøbings vand tages mod N Ingen interesser på øerne selv om de er udlagt til OD områder.	Strynø og Siø ligger i NATURA 2000 område. Selve Langeland er presset af NATURA2000 område mod V	Formodentlig ingen effekter på Langeland, men havstigninger og stormfloder kan påvirke øerne
9.	Vemmenæs, Tåsinge Kote + 5 - 10m	0 - 30 m moræneler 30 - 70 m fedt ler. Ingen oplysninger i dybden Strukturelle Forhold: Ingen oplysninger	Mindre OD-område i nærheden. Grundvandsstrømning mod N	Sydrand dækket af NATURA2000, men ingen i selve området	Området vil formodentlig ikke påvirkes
10	Kertinge Mark, Fyn Kote + 20 m	Op til 40 m moræneler med sandlag 40 - 58 m siltet ler 58 - 148 m plastisk ler Fra 148m: ler + kalk Strukturelle forhold: S for dalstruktur ved Gamborg: doming	Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser	Ingen NATURA 2000-interesser	Området vil formodentlig ikke påvirkes
11.	Hindsgavl og Fænø, Fyn Hindsgavl: kote 0 - +20 - 25 m Fænø: kote 0 - +30 - 40 m	2 - 20 m moræneler 20 - 40 m siltet ler 40 - 150 m plastisk ler Strukturelle forhold: Dale mod vest. Forkastning mod Horsens fjord. Glacialtektonik	Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser. Strømning med Lillebælt	Ingen NATURA 2000 områder. Begrænset område på Hindsgavl	Formodentlig ingen effekter af klimaændringer

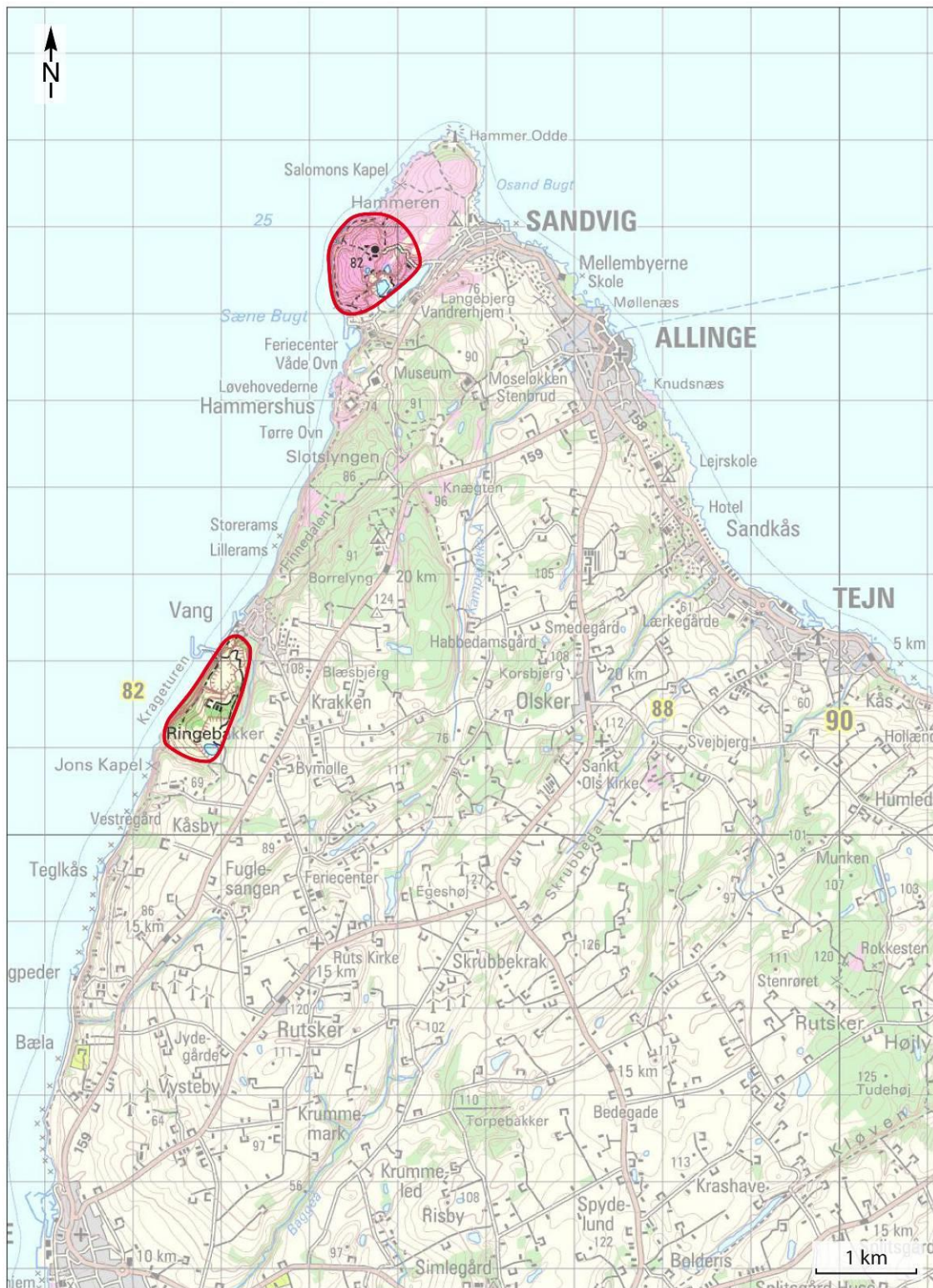
12.	Klejs-Sønderby, Juelsminde (to delområder), Østjylland. Klejs: kote op til + 90 - 100 m Sønderby: kote 0 - + 39 m	0 - 20 m moræneler 20 - 90 m siltet og fedt ler Strukturelle forhold: Forkastning mod Horsens Fjord Graben	Delområderne uden for OD- og OSD-områder. Grundvandsstrømning mod havet.	Ingen NATURA 2000 interesser	De kystnære dele kan påvirkes af havstigning og stormfloder
13.	Thyrsted-Glud Juelsminde, Østjylland Kote + 50 m	0 - 30 m moræneler med sand og grus 30 - 130 m siltet ler og plastisk ler Strukturelle Forhold: Glacialtektonik ned til antagelig 30 - 40 m. Skred måske en risiko	Området ligger uden for OD og OSD områder	Ingen NATURA 2000 områder	Effekter af klimaændringer vil formodentlig ikke påvirke
15.	Støvring, Østjylland Kote op til + 65 m	Op til 20 m moræneler med sand og grus 20 - 120 m smeltvandsler Strukturelle forhold: Bassin mellem salthorste. Glacialtektonik?	Nærliggende OSD område men mindre drikkevandsinteresser i selve området (OD)	Ingen NATURA 2000 i området	Havstigninger kan påvirke lavtliggende del af området
16.	Limfjorden syd, Jylland (Tre delområder) Kote: Alle kystnære (0 m) og op til kote + 40 - 50 m	4 - 20 m moræneler og -sand 20 - 100 m siltet - ret fedt ler derunder Danien kalk Strukturelle forhold: Tætliggende Uglev salt diapir	Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser langs kysten, men OD ind i land. Strømning mod havet.	Lokale lergrave. Stedvis NATURA 2000 på havet langs kysten	Havstigning og stormfloder kan påvirke kystområder
17.	Hvidbjerg, Thyholm Jylland Kote + 10 - 20 m	0 - 30 m moræneler med sand og grus 30 - 165 m siltet og fedt ler 165 - 265 m plastisk ler derunder Danien kalk Strukturelle forhold: Beliggenhed syd for Batum salt horsten	Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser, men indikation på dybt magasin	NATURA2000 område langs kysten på havet.	Fremtidige klimaændringer vil formodentlig ikke påvirke

18.	Harre Vig, Salling, Jylland Kote op til + 50 m	0 - 10 m moræneler 10 - 58 m siltet og ret fedt ler 58 m ->?: plastisk ler Strukturelle forhold: Nord for Batum salthorsten. Hældning mod nordøst. Glacialtektonik	Begrænsede eller Ingen drikkevandsinteresser i kystegnene, men OD mod øst	Ingen NATURA 2000 interesser.	Havstigning og stormfloder vil påvirke kystdelen
19.	Branden-Junget, Salling, Jylland Kote + 0 - 20 m	0 - 15 m moræneler og smeltevandsaflejringer 15 - 155 m siltet og ret fedt ler Strukturelle forhold: Sydvest for Batum salthorsten. Glacialtektonik ?	Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser Strømning mod havet	Ingen NATURA-2000 interesser på land. Molergravning mod sydøst	Kystdelen vil kunne påvirkes af havstigning og stormfloder
20.	Thise, Salling, Jylland Kote op til + 40 m	0 - 40 m moræneler med ler, sand og grus 40 - 190 m siltet og ret fedt ler Strukturelle forhold: På Skive saltpudden. Glacialtektonik	Drikkevandsinteresser (OD), men ingen langs kysten og dele af centralområdet. Grundvandsstrømning ud mod Limfjorden.	Ingen NATURA 2000 interesser	Fremtidige klimændringer vil formodentlig ikke påvirke.
21.	Skive vest, Jylland Kote + 5 - 6 m mod syd og op til + 40 m mod nord	0 - 10 m marint sand 10 - 190 m interglacialt og glacialt sandet ler og silt og moræneler	Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser i det meste af området, men OD mod vest.	Kun et meget lille NATURA2000 område.	Fremtidige klimændringer vil formodentlig ikke påvirke.
22.	Ålbæk Nordjylland Kote + 4 - 15 m		Begrænsede eller ingen drikkevandsinteresser	Stort NATURA 2000 område. Metangas vil være et problem.	Fremtidig havstigning kan muligvis blive et problem

