

VVM redegørelse for *Vindmøllepark på Middelgrunden*

- Redegørelse for de miljømæssige konsekvenser



Københavns Belysningsvæsen

www.middelgrunden.dk

Middelgrundens Vindmøllelaug I/S

Juni 1999

Denne rapport er blevet til i samarbejde mellem

Københavns Belysningsvæsen og Middelgrundens Vindmøllelaug I/S

Udarbejdelse af rapporten er støttet af Energistyrelsen.
Rapporten kan rekvireres i Miljøbutikken,
Læderstræde 3, 1201 København K, tlf. 3392 7692
eller hos Energioplysningen, tlf. 7021 8010
samt hos de to bygherrer.
Rapporten findes på Internettet på adressen
www.middelgrunden.dk

Københavns Belysningsvæsen

Børge Zoega-Hansen, Boerge_Zoega_Hansen_KB@ipost.kk.dk
Vognmagergade 8, 1149 København K
Tlf. 3312 7290 Fax. 3312 7291

SEAS Vindkraftvidenscenter

Jan Svenson, Jan.M.Svenson@seas.dk
Frank Olsen, Frank.A.Olsen@seas.dk
Slagterivej 25, 4690 Haslev
Tlf. 5631 2700 Fax. 5631 5042

Redaktion

EMU, Energi & Miljø Undersøgelser

Hans Chr. Sørensen og Stefan Naef, EMU@emu-consult.dk
Blegdamsvej 4, 2200 København N
Tlf. 3536 0219 Fax. 3537 4537

KMEK, Københavns Miljø- og Energikontor

Jens H. Larsen, kmek@sek.dk
Blegdamsvej 4 B, 2200 København N
Tlf. 3537 3636 Fax. 3537 3676

Følgende firmaer har leveret bidrag til rapporten:

Carl Bro
Geoteknisk Institut
LIC Engineering
Møller & Grønborg
Niras
Rambøll
Risø

ISBN87-986690-2-8

Indholdsfortegnelse

1	Forord	4
2	Indledning	5
2.1	Læsevejledning	6
3	Summary	7
4	Basisbeskrivelse af Middelgrunden	9
4.1	Afgrænsning af påvirkningsområdet	9
4.2	Middelgrundens planmæssige forhold og nuværende anvendelse	9
4.3	Visuel karakteristik af Middelgrunden	10
4.4	Middelgrundens dannelse	12
4.5	Marinarkæologi	12
4.6	Affaldsdeponering på Middelgrunden	13
4.7	Forurening på Middelgrunden	14
4.8	Vanddybde	16
4.9	Hydrografi og bundforhold	16
4.10	Flora og fauna	19
5	Projektets omfang og etablering	22
5.1	Parkens udstrækning og placering	22
5.2	Etableringsmetode	28
5.3	Mængder	29
5.4	Drift	30
6	Alternativer til Middelgrundsprojektet	31
6.1	Alternativer til et vindmølleprojekt	31
6.2	Alternative placeringer	33
6.3	Alternative parkmønstre	35
6.4	Nettilslutning	36
7	Miljøpåvirkninger	37
7.1	Påvirkning af miljøet i anlægsfasen	37
7.2	Påvirkning af miljø i driftsfasen	42
7.3	Påvirkning af miljø ved demontering	51
8	Foranstaltninger	52
8.1	Kompensationsafgravning	52
8.2	Håndtering af opgravet materiale	52
8.3	Visuelle foranstaltninger	52
9	Overvågningsprogram	54
10	Uafklarede forhold	56
10.1	Bundundersøgelser	56
10.2	Marinarkæologi	56
10.3	Ålegræs og blåmuslinger	56
11	Referencer	57

Bilag 1 Visualisering fra Limhamn havn

Bilag 2 Visualisering fra Barsebäckshamn

1 Forord

Nærværende redegørelse er en *vurdering af virkning på miljøet* (VVM), af et vindmølleprojekt bestående af 20 havvindmøller opstillet på Middelgrunden, i det følgende benævnes det *Middelgrundsprojektet*.

Bygherrerne er *Københavns Belysningsvæsen* og *Middelgrundens Vindmøllelaug I/S*.

Motivet for *Middelgrundsprojektet* er primært, at de to bygherrer ønsker at øge andelen af lokal elproduktion, baseret på miljøvenlig vedvarende energi.

Derudover finder de, at *Middelgrundsprojektet* er et konkret og værdifuldt bidrag til, at København kan manifestere sig som Europas miljøhovedstad. Projektet vil således være et ideelt eksempel for vindmølleindustrien, dansk energipolitik, borgerinddragelse i lokalområdet etc. Dette aspekt tillægger bygherrerne også stor betydning.

Herudover ønsker:

Københavns Belysningsvæsen på vegne af de sjællandske elselskaber, at drage erfaringer med henblik på den efterfølgende etablering af flere store havvindmølleparker de kommende 3-5 år inden for Elkraft og Elsams område.

Middelgrundens Vindmøllelaug I/S, at engagere en storbybefolkning i praktisk bæredygtig udvikling.

Samarbejdet mellem de to bygherrer er en naturlig forlængelse af det samarbejde, der har fundet sted i forbindelse med etableringen af vindmølleparkerne på Avedøre Holme og Lynetten.

København juni 1999

Københavns Belysningsvæsen

Middelgrundens Vindmøllelaug I/S

2 Indledning

Denne VVM redegørelse danner grundlaget for den offentlighedsfase, der ligger forud for en endelig godkendelse af *Middelgrundsprojektet*.

VVM redegørelsen er struktureret efter Energistyrelsens: *Retningslinier for udarbejdelse af miljøredegørelser for havvindmølleparker*, september 1998 /29/. Disse retningslinier er primært udarbejdet med henblik på 4 store hovedområder, der er udpeget til opstilling af i alt 4.000 MW havvindmøller. Hvert af områderne vil blive udbygget etapevis, pga. behovet for at kunne evaluere de første etaper i forhold til teknologi, økonomi og miljøpåvirkning. Derigennem er det muligt at optimere udformningen af de efterfølgende etaper. *Middelgrundsprojektet* adskiller sig fra de fremtidige projekter ved, at det er langt mindre, og ved at det opføres på et tidligere deponi i nærheden af et industrielt miljø. Samtidig er der ikke mulighed for at opføre en efterfølgende etape.

Teknologiske set kan *Middelgrundsprojektet* opfattes som et pilotprojekt for de store bebudede havvindmølleprojekter.

Et *ikke teknisk resumé* findes i vedlagte pjece: *Miljøvurdering af vindmøllepark på Middelgrunden*. Dette resumé indeholder også de væsentligste visualiseringer af vindmølleparken. To visualiseringer set fra den svenske kyst er dog kun medtaget i denne redegørelse.

