

Notat

**Fladen
Geologisk oversigt**29. oktober 2001
Projekt: 23.1950.01

Til : Gert Boqvist, ABB

Fra : Peter Stockmarr

Vedlagt : kopi af søkort med møllepositioner

Kopi til : Per Carlson, Göteborg Energi, Michael Henriksson, Göteborg Energi, Per Stenholt Carl Bro.

1 INDLEDNING

Dette notat skal ud fra eksisterende data forsøge at beskrive de geologiske forhold ved Fladen Grund ca. 25 km vest for Varberg. Der er lagt hovedvægt på forhold, der formodes at være væsentlige for udførelsen af et mølleprojekt, som det påtænkte.

Området er en grund med omkring 15 m vand. Der er enkelte højere partier med ned til 5,9 m vand. Grunden er omgivet af vanddybder mellem 50 og 60 m. Grunden er beliggende ca. 25 km vest for Varberg i svensk territorialfarvand.

2 GEOLOGISK RAMME OG UDVIKLING

Området er beliggende ved den østlige begrænsning af det dansk-norske sedimentære bassin i nærheden af den østlige begrænsning af den Fennoskandiske randzone. Området er dog formentlig at betragte som tektonisk passivt, idet der ikke er sporet seismisk aktivitet i området. Der er dog registreret en vis aktivitet nord for området, hvor der er sporet en aktivitet langs en nord-syd gående linie (Gregersen et al.: 1998).

I området er der ikke kortlagt større forkastninger, men fladen grund er formodentlig til dels begrænset af forkastninger mod øst og syd. Afgrænsningen mod vest er tilsyneladende erosiv og af Weichsel alder. Begrænsningen mod nord er ikke undersøgt i dette studie.

Miljø, Byggeri & Anlæg

Området var i Eem interglacialen beliggende i den østlige del af Skærumhede-havet, formodentlig med betragtelig vanddybde. Foraminife-analyser fra andre dele af Skærumhede-havet indikerer et relativ dybt bassin med vanddybder omkring eller over 100 m (Knudsen, 1994).

Under sidste istid (Weichsel), var området formodentlig dækket af betydelige ismægtigheder. Der er af bl.a. foreslået, at der er tale om ca. 1000 m is (Holmlund & Fastook, 1993). Isbevægelserne var overvejende fra Nordøst.

I Senglacial tid var Fladen Grund dækket af det yngre Yoldiahav. Der var formentlig tale om relativ lavt vand. Senere faldt havspejlet betragteligt, og i fastlandstiden var Fladen Grund for en relativ kort periode over havniveau.

I postglacial tid blev området igen vanddækket, og der er sket nogen bølgeerosion specielt af de overfladenære dele.

3 GEOLOGISK OPBYGNING OG MATERIALER

Ud fra eksisterende kort er der foretaget estimater over den generelle opbygning og de materialer der forventes på Fladen grund.

Over en dybtliggende prækvartær basis findes en ca. 75-100 m tyk serie af ældre glaciale dannelser. Disse består af formodentlig overvejende af marine dannelser fra Eem interglacialen under ler og silt fra nedre til mellem Weichsel.

I slutningen af Weichsel istiden blev området dækket af is og de ældre dannelser blev konsolideret. forbelastningen var formodentlig meget høj, i.e. 2 MPa.

Isen efterlod et dække af moræneler, der stedvis var op til ca. 10 m tykt. I senglacial tid skete nogen erosion af dette moræneler og der aflejredes senglacialt ler med sandstriber. I de øvre dele kan denne ler være svagt gytjeholdig. Moræneleret ses overvejende i lavninger på grunden og på siderne.

I tidlig postglacial tid var vanddybden meget ringe på grunden, og højtliggende dele kan have været over havniveau. Der aflejredes mindre mængder materiale, formodentlig bestående af sand og silt, delvis gytjeholdigt.

Senere i postglacial aflejredes marint gytjeholdigt ler. Der er i kerner registreret over 5 m postglacialt ler.

3.1 Prækvartære aflejringer

Prækvartær overfladen er kortlagt til mellem kote -100 til -150 m (Binzer & Stockmarr, 1994). Materialerne består formentlig af kretassisk kalk, mergel og ler.