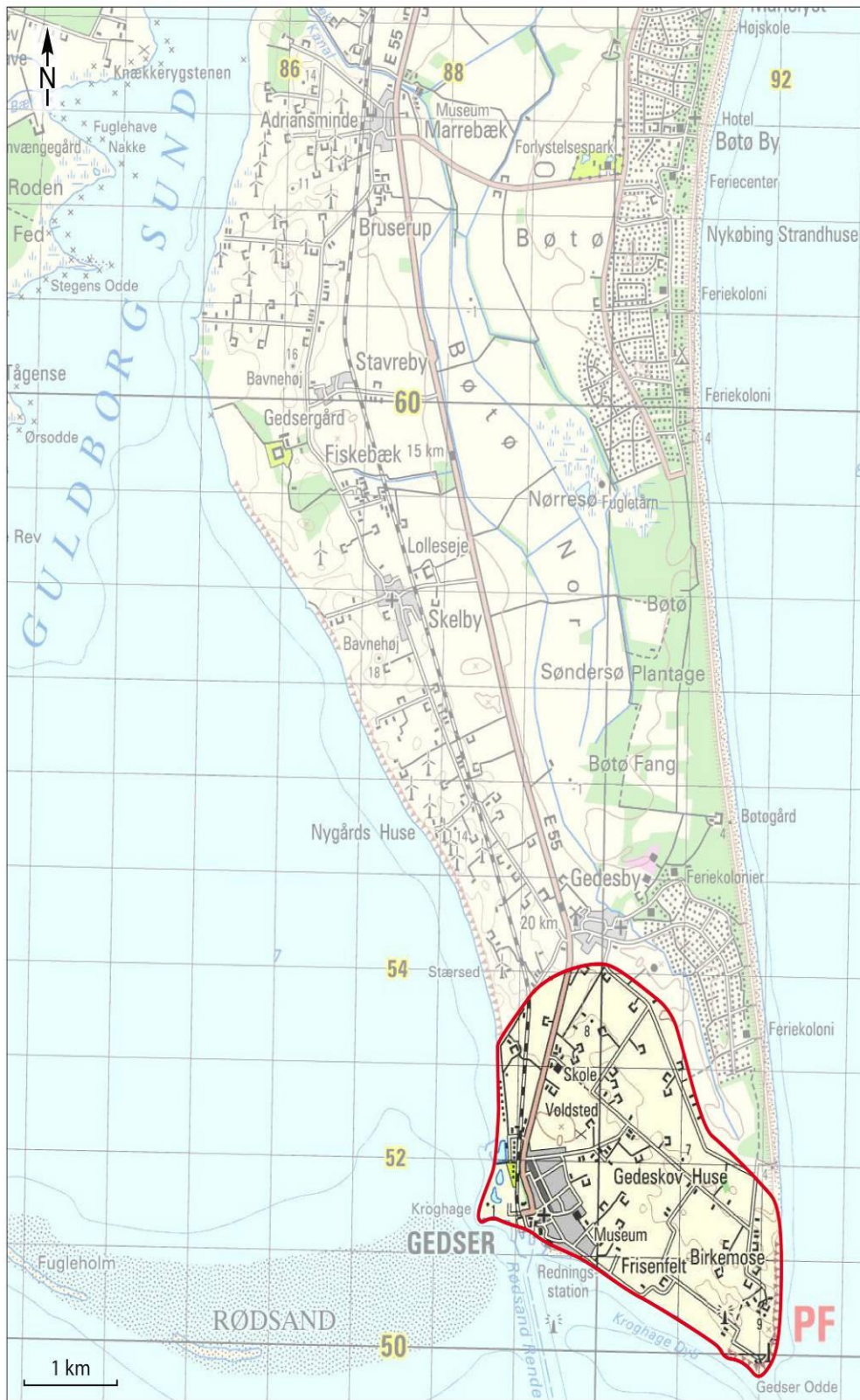
Bilag 2. Kort som viser beliggenhed af de 22 områder. Maps of the 22 areas (In Danish).



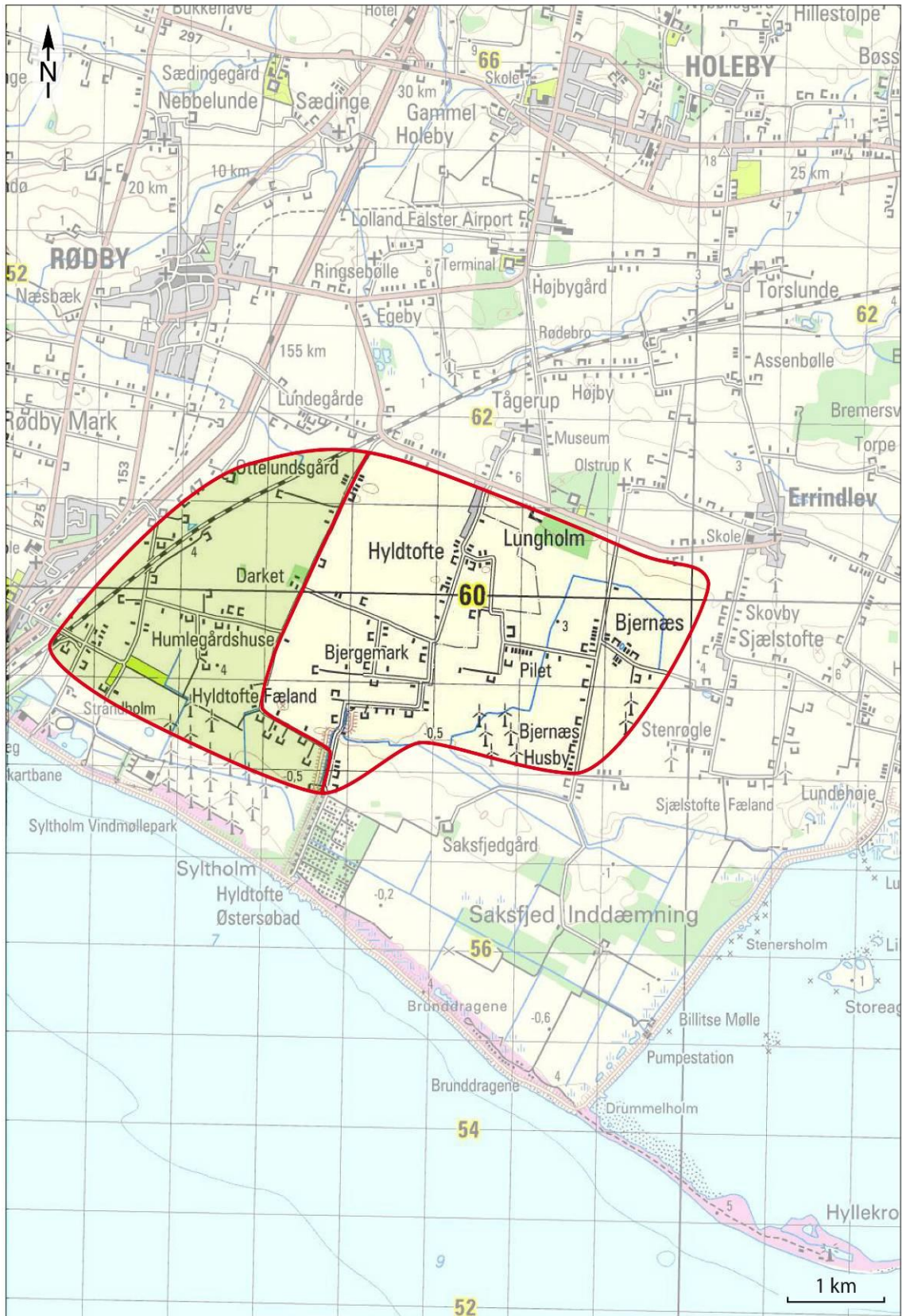
Område1: Østermarie-Paradisbakkerne, Bornholm.