Tidligere har der været afholdt én indbudt – såkaldt *stjernehøring* - og én offentlig høring.

Stjernehøringen blev afholdt i januar 1997. Den omfattede alle centrale myndigheder med interesse i Middelgrunden og søterritoriet samt lokale og regionale myndigheder og en række private organisationer med interesse i området. *Middelgrundsprojektet* bestod på daværende tidspunkt af 27 vindmøller, opstillet i 3 rækker.

Stjernehøringen har været udslagsgivende for, at *Middelgrundsprojektet* er blevet reduceret til 20 møller i én let buet række.

Den offentlig høring blev indledt ved, at *Middelgrundsprojektet* blev præsenteret på Københavns rådhus i august 1998.

Parallelt med høringerne er der foretaget en serie undersøgelser og udarbejdet en række rapporter og notater, der bl.a. belyser en række miljømæssige og visuelle aspekter ved *Middelgrundsprojektet*. Denne VVM redegørelse er for en stor dels vedkommende baseret på dette materiale, som er refereret i afsnit 11.

I forbindelse med udarbejdelsen af VVM redegørelsen har der været afholdt tre møder i en "miljø koordinationsgruppe", nedsat af Energistyrelsen. Miljø koordinationsgruppen har været sammensat af personer fra:

- Energistyrelsen
- Skov- og Naturstyrelsen
- Miljøkontrollen, Københavns kommune
- Københavns Belysningsvæsen
- Seas, Vindkraftafdelingen
- Københavns Miljø- og Energikontor
- EMU, Energi & Miljø Undersøgelser

2.1 Læsevejledning

Referencer i redegørelsen markeres som / / og henviser til referencelisten i afsnit 11.

Når der ikke er angivet reference ved en vurdering, udtrykker den bygherrerens opfattelse.

Vurderinger om påvirkning af miljøet er i afsnit 7 markeret med en ramme.

Afsnit 4; *Basisbeskrivelse af Middelgrunden* fungerer som en referenceramme for den øvrige del af redegørelsen.

3 Summary

Københavns Belysningsvæsen - the municipal utilities of Copenhagen - and *Middelgrundens Vindmøllelaug I/S* - a private co-operative - has in collaboration proposed, an off-shore wind power project at a former dump site near Copenhagen's harbour.

In 1997 and in 1998 two public hearings were held. After the first hearing, the project was reduced from 27 to 20 turbines in a slightly curved formation. In May 1999, the project obtained a planning permission from the Danish Energy Agency. Dependent on the assessment of the present report the project will receive a final permission in autumn 1999.

Chapter 4 describes Middelgrunden regarding the planning and present use (see figure 4.1), visual characteristic, formation, marine archaeology, deposition of waste, level of contamination, water depth, hydrography, seabed conditions, flora and fauna.

Middelgrunden are heavily influenced by human activity in many respects. For example, the nearest area on land is characterised by technical installations, industry and harbour facilities. The closest recreational areas are the Middelgrunds Fort and Amager Beach Park situated 2.5 km south west of the wind farm. The island of Saltholm is situated 5 km south east of the wind farm, with its surroundings it constitutes an *international nature conservation area*.

Chapter 5 describes the project regarding the location (see table 5.1 and figure 5.1), area requirement, time schedule (see table 5.2), foundation method, erection technique and used and discharged quantities of materials (see table 5.3).

The wind farm consists of 20 turbines, each with a rated capacity of app. 2 MW. The maximum height of the wingtip is 111 meter (see figure 5.2). The electricity production is anticipated to be about 80 GWh a year. The turbines are erected on standard gravity foundations, which are placed on firm seabed after the upper layer of sediment has been removed (see figure 5.4). The turbines will be connected to the grid at the adjacent power plant *Amagerværket* (see figure 5.5).

Chapter 6 presents alternatives to the project. That includes environmentally benign electricity production methods and energy savings. In addition, alternative sites are presented within Middelgrunden and at alternative locations near Copenhagen.

It is concluded that it is not possible to find alternative sites or production techniques, regarding the motives of the originators of the project.

Chapter 7 describes the environmental impacts of respectively erecting, operating and abandoning the project.

The subjects evaluated are the suspension and sedimentation of sediment, release of heavy metals due to suspension, flora, fauna, fishing, reduced emissions from power plants, visibility, influence on the water flow in Øresund, noise emission and collision risk with vessels.

The power generated by the project will, in an average year reduce the quantity of emissions from power plants by the figures shown in table 7.5.

The project is previously visualised and the impact is analysed in ref. /5/ and /6/. The non-technical summary in Danish, which is enclosed this report, contains the most relevant parts.

The impacts from heavy metals and sediment due to suspension is found to be insignificant because each dredging operation only takes 2 days, that makes 50 days altogether, and because the quantities released are negligible, see table 7.3. It is possible though; that adjacent areas covered with eelgrass will be temporarily weakened by a layer of sediment.

The firm surface of the foundations and their erosion protection will permanently change a tiny part of the bottom of Middelgrunden because it will replace the present soft surface. That means that the present growth of eelgrass will disappear, but after a few years it will be succeeded by a new and different ecosystems which can support other species and provide better conditions for parts of the present flora and fauna.

The presence of birds on Middelgrunden is limited and the area is strongly influenced by human activity. It is estimated that at maximum app. 400 birds will be influenced by the project in the sense that they are expected to leave the area due to the operation of the turbines. The consequences for the birds are most important in the installation phase.

Calculations on noise emissions prove that no land area will be influenced by a noise level higher than 34 dB(A) where the limit is 40 dB(A), see table 7.6 and figure 7.1.

Calculations prove that the project at maximum decreases the water flow in Øresund by 0.005%, see table 7.7. The effect on the water flow in Øresund from the recent compensation dredging, necessitated by *Øresundsforbindelsen*, can only be calculated with a +/- 0.2% uncertainty. This implies that the uncertainty concerning the calculation is 50 times higher than the influence induced by the foundations. Thus, it is stated that influence of the project on the overall water flow in Øresund is marginal.

Chapter 8 presents the measures considered to minimise the environmental impact of the project.

Compensation dredging may take place in order to compensate for the reduced water flow in Øresund, but it is not recommended.

Chapter 9 presents a monitor programme.

Before the project is initiated, photographs and video recordings will register the flora and fauna in the area. After a few years, a similar investigation is carried through in order to register possible changes.

Chapter 10 presents the preliminary investigations, concerning pollution and marine archaeology that will be carried through in late summer 1999.