3.2 Ældre glaciale og interglaciale aflejringer

I mellem og nedre Weichsel samt i Eem mellemistiden blev der aflejret en del materialer på Fladen Grund.

På maringeologiske kort er der kortlagt materialer ældre end mellem Weichsel alder fra 0- 15 m under havbunden til bunden af den seismiske tolkning ca. 60-70 m under havbunden.

De ældre glaciale materialer består formentlig overvejende af marine og glaciolakustrine sedimenter af mellem til nedre Weichsel alder underlejret af marint Eem ler og gytje. Herunder findes formodentlig glaciomarine aflejringer i form af silt, ler og sand. Herunder findes muligvis en stærkt stenet Saale till samt sand og gruslag. Forekomsten af Saale glacigene materialer er af Saale alder. Materialerne fra mellem Weichsel til nedre Eem formodes af være af tæt på samme beskaffenhed, som i det nordjyske område, primært på grund af at forlægningen af data er parallelt med de formodede kystlinier. Der er dog formodentlig en lidt grovere kornstørrelse, således at den dominerende kornstørrelse antages at være silt. Det skønnes, at der findes en 30-50 m tyk sekvens fra Skærumhede-havet i overensstemmelse med f.eks. Andersen & Knudsen, (1991). Den største mægtighed af disse materialer er formodentlig fra nedre Weichsel og dermed af glacial alder. Det er muligt, at der indlejret i den nedre del af sekvensen findes mindre indslag af interglacial tørv og gytje. Det er dog kun ringe sandsynlighed for at disse aflejringer giver ophav til større sætninger på grund af den glaciale forkonsolidering. Der er formentlig tale om relativ tynde lag.

Det må forventes, at der i materialer fra mellem og nedre Weichsel findes enkelte sten, såkaldte dropsten, hvilket også er rapporteret i vibrocorings udtaget af SGU.

Skærumhede serien består overvejende af ret fedt til fedt ler med siltede lag. Der er dog ofte beskrevet siltlag. Der er i borer i det østlige Nordjylland målt udrænedede forskydningsstyrker over 300 kN/m².

I dette område er det at forvente, at der er tale om noget mere grovkornede sedimenter. Det antydes af vibrocorings udført af SGU, at der overvejende er tale om lagdelt silt med sandslirer (Växellagrad finmo med mellansandskikt.)

I randområderne af Fladen Grund, specielt mod øst er der tegn på skreddannelse i de her omtalte aflejringer. Der er ikke rapporteret skred ved de aktuelle møllepositioner.

I forbindelse med den glaciale belastning i øvre Weichsel er der sket en generel konsolidering af disse materialer og nogen foldning er registreret. Det er muligt at de interne strukturer i ler og silt er forstyrret af vandundvigelsesstrukturer dannet i forbindelse med den glaciale konsolidering.

3.3 Glaciale aflejringer fra sidste istid (Weichsel)

Overlejrende de interglaciale aflejringer findes moræner. SGU har rapporteret moræner over ældre glaciale og interglaciale aflejringer over 30 % af de publicerede profiler. (SGU: 1994). Moræneleret er ikke beskrevet med en tykkelse over 10 m. Tilsyneladende forekommer de største mægtigheder af moræner ved randen af Fladen Grund.

Det er betegnende, at undersøiske bakker på grunden overvejende består af moræner. Dette er en indikation på at moræneleret har været rimelig modstandsdygtigt overfor marin erosion i sen og postglacial tid.

Da isens bevægelsesretning overvejende var fra grundfjeldsområdet mod nordøst, har der ikke været større mængder ler i de underliggende materialer, og der forventes derfor en sandet til stærkt sandet moræner med et højt stenindhold. Moræneleret forventes at være meget fast på grund af den kraftige forkonsolidering. Der skønnes et relativt højt indhold af sten med diametre over 0,5 m.

I mellem og nedre Weichsel var området havdækket og der aflejredes relativ store mængtigheder af siltet ler og leret silt. I disse aflejringer findes dropsten. Disse aflejringer er omtalt ovenfor.