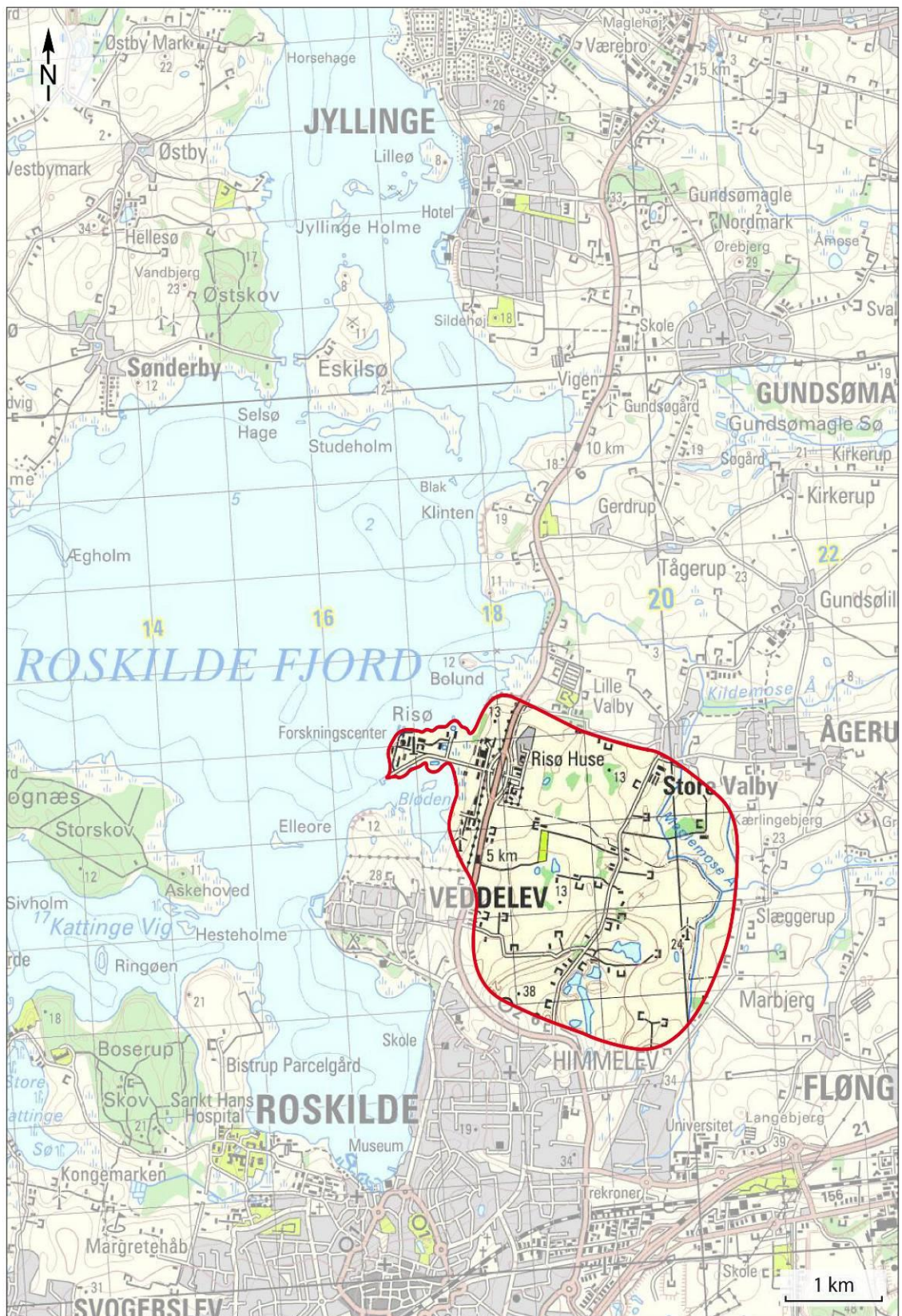
Område 2: Hammeren og Vang Granitbrud, Bornholm. To delområder.



Område 3: Gedesby Nyby – Gedser, Sydfalster



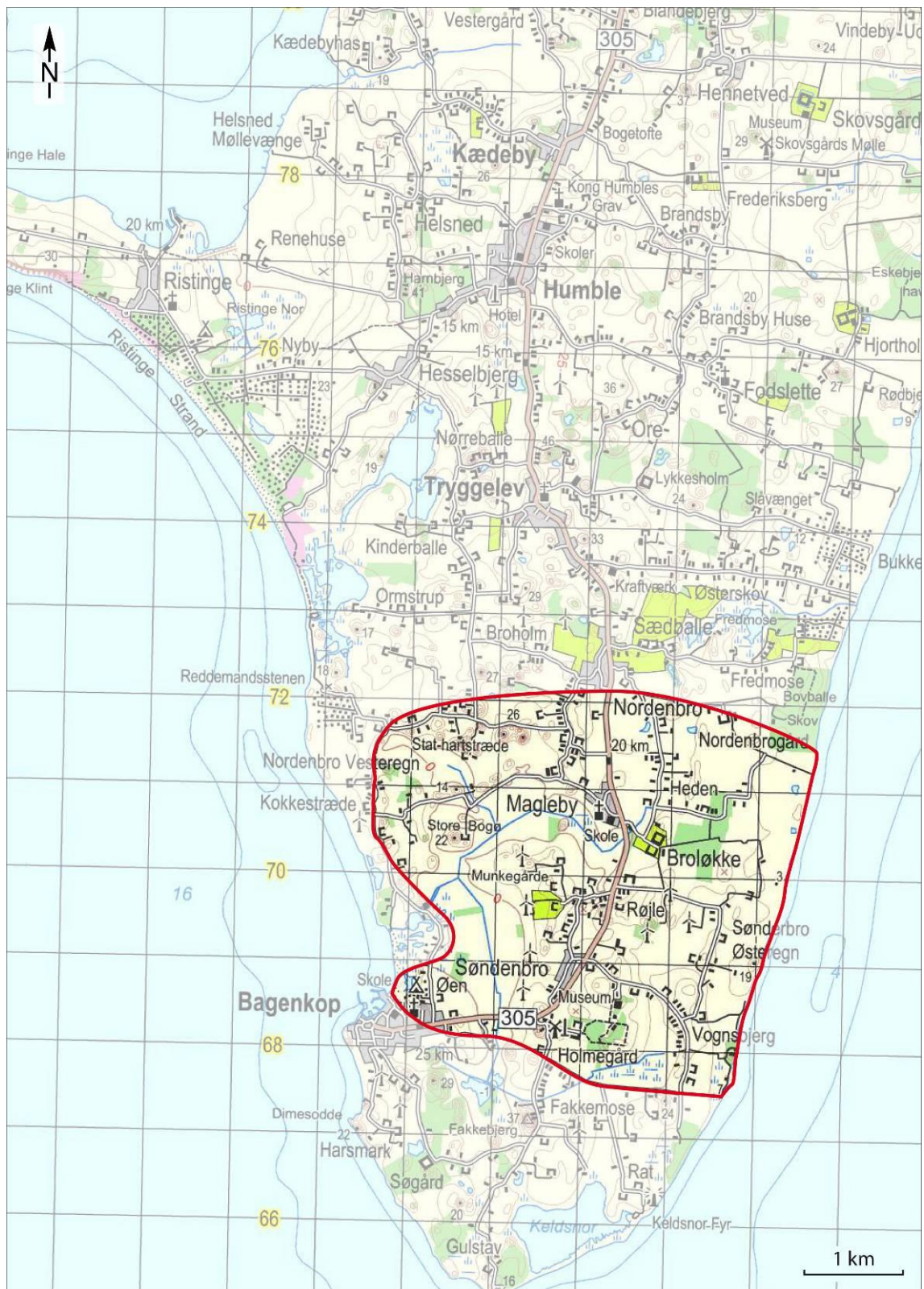
Område 4: Rødbyhavn, Lolland



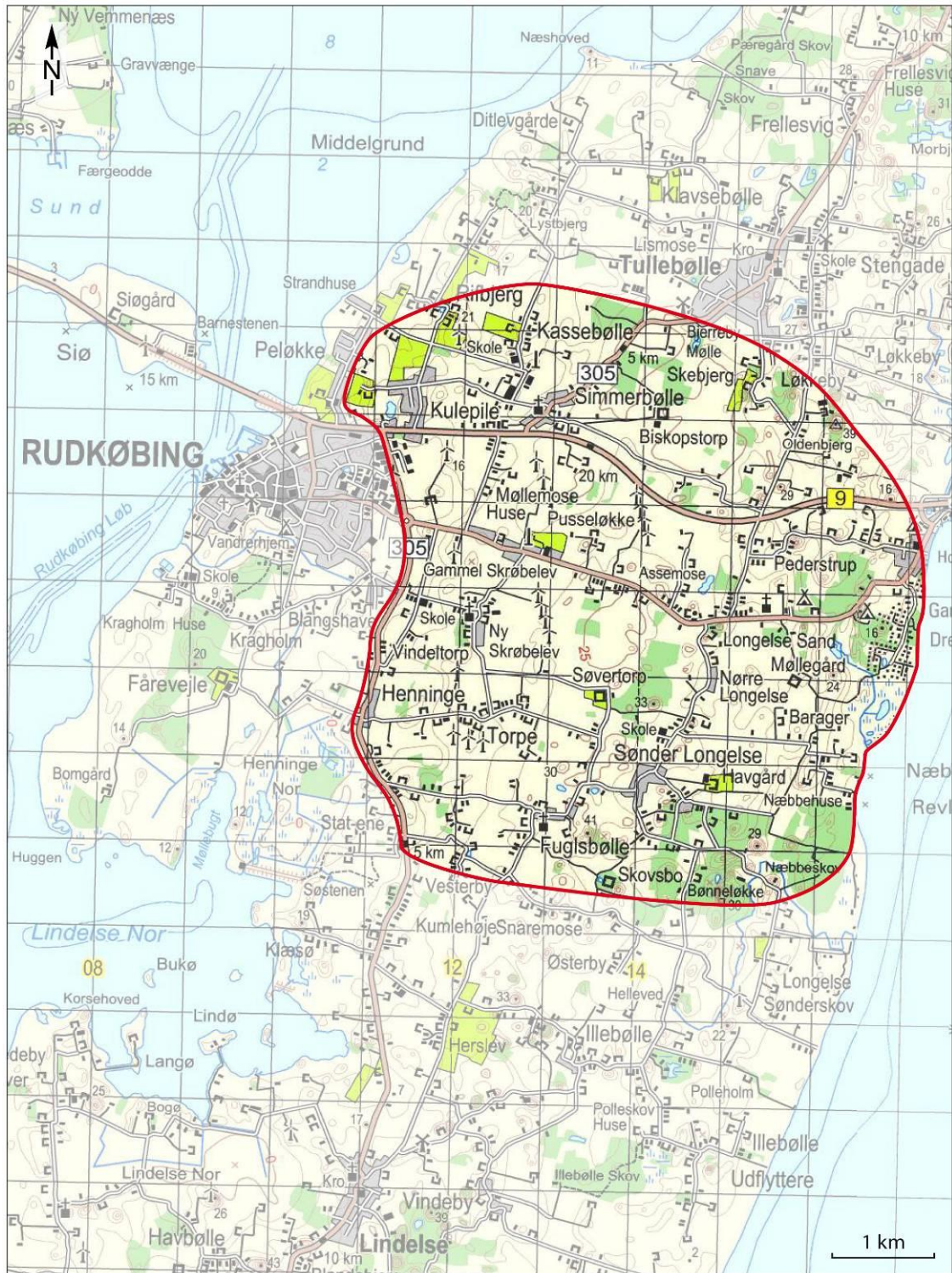
Område 5: Risø, Sjælland.