Pollution samples are taken at each foundation site in order to determine how to handle the sediment correct. The marine archaeological condition is investigated by examining the area with a magnetometer and by analysing filtered samples of the sediment from selected locations.

Chapter 11 constitutes the reference list.

4 Basisbeskrivelse af Middelgrunden

For at kunne konstatere eventuelle miljøpåvirkninger hidrørende fra projektet, er det nødvendigt at udarbejde en *basisbeskrivelse* af det område der på forskellig vis kan blive påvirket af byggeri og drift af vindmølleparken. Det område kaldes i det følgende for *påvirkningsområdet*. Ifølge de fulgte retningslinjer /29/ burde der samtidig defineres et tilsvarende referenceområde, som forbliver upåvirket. Retningslinjerne er imidlertid fraveget på dette punkt af grunde, der er beskrevet i afsnit 9.

4.1 Afgrænsning af påvirkningsområdet

Ved afgrænsningen af påvirkningsområdet er der taget hensyn til de forskellige påvirkninger, projektets etablering og drift vil give anledning til samt til påvirkningernes respektive udbredelse og effekt.

Påvirkningsområdet er ud fra ovenstående betragtninger afgrænset til hovedsageligt at omfatte det område på Middelgrunden, der ligger inden for 6 meter dybdekurven. Området omfatter dermed al vegetation og hele fladen på Middelgrunden, herunder den del der på søkort er betegnet som "*uegnet til sejlads*" eller "*urent område*". Det afgrænsede påvirkningsområde har et areal på ca. 3,7 km².

Hvor det findes relevant, er der beskrevet forhold, der er generelle for hele Øresundsregionen, f.eks. i forhold til marinarkæologi og hydrografi.

Kongedybet er kun i begrænset omfang inddraget i basisbeskrivelsen i relation til etablering af kabeltracéerne mellem vindmølleparken og Amagerværket.

Dertil kommer at der er påvirkninger der har en større udbredelse end påvirkningsområdet, eksempelvis visuel påvirkning, sedimentspredning og i nogen grad støj.

4.2 Middelgrundens planmæssige forhold og nuværende anvendelse

Middelgrunden er beliggende inden for søterritoriet og er dermed underlagt statens højhedsret. Ifølge *Elforsyningslovens* § 89 og *Kongelig Resolution af 29 juni 1990*, varetages sager vedrørende planlægning og godkendelse af vindkraftanlæg på søterritoriet af Miljø & Energiministeriet.

Fig. 4.1 illustrerer de vigtigste miljø- og plan forhold, der er gældende for Middelgrunden og tilgrænsende områder.

På kortet ses *målsætningen* for vandområder på og omkring Middelgrunden. Farven af vandområderne angiver målsætningen for vandkvaliteten og eventuelle anvendelsesmuligheder af de enkelte områder. Målsætningerne er tiltrådt af Borgerrepræsentationen i 1993. Nedenfor gives en uddybning af de forskellige målsætninger.

- Generel målsætning: Dyre og planteliv skal være svagt påvirket eller upåvirket, og der skal være gode hygiejniske forhold.

- *Skærpet målsætning*: Som oven for, men med særlige betingelser for f.eks. bevaring af særlige dyr og planter og sikring af badevandskvalitet. Derfor er kravene til miljøtilsyn skærpede.
- *Lempet målsætning*: Indebærer en accept af, at visse af de oven for nævnte krav ikke kan honoreres, hvis området f.eks. anvendes til erhvervshavn, spildevandsudledning eller klapning.

Som en konsekvens af forurening fra tidligere klapninger af tungmetalholdigt havneslam er Middelgrunden som vandområde udlagt med *lempet målsætning*, (tiltrådt af Borgerrepræsentationen i 1993). Det betyder, at målsætningen indtil videre er lempet med hensyn til følgende påvirkninger:

- Fysisk påvirkning,
- Affaldsdeponering og
- Klapning af uforurenet materiale.

Omkring Middelgrunden ligger de stærkt trafikerede sejlrender Hollænderdybet og Kongedybet. På selve Middelgrunden frarådes sejlads pga. fare for grundstødning.

Derudover er der en række andre forhold, som har haft betydning for den nuværende placering og udformning af vindmølleparken. Bl.a. er der en del fyrlys i området, og der er 2 radiokædetracéer, som krydser Middelgrunden.

Det anslås, at der er 8-9 erhvervsfiskere, der er aktive på Middelgrunden. På selve Middelgrundens flade benyttes primært ruser til at fange ål. Derudover er der et udbredt fiskeri af torsk og fladfisk på skrænterne øst for Middelgrunden, men omfanget af dette fiskeri er ikke kortlagt.

Jagt fra motorbåd er ikke tilladt på søterritoriet i Øresund (imellem Kronborg og Aflandshage).

De nærmeste områder på land er i følge *Kommuneplanen* udlagt som industri, havn og andre tekniske anlæg. De nærmeste rekreative områder er Middelgrundens Fortet, Flakfortet og Amager Strandpark. Langs kysten findes en række lystbådehavne. Sydøst for Middelgrunden ligger der et internationalt naturbeskyttelsesområde, der består af Saltholm og de omkringliggende lavvandede områder.

Højdegrænseplanerne gælder i forhold til Københavns Lufthavn.