3.4 Senglaciale aflejringer

I Senglacial tid var området først dækket af et lavt mudderfyldt hav, der gav ophav til en del silt- og ler-aflejring. Tykkelsen er formodentlig ikke over 5 m. Efterhånden faldt vandspejlet og der formodes at være sket en del erosion af de højtliggende morænepartier på Fladen. Sand og sten herfra er redistribueret på grunden og findes nu formentlig som relativ tynde sandlag.

Over ca. 80 % af fladen findes mindre mængder senglacialt ler. Der er højst tale om 2-5 m. Leret er ikke isbelastet, men der kan være sket en del konsolidering som følge af indlejring af drænende stormsandslag. Det skønnes, at der er en udrænet forskydningsstyrke ikke over 60 kN/m². Der kan i de øvre dele af leret forekomme et mindre gytjeindhold. Der findes få til ingen sten i dette ler.

I fastlandstid (ca. 11.000 BP) var dele af Fladen grund tørlagt i en relativ kort periode. Fra denne tid er der formodentlig bevaret mindre mængder organiske sedimenter i lokale depressioner. Disse aflejringer vil være stærkt sætningsgivende. I postglacial tid er tørv- og gytje-aflejringerne dækket af sand og finsand.

3.5 Postglaciale materialer

I postglacial tid er der formodentlig ikke sket større mængder aflejring i området. Der er dog sket en vis erosion af moræneler med efterfølgende aflejring af lag af sand og finsand. Som følge af erosionen af moræneleret er der i disse områder formentlig et residualmateriale med en del større sten på havbunden. Der er i lavninger på havbunden aflejret noget gytjeholdigt silt og ler til dels med finsandslag.

SGU har i enkelte vibrocorings truffet postglaciale dannelser i form af gytjeholdig ler og leret gytje. Disse henføres til postglaciale marine forhold.

4 DISKUSSION

Ud fra SGU's maringeologiske kort består havbunden over det meste af fladen af glacialt ler. Data fra vibrocorings og grab-samples tyder dog på at der for en dels vedkommende er tale om senglaciale marine dannelser samt postglacialt sand.

De senglaciale dannelser har ikke været isbelastede, og må formodes at have lavere styrker end tilsvarende glacialt belastede materialer.

Det skal pointeres, at der generelt er angivet glaciale aflejringer på SGU's maringeologiske kort, men der er en del tolkning af senglaciale og til dels postglaciale dannelser i vibrocorings. Disse er ikke udskilt på det maringeologiske kort.

SGU har rapporteret om fund af postglacialt gytjeholdigt ler på flere placeringer på grunden. Det skønnes dog at de for det meste er tale om lokale dannelser, der ikke kan kortlægges i skala 1:100.000.

5 GEOLOGISK ESTIMAT VED DE ENKELTE POSITIONER

Nedenstående er en kort gennemgang af de forventede aflejringer ved de enkelte positioner. Det skal pointeres, at der er tale om data udarbejdet på baggrund af meget få data. Gennemgangen er konservativ idet der er medtaget lag af moræneler, hvor der er mistanke om forekomsten af disse. Dette ud fra de mulige anlægstekniske problemer med sten i moræneler.

Der er udelukkende angivet geologiske data over "ældre glaciale dannelser".