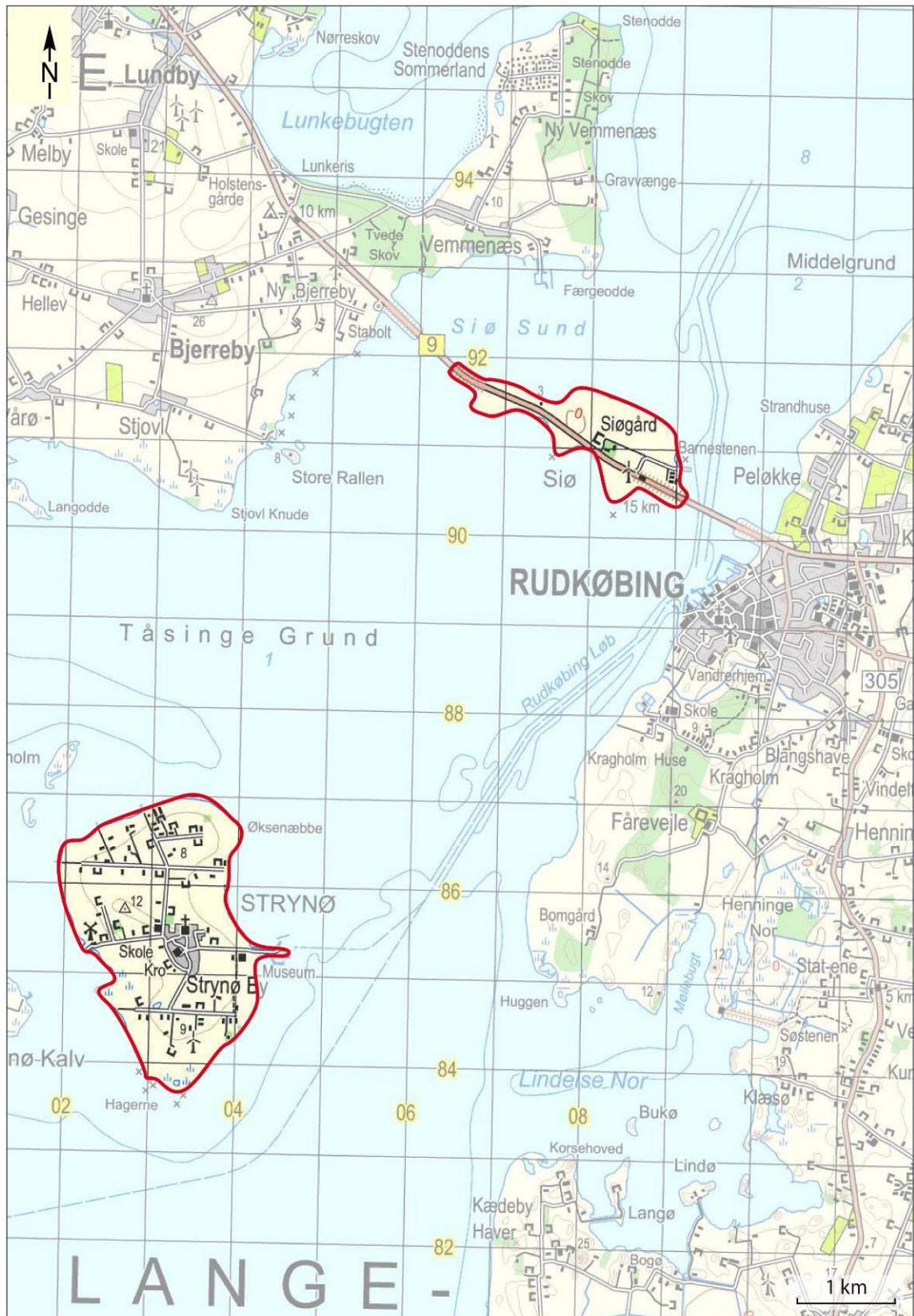
Område 6: Stevns, Østsjælland.



Område 7: Langeland syd.