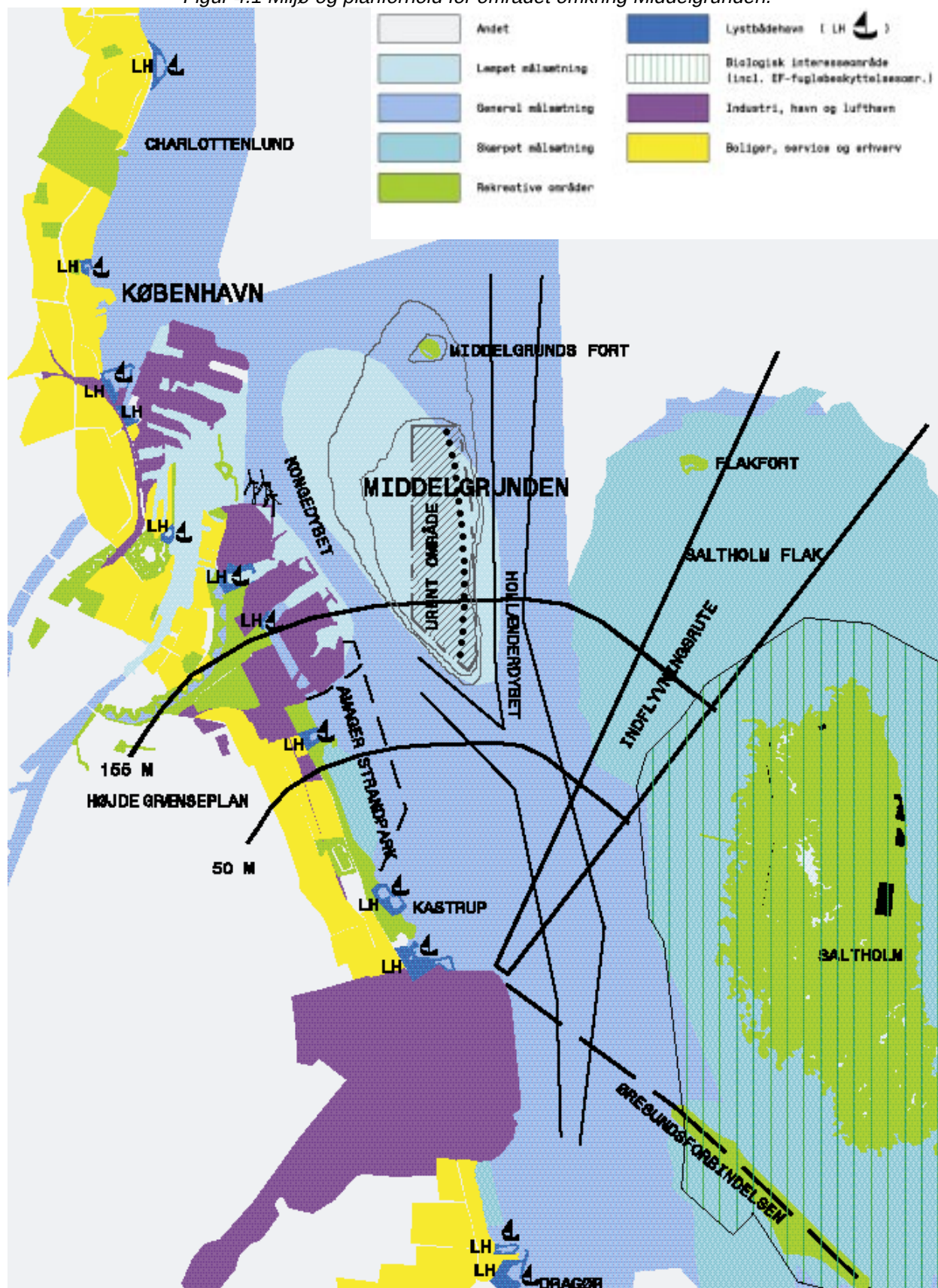
Middelgrunden er beliggende mindre end 7,5 km fra Øresundsforbindelsen. Dermed er grunden omfattet af et udpeget *påvirkningsområde*, som regelmæssigt bliver undersøgt med henblik på at registrere påvirkningerne herfra.

Størstedelen af Middelgrunden har en vanddybde på under 6 m. I henhold til *Naturbeskyttelsesloven* skal der derfor vises særlige hensyn, idet lavvandede områder generelt har stor betydning som biotop.

4.3 Visuel karakteristik af Middelgrunden

Middelgrunden er kun i begrænset omfang synlig for offentligheden, idet en stor del af de nær

Figur 4.1 Miljø og planforhold for området omkring Middelgrunden.



mest liggende områder er afspærrede for offentligheden på grund af erhvervs- og havnefunktioner. Desuden er der som følge af bebyggelse kun ringe udsyn fra de bagved liggende områder. Det er derfor primært fra Langelinie kajen, Amager Strandpark og Strandvejen ved Hellerup, at der er frit udsyn til Middelgrunden. Derudover er der naturligvis frit udsyn fra passerende skibstrafik og de nært beliggende søforter. I klart vejr vil det også være muligt at se Middelgrunden fra Sverige og fra Øresundsforbindelsen.

I visualiseringsrapporten /6/ karakteriseres den tilstødende kyst således:

"Kysten er præget af havnen med tekniske anlæg ud for København. Nord herfor ligger store villakvarterer afbrudt af rekreative områder ved Charlottenlund Fort og lystbådehavne i Skovshoved, Tårnbæk og Vedbæk. Syd for havnen ligger Amagers kyst ud for Sundby, nordligst afgrænset af prøvestenen med de mange oliebeholdere efterfulgt af Amager Strandpark samt boligområder og Kastrup lystbådehavn. Længere sydpå det store lufthavnsområde med den kunstige halvø og endelig Dragørs små huse med havnen, inden kysten drejer mod vest, og Middelgrunden er uden for synsvidde."

4.4 Middelgrundens dannelse

Middelgrunden er et langstrakt naturligt rev, der er afgrænset af Kongedybet mod vest og Høllænderdybet mod øst, se figur 5.1. Middelgrunden består nederst, i kote -5 m til -10 m, af Salt-holms-/Københavnerkalk, der er aflejret i kridttiden (Danien). Denne kalk er under den sidste istid blevet overlejret af moræneler, sand og kalkmoræne (omlejret kalk) i varierende tykkelse. Hvor bunden er uberørt afsluttes den af et tyndt sanddække på 0-30 cm. På figur 4.2 er vist eksempler på tværsnit af bunden fra vest til øst.

Middelgrunden har ligesom resten af Øresund haft en kompleks dannelseshistorie gennem en længere periode efter sidste istid. I denne periode er området blevet påvirket dels af et klimaskift og dels af vekslende relativ vandstand. Denne fluktuation er forårsaget af en kombination af en kontinuert landhævning og af den varierende vandstand i hhv. Østersøen, som i lange perioder har været en ferskvandssø, og det omkringliggende hav.

Middelgrunden har siden isen trak sig tilbage fra området omkring år 12.000 f.Kr. og frem til år 5.500 f.Kr., skiftevis været landfast, været en ø og har måske også været dækket af vand i perioder. Dybene har i denne periode skiftevis været flodsenge eller søer og har måske til tider været helt tørlagte. Dermed er morænen, der er efterladt af isen, sandsynligvis i vekslende omfang blevet dækket af såvel uorganiske som organiske aflejringer, der siden hen på det meste af området er forsvundet igen. Det vil derfor formentlig være muligt at antræffe lag af tørv, gytje, muslingeskaller etc. fra denne periode. Efter omkring år 4.500 f.Kr. har Middelgrunden været dækket af hav.