Position	Vand Dybde m	Geologisk estimat	Position	Dybde	Geologisk estimat
1	18	1 m sand/grus PG	25	13	0,5 m fint sand, Moræneler 5-10 m
2	15	1 m sand/grus PG	26	12	5 m ler PG/SG
3	15	1-5 m Sand/ grus PG ??	27	13	2 m ler PG/SG??, 0-10 m moræneler??
4	14	1 m sand/grus PG	28	15	5 m ler PG/SG, 0-5 m Moræneler
5	13	1 m sand/grus PG	29	14	2 m ler PG/SG, 0-5 m moræneler
6	16	6 m Ler, gytjeh. PG, Løs i top.	30	17	0-5 m ler PG/SG, 0-2 m moræneler
7	15	5-10 m Moræneler	31	11	0-5 m ler PG/SG, 0-2 m moræneler
8	14	5-10 m Moræneler	32	15	0-5 m ler PG/SG, 0-2 m moræneler
9	13	≈10 m Moræneler	33	17	2-5 m ler PG/SG
10	17	5-10 m sand/grus, PG	34	15	0-2 m ler PG/SG
11	18	<5 m sand/grus PG, 0-5 m Moræneler??	35	13	Intet
12	19	≈ 5 m ler PG/SG	36	14	2 m ler PG/SG
13	16	10 m Moræneler	37	17	2 m ler PG/SG
14	14	10-15 m moræneler	38	18	2 –4 m ler PG/SG
15	19	2 m sand ? PG, 0-5 m ler PG/SG	39	20	3-5 m sand/grus PG
16	13	3-10 m Moræneler	40	19	3 m sand PG, 2 m ler, PG/SG
17	15	≈ 2 m ler Pg/Sg, 0-5 m sand/grus	41	16	0-2 m ler PG/SG, 5-10 m moræneler
18	13	2-5 m sand/grus, 0-5 m ler, SG	42	16	0-2 m ler PG/SG
19	18	5-10 m Moræneler	43	17	0-5 m sand PG
20	12	10 m sand/grus	44	15	1-10 m moræneler
21	15	0-5 m ler PG/SG??	45	19	0-2 m sand, fint PG, 0-5 m moræneler
22	12	0-5 m ler PG/SG??	46	16	1-10 m moræneler
23	11	5 m ler PG/SG 5 m Moræneler	47	15	0-2 m ler PG/SG, 0-10 m moræneler
24	16	5 m sand PG, 5-10 m moræneler	48	14	3 m ler PG/SG, 0-5 m moræneler

6 VIDERE UNDERSØGELSER

Der kan for at sikre datagrundlaget foretages en detaljeret geofysisk kortlægning med seismik. Dette bør suppleres med vibrocorings i udvalgte positioner og muligvis CPT i enkelte placeringer, således at der opnås et vist kendskab til friktionsvinkel og forskydningsstyrke i de trufne materialer.

Et supplement med sidescan sonar vil kunne give nogle informationer om stenstørrelser i morænen.

Dele af de her angivne geofysiske undersøgelser vil formodentlig indgå som en del af en eventuel VVM-undersøgelse.

De geofysiske undersøgelser kan videre give mulighed for at optimere på møllepositionerne så tidligt i forløbet som muligt.

7 REFERENCER:

- Lykke-Andersen, A.-L. & Knudsen, K.L. 1991: Saalian, Eemian and Weichselian in the Vendsyssel-Kattegat Region, Denmark. *Striae*, Vol. 34, pp 135-140. Uppsala.
- Bergsten, H. & Nordberg, K., 1993: Middle Weichselian marine sediments from eastern Kattegat, Scandinavia, *Boreas*, Vol. 22. pp. 311-318.
- Binzer, K. & Stockmarr, J, 1994: Geologisk kort over Danmark 1: 500.000, Danmarks Geologiske Undersøgelse, Kortserie nr. 44. København
- DGU, 1982: Geologisk Basisdatakort 1:50.000: 1318 I og 1318 II.
- Gregersen, S, Hjelme, J & Hjortenberget, E., 1998: Earthquakes in Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*. Vol. 44, pp. 115-127.
- Holmslund, P. & Fastook, J. , 1993: Numerical modelling provides evidence of a Baltic Ice Stream during the Younger Dryas, *Boreas*, Vol. 22, pp. 77-86.
- Knudsen, K.L., 1994: The Marine Quaternary in Denmark: a review of new evidence from glacial-interglacial studies. *Bull. Geol. Soc. Denmark*. Vol. 41, pp. 203-218.
- Lykke-Andersen, H. Knudsen, K.L. & Christiansen, C., 1993: The Quaternary of the Kattegat area, Scandinavia: a review, *Boreas*, Vol 22, pp. 269-282.
- SGU, 1994: Maringeologiska karta: 05B, Lilla Middelgrunden- Varberg. 1: 100.000, SGU ser. Am nr. 5, med tilhørende geologiske sektioner.
- SGU, 1989: Prøvetagningsrapporter samt boreprofiler fra borekampagne