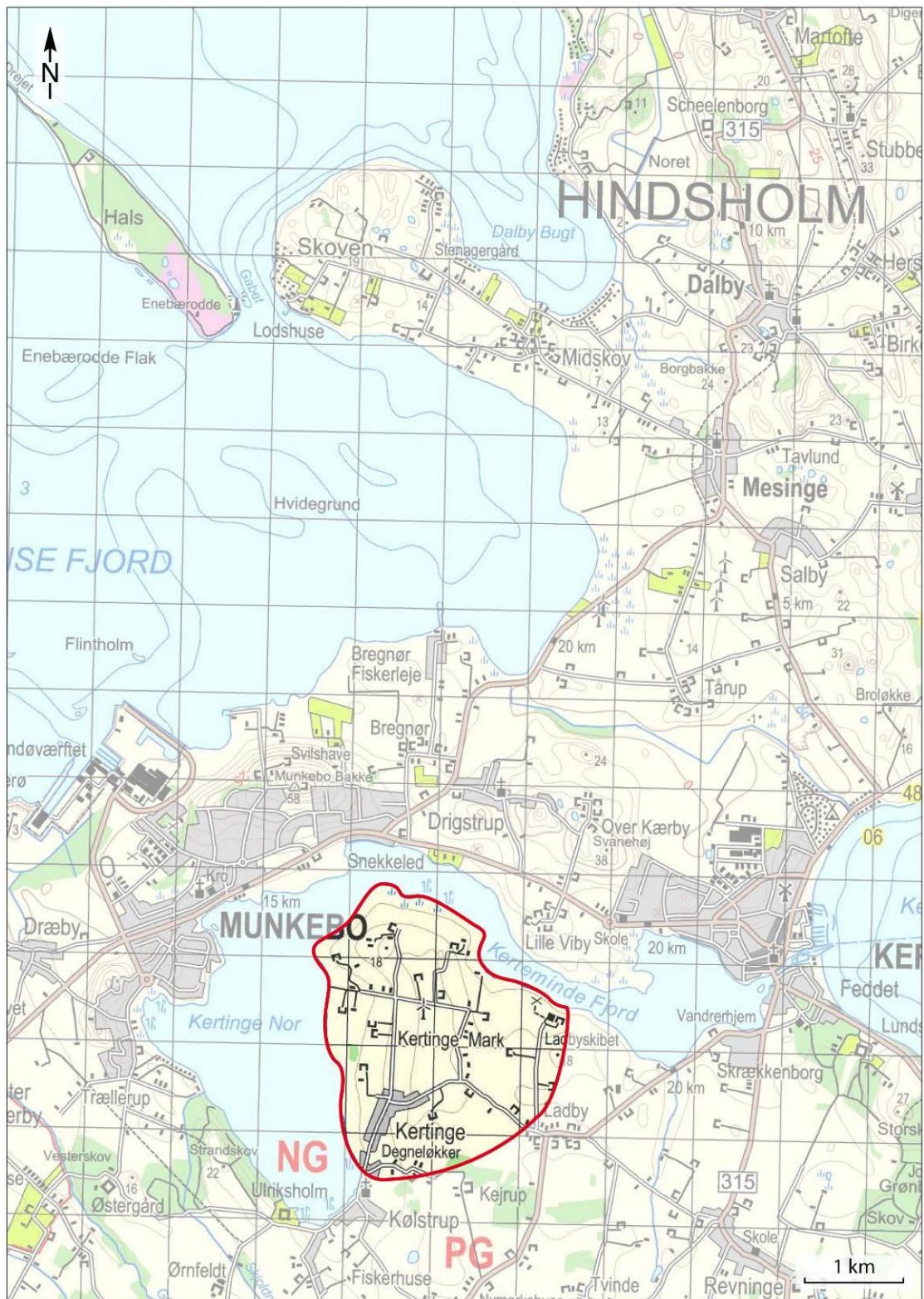
Område 8: Langeland Midt



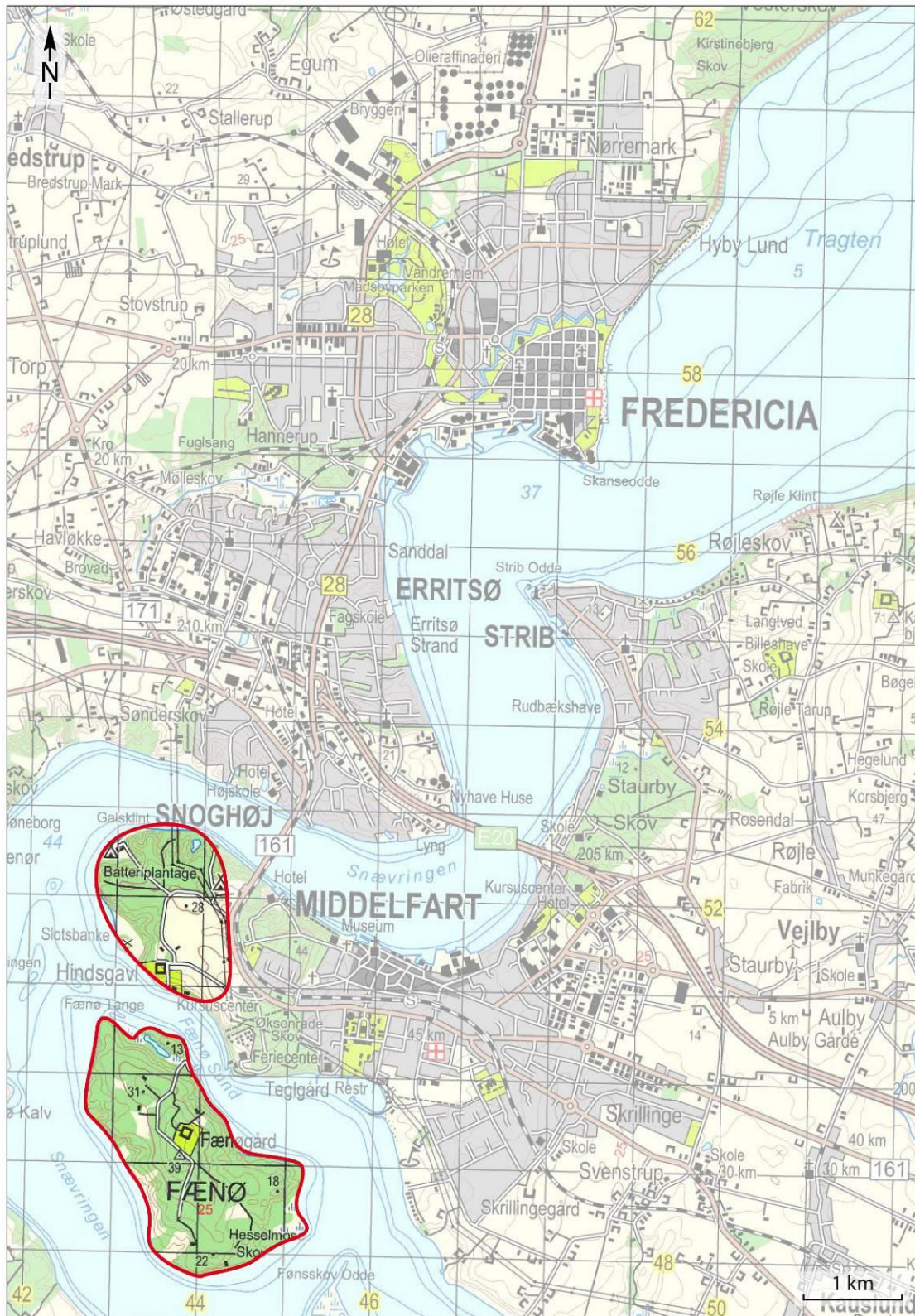
Område 8: Langeland Midt: Siø og Strynø.



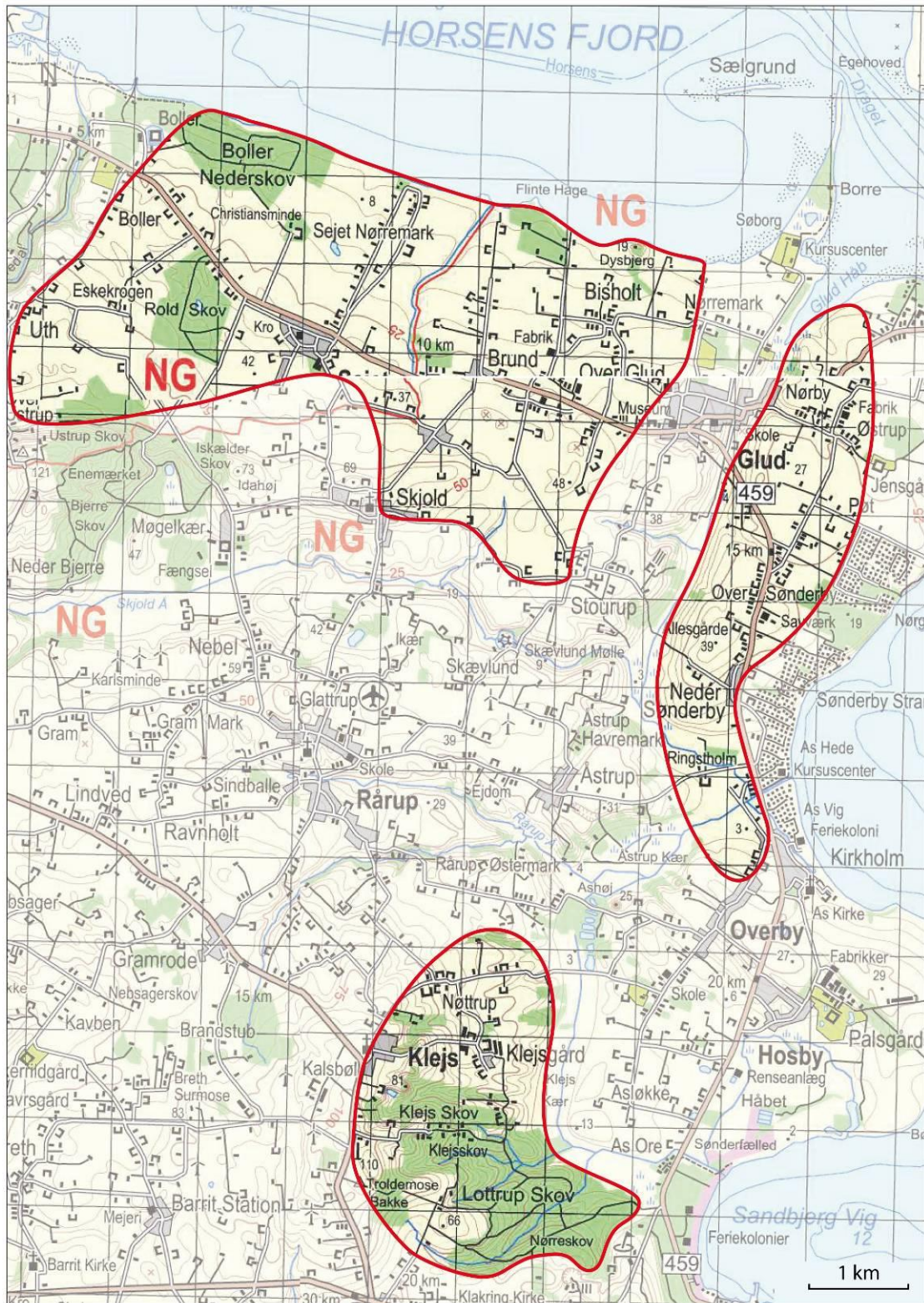
Område 9: Vemmenæs, Tåsinge



Område 10: Kertinge Mark, Fyn.

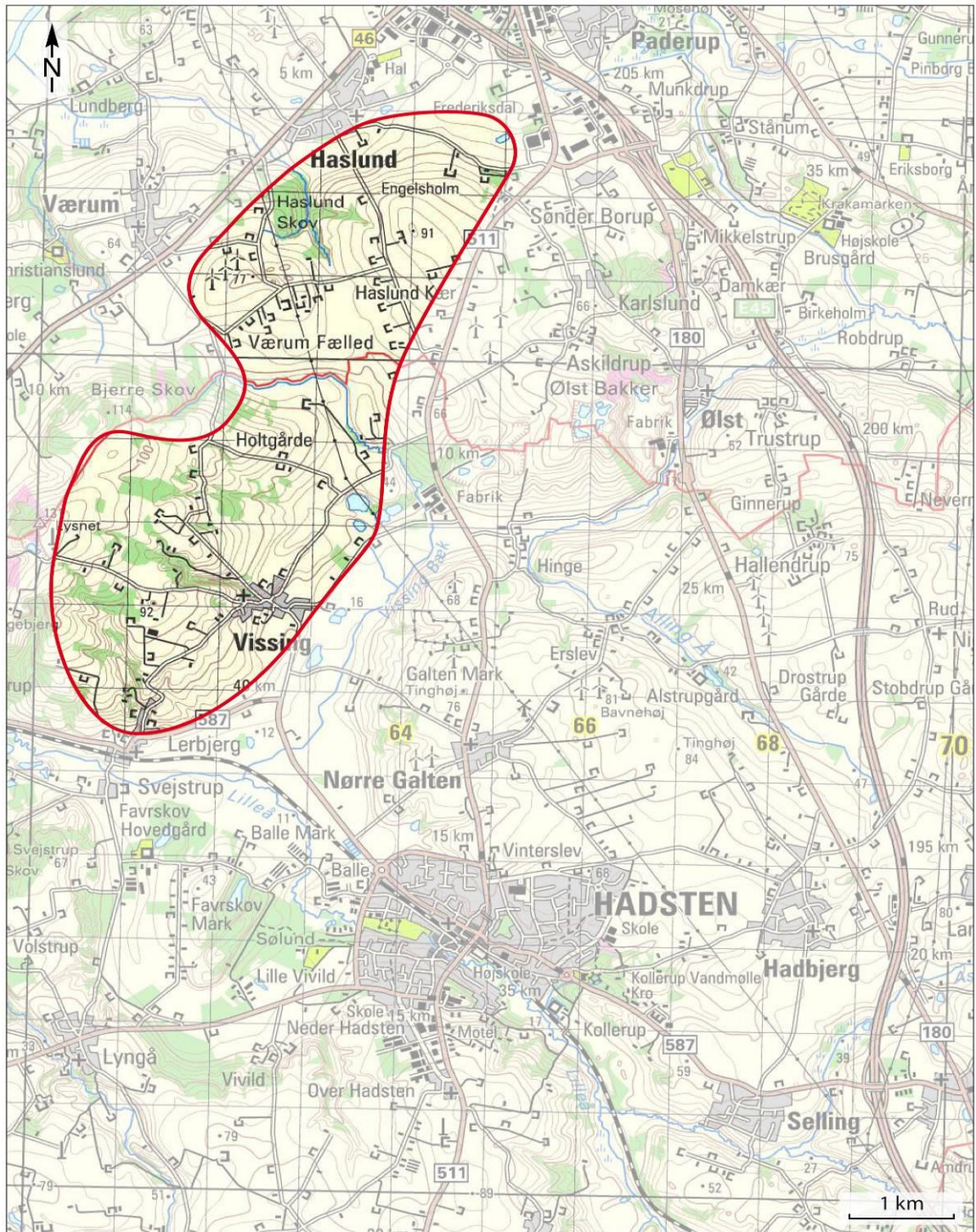


Område 11: Hindsgavl og Fæno, Fyn.