4.5 Marinarkæologi

I den oven for beskrevne periode med vekslende vandstand, har Øresund skiftevis udgjort én eller flere floder, et sund eller en forholdsvis smal landbro, der har forbundet Sjælland med Sverige. Det har skabt rige muligheder for skiftevis at søge føde ved fiskeri og ved jagt på sæsonvandrende jagtdyr. Øresund har derfor været et attraktivt og dermed forholdsvis tæt befolket om-

råde i størstedelen af Jægerstenalder. Da mennesket på den tid fortrinsvis bosatte sig lige ved vandet, er størstedelen af datidens bopladser efterfølgende blevet opslugt af havet. Der er generelt gode bevaringsforhold i Øresund, hvis man ser bort fra erosion og bølgeslag. Det er derfor muligt at finde velbevarede fund.

Hidtil er de registrerede fund fremkommet ved tilfældigheder, idet man ikke systematisk har undersøgt området. I forbindelse med etableringen af Øresundsforbindelsen, har man for første gang videnskabeligt planlagt og udført en større undersøgelse, der har tilført forskerne ny og værdifuld viden. Der er sjældent tale om spektakulære fund, der kræver en egentlig udgravning. Derimod findes hyppigt kulturspor i form af flinteflækker, forkullede træstykker, træspåner, knoglerester, skaller etc. Værdien af eventuelle fund kan dog være begrænset, idet erosion og materialetransport ofte har skadet genstandene og fjernet dem fra deres oprindelige placering.

Det er sandsynligt, at der kan gøres lignende fund på Middelgrunden. Det er kendt, at der findes vrage af arkæologisk interesse på Middelgrundens flanker. Derimod kan det ikke forventes, at der findes vrage af betydning på selve grunden. Det skyldes, at der som følge af erosion af Middelgrunden ikke finder tilsanding eller sedimentation sted, samt at den samme erosive påvirkning derfor normalt ikke giver mulighed for, at vrage og lignende kan overleve i længere tid.

4.6 Affaldsdeponering på Middelgrunden

Middelgrunden har gennem mere end hundrede år været anvendt som losseplads. Således har dele af Middelgrunden siden ca. 1905 været anvendt som dumpningsområde for havneslam og uddybningsmateriale fra Københavns Havn. Derudover skønnes det, at der frem til 1990'erne er klappet mindst 1,6 millioner m³ fyldt af fortrinsvis (støbe)sand, ler og slam på Middelgrunden. Klapning af forurenede havneslam ophørte af miljøhensyn i 1984 /8/.

Middelgrunden bærer stadig præg af tidligere tiders dumpning af byggeaffald. Man kan således se betonstykker, der rager op af havbunden. Omfanget af denne dumpning er ukendt, selv om Farvandsdirektoratet gennem en årrække har ført register over godkendte dumpninger. Frem til 1940'erne har også Kongedybet været anvendt som dumpningsområde for en ukendt mængde mudder og blandet affald /8/.

Indtil 1980 var Farvandsdirektoratet det eneste sted, der registrerede oplysninger om klappladser på Middelgrunden. Det er dog ikke alle klapninger/deponeringer, der er registreret. Efter 1980 er der yderligere fire instanser, der kan være involveret, det er:

- Københavns Amt, Teknisk forvaltning
- Københavns Kommune, Miljøkontrollen
- Hovedstadsrådet, Miljøbeskyttelsesudvalget (nedlagt) og
- Miljøstyrelsen.

Selv hvor der foreligger specifikke oplysninger om en konkret klapning, er det som regel vanskeligt at stedfæste denne, hvis den er mere end 5 år gammel /16/.

Geoteknisk Institut /16/ konkluderer på baggrund af deres tidligere undersøgelser på Middelgrunden, at klappladserne hovedsageligt er placeret i den nordlige halvdel af den vestlige del/korridor og i nogen grad i det nordøstligste hjørne af det undersøgte område. Det undersøgte

område er 2,8 km langt og 1,1 km bredt og dækker dermed størstedelen af klapområdet og ca. 75% af det aktuelle anlægsområde.

4.7 Forurening på Middelgrunden

Som nævnt oven for tilføres Middelgrunden ikke længere forurenede materiale. Tidligere er der sammen med klappning af havneslam anbragt anseelige, men ukendte mængder af tungmetaller på Middelgrunden. Miljøkontrollen, Københavns Kommune, herefter *Miljøkontrollen*, har ud fra målinger på sediment og oplysninger om klappet materiale skønnet, at der sammenlagt er dumpet 3 til 8 t kviksølv på Middelgrunden. Dertil kommer store mængder af bly, kobber og zink, samt små mængder cadmium og nikkel. Miljøkontrollen anfører, at det i dag kun er tungmetaller, der har en miljømæssig betydning, og at det er kviksølvholdigt havneslam, specielt fra området ud for den tidligere Sojakagefabrik, der kan give anledning til interesse /8/.

Da Middelgrunden har vist sig at være udsat for erosion fra strøm, bølger og is, er det imidlertid umuligt at give et fyldestgørende billede af forureningstilstanden i dag. Sediment med og uden tungmetal er løbende blevet omlejret af bølgeslag og strøm. Herved er én del af det forurenede sediment stadig eksponeret for erosion, andet er sandsynligvis blevet dækket af uforurenede materiale, og endelig er størstedelen blevet spredt til andre dele af Øresund, hvor det efterfølgende er bundfældet /8/.

Hvor stor en del af tungmetallerne, der stadig befinder sig på Middelgrunden, er der ikke noget overblik over, men Miljøkontrollen fastslår i sin statusbeskrivelse /8/, at langt størstedelen er ført bort fra Middelgrunden igen af bølger og strøm.

Miljøkontrollen har i 1994 taget selektive bundprøver på 10 stationer ned til 0-5 cm's dybde og 6 prøver i 1996, ned til 30 cm's dybde. Prøverne blev analyseret for kviksølv, bly, kobber, zink og glødetab (mængden af organisk stof). Sidstnævnte kan dels i sig selv være en velegnet indikator for tilstedeværelse af tungmetaller, dels kan det give et godt indtryk af hvilken form tungmetallerne befinder sig på, idet de ved tilstedeværelse af ilt fortrinsvis indgår i organiske forbindelser. Tre ud af de 16 prøver var forurenede eller kraftigt forurenede i forhold til Miljøstyrelsens grænseværdier /8/.

I 1997 har Geoteknisk Institut som en del af Middelgrundsprojektets geotekniske undersøgelser taget bundprøver ved hver af de påtænkte placeringer for det oprindelige projekt med 27 vindmøller. På hver position blev der udtaget to grabprøver i hhv. 0 eller 5 cm og 30 cm dybde under havbunden. Ved en enkelt position blev der endvidere udtaget en prøve 70 cm under havbunden. De i alt 55 enkeltprøver blev analyseret for deres indhold af tungmetallerne: kviksølv, zink, krom, kobber, bly, nikkel og cadmium.

Prøveresultaterne fra de 27 positioner formodes at være repræsentative for det "urene" område på Middelgrunden, idet de er jævnt fordelt på ca. 85% af arealet /9/.

De vigtigste resultater fra de kemiske analyser af sedimentet fremgår af tabel 4.1.

Da indholdet af tungmetal skyldes kulturbetinget aktivitet, kan det formodes, at indholdet af tungmetaller vil falde med dybden, således at dybereliggende materiale vil være mindre forurenet. Der foreligger dog ikke målinger, der kan verificere dette. Imod denne antagelse taler, at

forurenede materiale efter placeringen kan være udvasket i overfladen af sedimentet som følge af bølgeerosion /9/.

Position	dybde	Glødetab	Bly	Cadmium	Chrom	Kobber	Nikkel	Zink	Kviksølv
nr.	cm	% af TS	mg/kg TS						
A2	05	3,8	28			50		84	
A2	30	10,2	160		36	120		650	2.700
A5	00	0,6	130						
A6	30	1,4	26						0,53
A7	00	0,7							0,26
A8	30	0,7							0,52
B4	30	1,7	41	2,0	130	380	97		
B5	00					31			
B5	30	1,4	39			210			
B7	30	3,0	21						0,51
B8	30	0,7							0,49
C6	00	0,8	60			25		170	12.000
C6	30	3,0	83			34		190	1.500
Ikke forurenede ¹			< 20	<2	<20	<20	<40	<75	<0,25
Forurenede ¹			20-50	2 - 3	20-50	20-40		75-100	0,25-0,5
Kraftigt forurenede ¹			> 50	>3	>50	>40		>100	>0,5
¹ Miljøstyrelsens vejledning 1983 /30/									

Tabel 4.1 Indhold af tungmetal i sediment fra de forurenede og kraftigt forurenede positioner fra det tidligere projekt med 27 vindmøller. Nr. angiver koordinaterne, hvor A er vest og C er øst og 1 er nord og 7 er syd, /9/ og /30/.

Af tabel 4.1 fremgår, at 5,5% af prøverne er forurenede og 18% er kraftigt forurenede med ét eller flere tungmetaller. For kviksølv, der er det mest problematiske tungmetal, er tallene henholdsvis 3,6% og 10,9%.

Det skal bemærkes, at i den østligste række er det kun på C6 der er fundet forurenede sediment, til gengæld er indholdet af kviksølv meget højt /9/.

Tungmetalkoncentrationen i de ikke forurenede sedimentprøver er af samme størrelsesorden som målt i en række overfladesedimenter på havbunden imellem Amager og Saltholm langs den planlagte linieføring for Øresundsforbindelsen /23/ og /24/.

Da indholdet af tungmetal skyldes kulturbetinget aktivitet, kan det formodes, at indholdet af tungmetaller vil falde med dybden, således at dybereliggende materiale vil være mindre forurenede. Der foreligger dog ikke målinger, der kan verificere dette. Imod denne antagelse taler, at forurenede materiale efter placeringen kan være udvasket i overfladen af sedimentet som følge af bølgeerosion /9/.

Det må forventes, at man lokalt kan finde lommer af sort havneslam med en forholdsvis høj koncentrationer af tungmetaller. Koncentrationen i alle slamprøver er dog lavere end i det slam, der oprindeligt blev klappet /8/.

Det kan konkluderes, at der er store dele af Middelgrunden, specielt på den østlige del, der ikke er nævneværdigt forurenet.

4.8 Vanddybde

Middelgrunden er på ældre søkort betegnet som *urent område*. På nyere kort anvendes betegnelsen *uegnet til sejlads*. Der er ikke angivet vanddybder på almindelige søkort.

Undersøgelser fra Miljøkontrollen viser, at vanddybden gennem de seneste 75 år som helhed har været næsten uændret fra 2,5 til 5 meter /16/. Vanddybden på Middelgrunden har dog, i perioder og lokalt, ændret sig en hel del. På den ene side har tidligere tiders udbredte klapning midlertidigt medført en lavere vanddybde. Det er f.eks. flere gange konstateret, at materiale har ligget over vandoverfladen. Denne akkumulation af materiale er på den anden side blevet modvirket af erosion fra bølger, strøm og isgang, som fjerner materiale fra de mest eksponerede dele af Middelgrunden. Opbygning og erosion har altså generelt udlignet hinanden de fleste steder.

Farvandsvæsnet har registreret en række målinger af dybdeforholdene på Middelgrunden. På baggrund heraf er der udarbejdet et kort, der angiver havdybderne med stor detaljeringsgrad. Farvandsvæsnet advarer imidlertid mod at stole for meget på disse data, da der kan være endog meget gamle og upålidelige målinger imellem.

I juli 1997 har Geoteknisk Institut gennemført en undersøgelse med henblik på fastlæggelse af dybde- og overfladeforholdene på dele af Middelgrunden /16/. Ved undersøgelsen blev der anvendt ekkolod og *side scan sonar* til fastlæggelse af havbundens nøjagtige niveau i tre nord-syd gående korridorer samt i 9 øst-vest gående korridorer.

Resultaterne af denne undersøgelse er gengivet i tre kort med dybdekoter samt indtegnede formodede klappladser. Den typiske dybde er mellem 3,5 og 4,0 meter. Langs den vestligste korridor er dybden mellem 3,5 og 5,5 meter. Laveste havdybde er noteret til knapt 2 meter, men der er registreret i alt 330 enkelt målinger på under 3 meter. Målingerne viser, at vanddybden varierer mellem ca. 2 og 5 meter inden for det område, hvor møllerne tænkes placeret. På figur 4.3 er vist typiske tværsnit i retning øst-vest.

Vanddybden i Kongedybet er op til 15 meter.

4.9 Hydrografi og bundforhold

Beskrivelsen i dette afsnit er hovedsageligt baseret på: *Vindmøller på Middelgrunden, påvirkning af vandstrømningsforhold* /11/ og /28/.

Øresund udgør et vigtigt forbindelsesled mellem Kattegat og Østersøen, idet ca. 30 % af den samlede vandudskiftning strømmer herigennem. I farvandet omkring Saltholm er vanddybden særligt lav og udgør derfor en tærskel for vandgennemstrømning, området kaldes derfor også Drogentærskelen.

Typisk vil strømmen i Øresund veksle mellem en nordgående udstrømning på 5-7 dage, efterfulgt af en sydgående indstrømning på 3 - 5 dage. Det indstrømmende vand er som regel salt, koldt og iltrigt, mens det udstrømmende vand normalt er varmere brakvand. Herved opstår der normalt en tydelig lagdeling af vandet i den centrale del af Øresund som følge af forskelle i vandmassernes densitet.