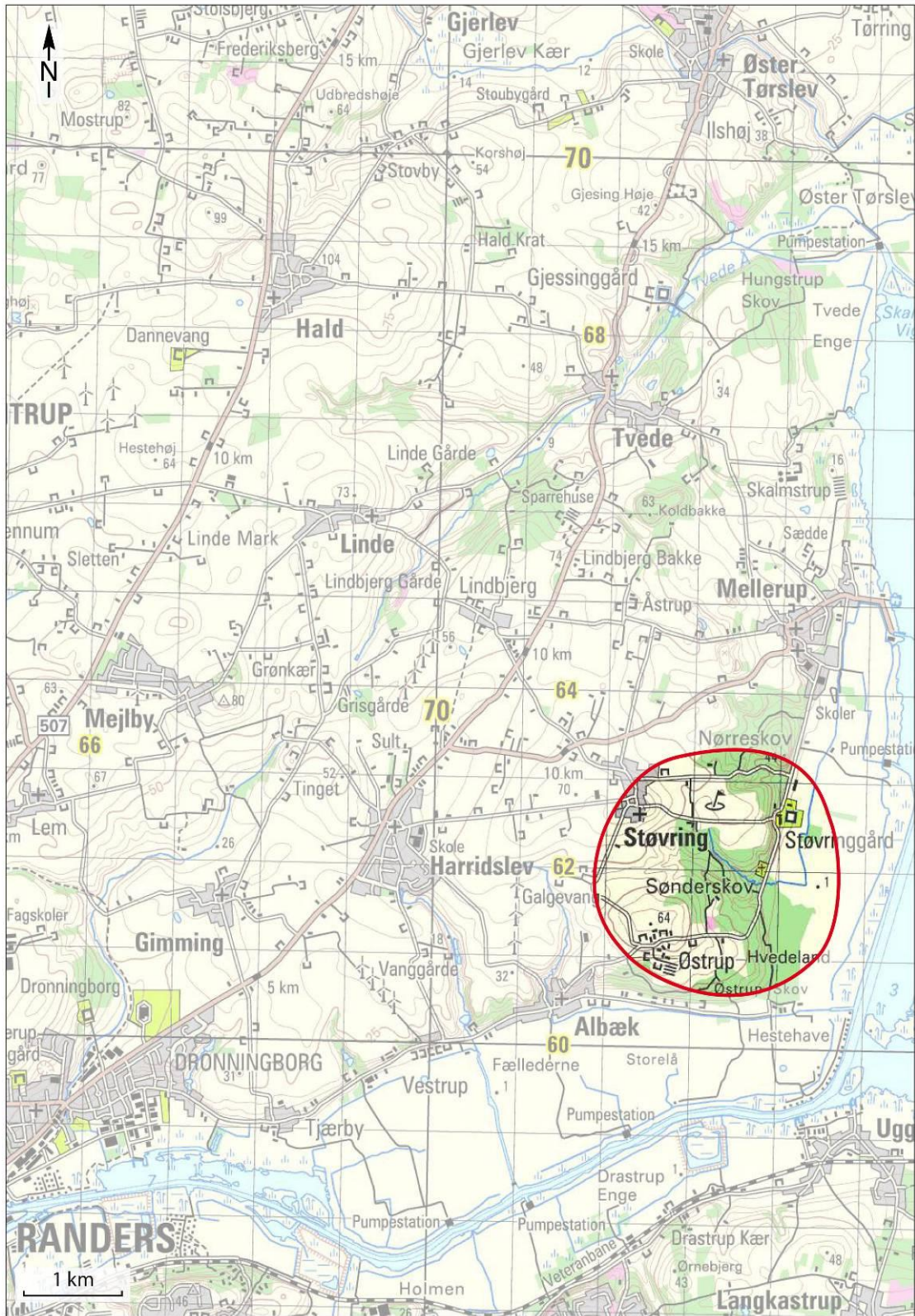


Område 12: Klejs og Sønderby, Østjylland. To delområder.

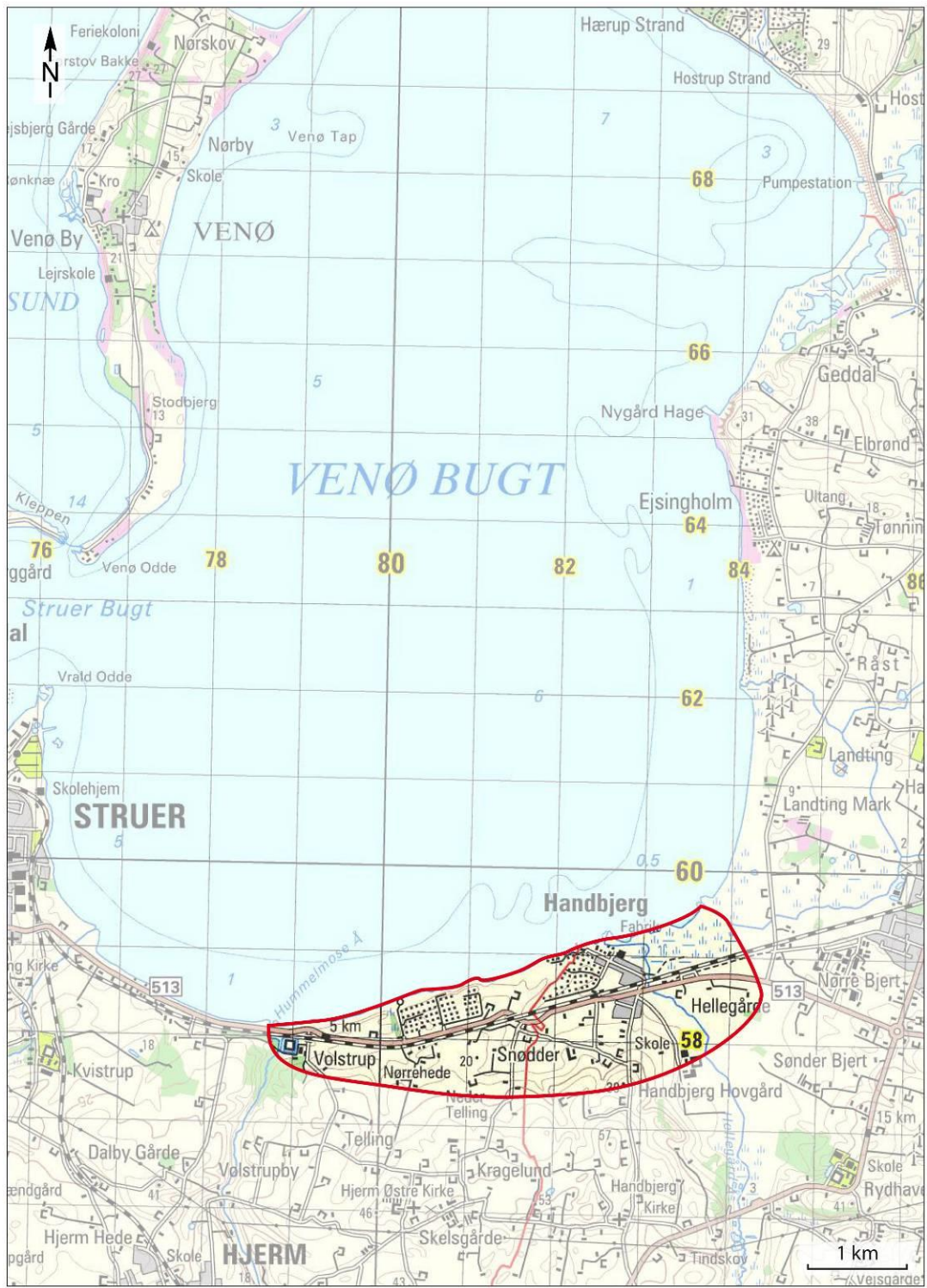
Område 13: Thyrsted – Glud, Østjylland.