Friktionen mellem lagene er beskeden, hvorfor deres strømningsmønstre er forholdsvis uafhængige. Det er derfor almindeligt, at lagene strømmer med forskellig hastighed og i særlige tilfælde endda i modsat retning. Springlagets placering ændrer sig i forhold til det volumen, der strømmer hhv. ud og ind af Øresund. Desuden falder springlagets dybde fra nord mod syd, idet der opstår en gradient på grund af strømningsmodstanden. Det sker kun sjældent, at meget salt og koldt bundvand strømmer over Drogdentræskelen og videre ind i Østersøen.

Når der opstår en udpræget lagdeling bliver strømningsmodstanden i Øresund formindsket, idet det øvre vandlag har mindre friktion i forhold til springlaget end i forhold til bunden. Når der bliver tilstrækkelig stor forskel på strømningshastigheden mellem lagene, opstår der turbolens, hvorved der fremkommer en opblanding af vandmasserne.

På Middelgrunden vil man, afhængigt af den aktuelle og forudgående vejsituation, typisk finde springlaget et sted på overgangen mellem dybene og grunden. Selve grunden vil altså typisk være udsat for homogene strømninger.

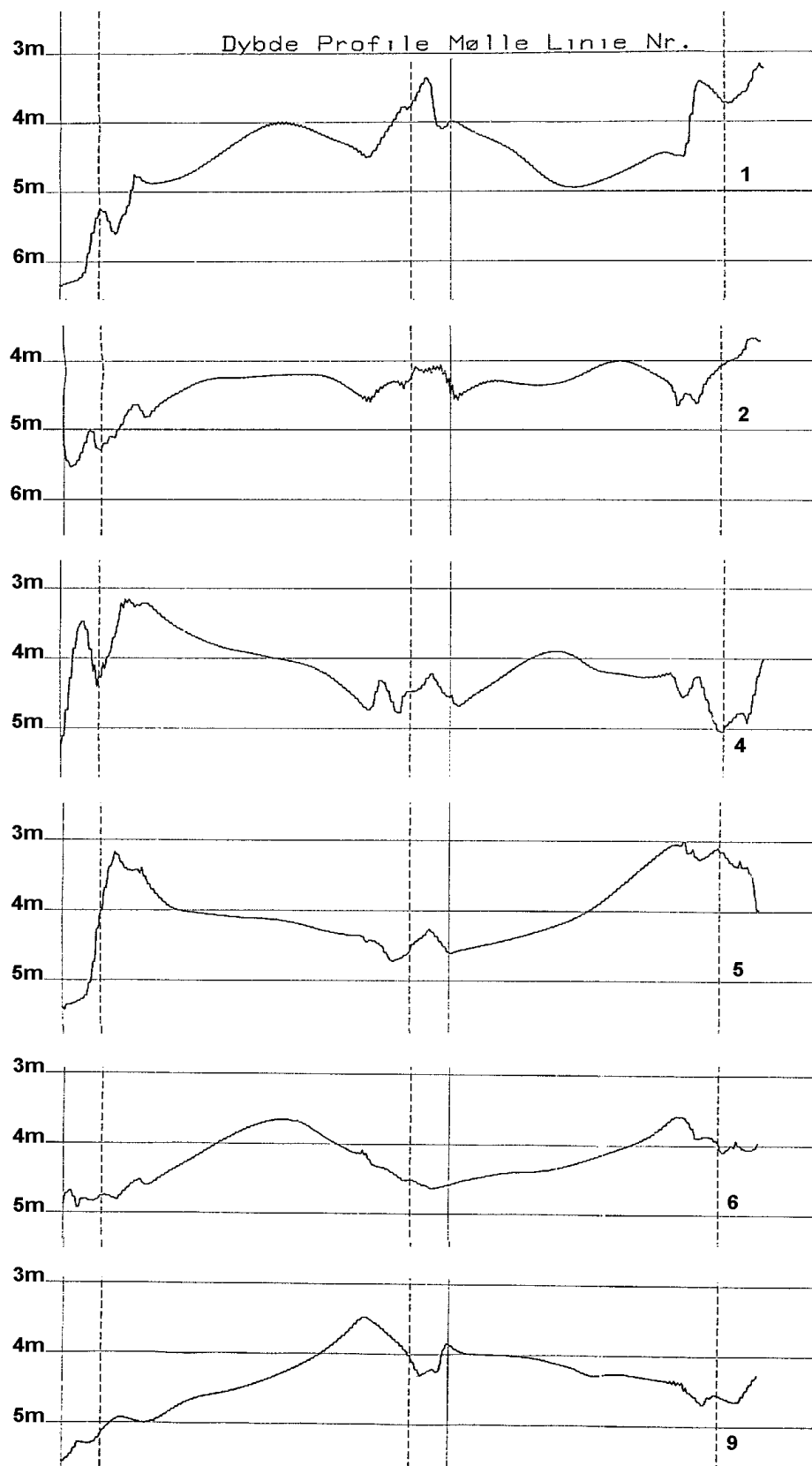
Hvis man kun forholder sig til det øvre vandlag, er vandets lokale strømningshastighed proportional med kvadratroden af vanddybden, se fig. 4.3. På den baggrund er det beregnet, at strømningshastigheden på Middelgrunden kun er ca. 55 % af strømningshastigheden i dybene.

Selvom strømningshastigheden er reduceret på lave vanddybder, er strømmen alligevel kraftig nok til at forårsage erosion og udvirke materialetransport. Strømmen er ikke ene om at påvirke bunden, idet bølge- og isgang ofte kan forøge erosionen voldsomt.

Når bølger fra dybere vand løber ind over en stigende havbund forøges bølgenes friktion mod havbunden. Forholdet mellem bølgehøjde og bølgelængde øges indtil bølgen knækker i en brænding. Undervejs udløses bølgens energi af bundens friktion og omsættes i sidste ende til varme. Hvis vanddybden i et område derfor er mindre end bølgelængden, vil vandet over bunden bevæge sig frem og tilbage i takt med bølgeslaget med en fremadgående strømhastighed, der er ca. dobbelt så hurtig som returhastigheden. Som følge heraf vil der ske en sortering af bundmaterialet, hvor lette partikler vil blive transporteret bort og tunge partikler vil blive akkumuleret.

25-40% af bunden på Middelgrunden består af blotlagte sedimentoverflader af varierende sammensætning /8/. Der er konkret undersøgt 39 positioner der viser følgende fordeling af overfladesedimenter; sand 75%, grus 13%, ler 6% og slam 6% /20/.