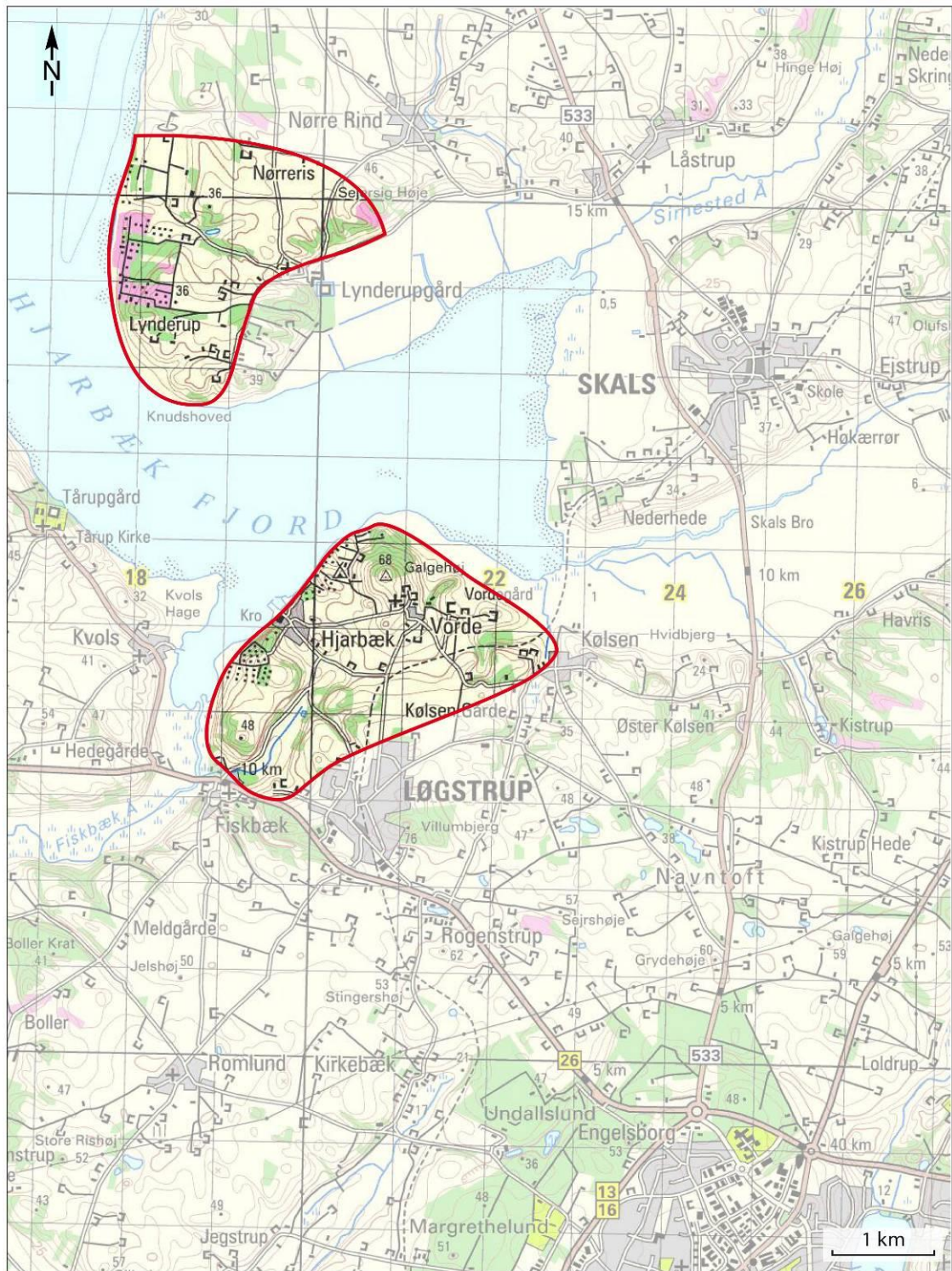
Område 14: Lysnet Bakker, Østjylland.



Område 15: Støvring, Østjylland



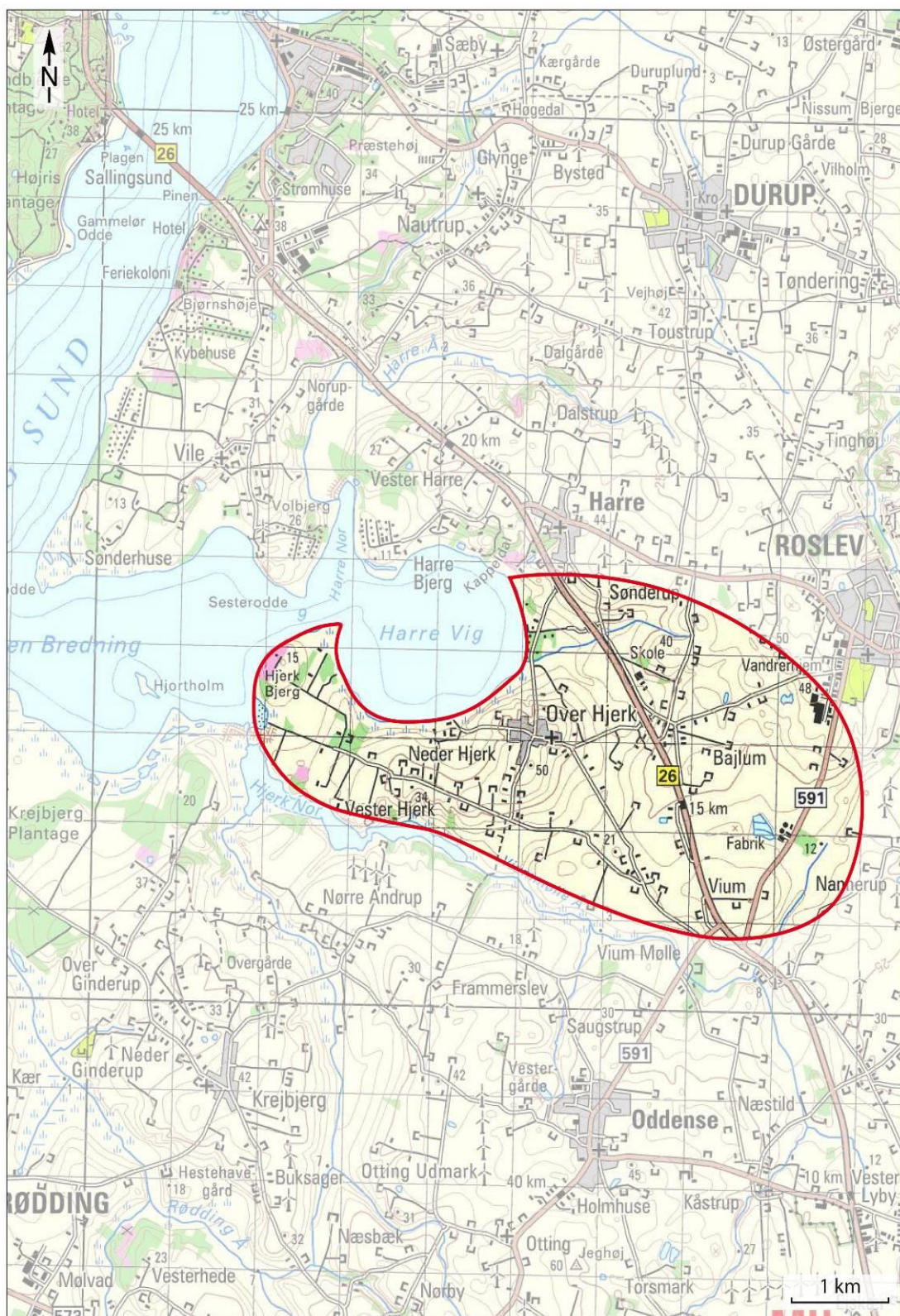
Område 16: Delområde Handbjerg, Limfjorden.



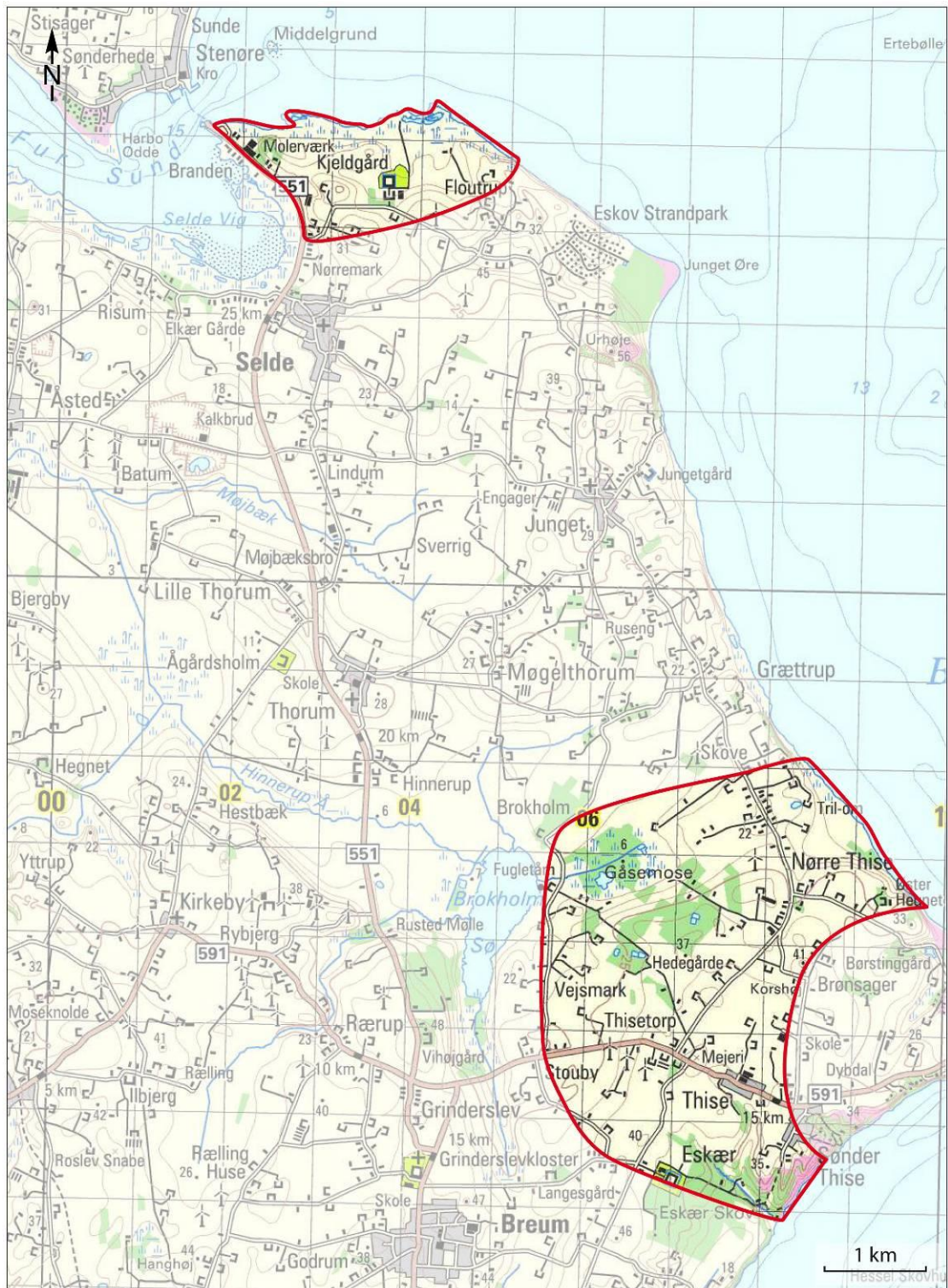
Område 16: Delområder Vorde og Lynderup, Limfjorden



Område 17: Hvidbjerg, Thyholm, Limfjorden.

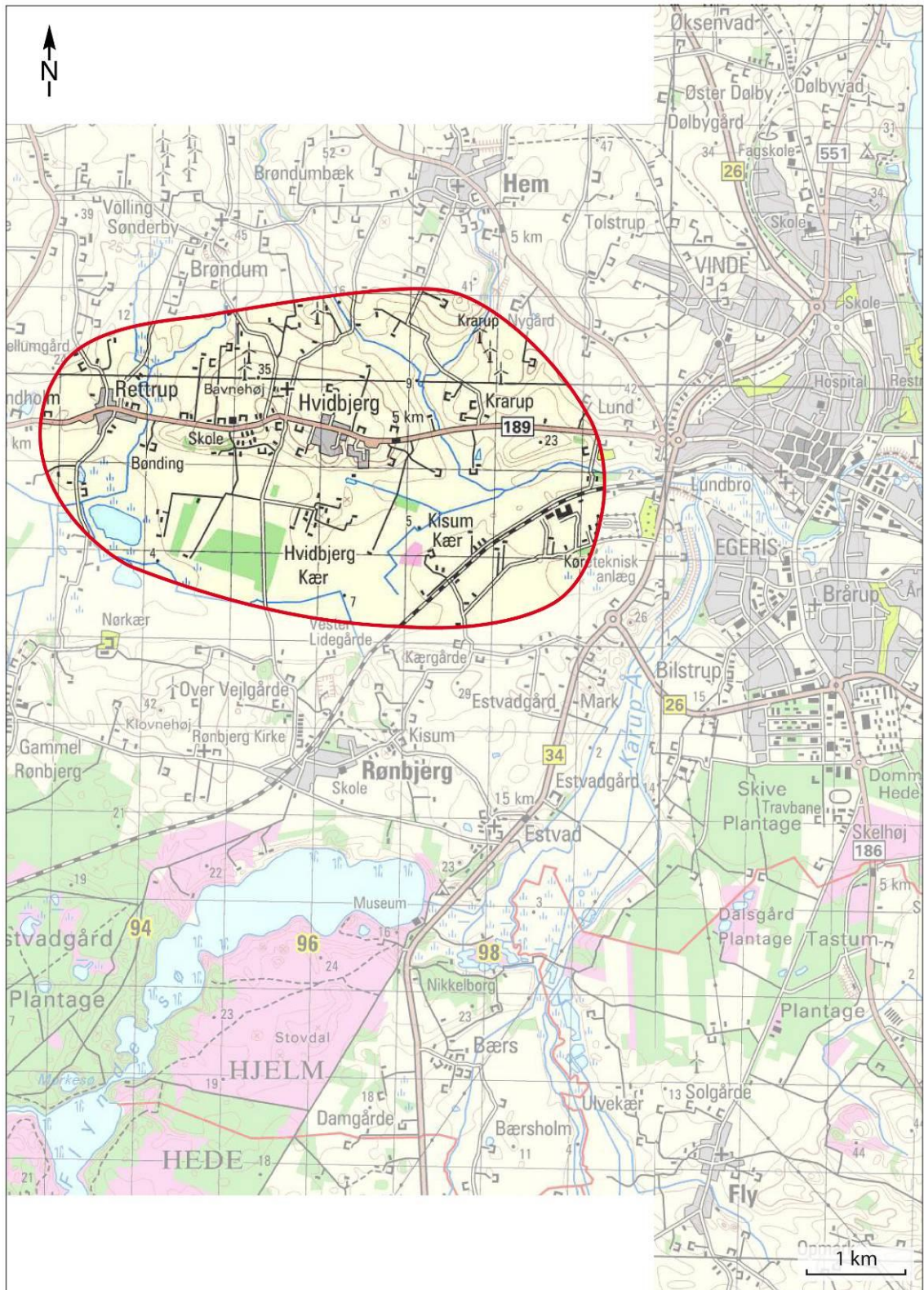


Område 18: Harre Vig, Salling, Limfjorden.

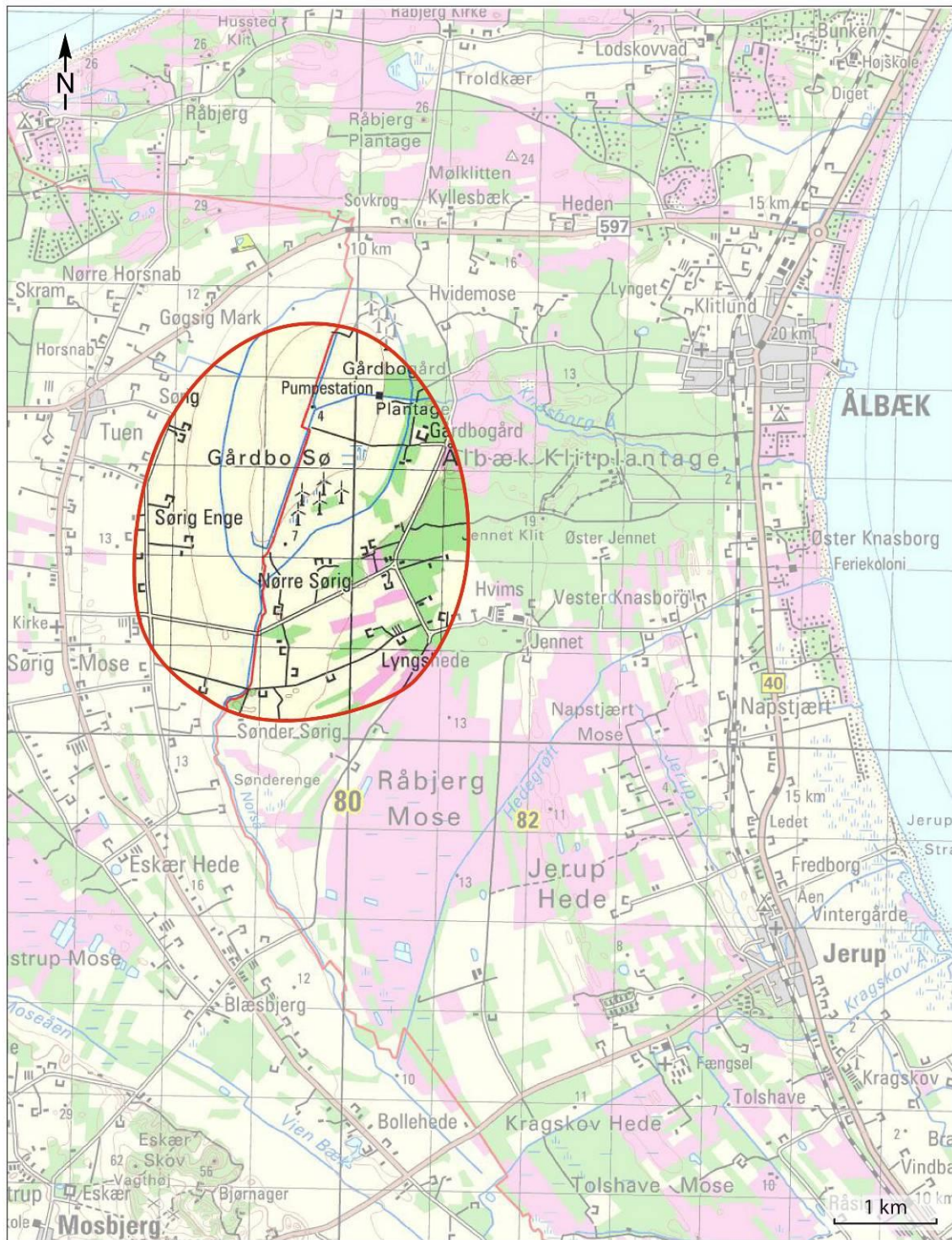


Område 19: Branden-Junget, Salling, Limfjorden.

Område 20: Thise, Salling, Limfjorden.



Område 21: Skive vest, Limfjorden.



Område 22: Alsbæk, Nordjylland.