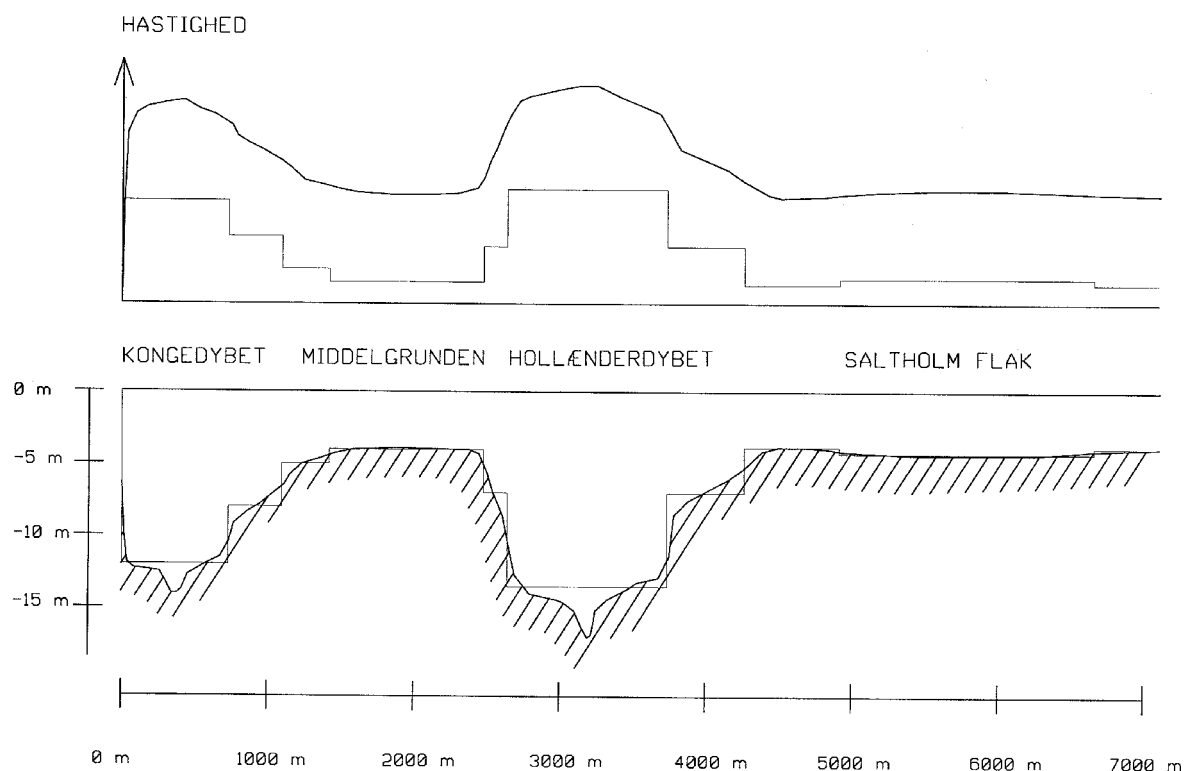
Den samlede naturlige materialetransport i Øresund er beregnet til at være på mellem 30.000 og 50.000 - 100.000 t/år, afhængigt af beregningsmetode /28/. Undersøgelser udført for Øresundsforbindelsen har vist, at der i et enkelt stort sedimentationsbassin beliggende umiddelbart nord for Middelgrunden er en naturlig sedimentationsrate på 800 g/m²/år, og at dette sediment stammer fra det meste af Øresund. Det er beregnet, at som følge af sedimentspild fra konstruktionen af Øresundsforbindelsen vil sedimentationsraten i det pågældende bassin fordobles mens gravearbejdet står på.



Figur 4.2 Typiske tværsnit i retning øst-vest på Middelgrunden, /16/. Numrene 1-9 angiver nummer på den række regnet fra nord, hvor møllerne var tænkt placeret. Afstanden mellem rækkerne var 330 meter/16/.

Det må formodes, at i praksis vil størstedelen af en given mængde resuspenderet sediment (og dermed tungmetal) fra Middelgrunden sedimentere i dette bassin.

Der er en meget effektiv vandudskiftning på Middelgrunden og vandkvaliteten er derfor normalt sammenlignelig med andre dele af Øresund. Efter afslutningen på varme og næringsrige perioder kan fedtemøg imidlertid bundfælde og henfalde, hvilket lokalt kan føre til iltvind og muslingedød /8/.



Figur 4.3 Tværsnit af bunden ved Middelgrunden, /11/.

4.10 Flora og fauna

Beskrivelsen i dette afsnit er baseret på /8/, /10/, /21/, /25/, /26/ og /27/.

Flora

En luftfotografering fra 1996, se fig. 7.1, og en videoinspektion fra 1994 viser, at omkring halvdelen af havbunden på Middelgrunden er dækket af vegetation /10/. Visuel inspektion og videooptagelser viser, at det primært drejer sig om ålegræs, *Zostera marina*. Der findes også noget strengetang *Chorda filum* og enkelte sukkertang *Laminaria saccharina*. Der kan i perioder iagttages tæpper af fedtemøg, der kan virke skyggende på øvrig vegetation /8/.

Ålegræs er den mest almindelige marine blomsterplante i danske farvande, hvor den dominerer vegetationen på blød bund /26/. Ålegræs udgør en vigtig biotop for øvrige dyre og plantearter, dels som gyde og opvækstområde for fiskeyngel, dels som fødegrundlag for planteædende fugle

som knopsvaner. Ålegræssets rodnet har tillige den funktion, at det beskytter det underliggende løse sediment mod erosion fra strøm og bølger.

Forekomsten af ålegræs et givet sted kan beskrives i forhold til *arealudbredelse*, *arealdækning* og *arealbiomasse*. *Arealudbredelse* er blot et udtryk for størrelsen af et areal der i et vist omfang er dækket med Ålegræs, vegetationsområderne er som regel velafgrænsede, og planten er ofte enedominerende. *Arealdækning* er et udtryk for, hvor tæt bevoksningen er indenfor et vegetationsområde. Den gennemsnitlige dækningsgrad for ålegræs i Øresund er faldet fra 68% i 1996 over 58% i 1997 til 48% i 1998. Generelt findes de største dækningsgrader på mellem 1 og 4 meters vanddybde /27/. *Arealbiomasse* er et udtryk for, hvor stor mængden af biomasse målt i g(tørstof)/m², der er et givet sted.

Ålegræssets udbredelse, vækst og overlevelse afhænger primært af hvor meget lys, der slipper ned til plantens blade. Ved god sigtbarhed er bundgrænsen for ålegræs typisk 6 m og i få tilfælde ned til 8 m. Bundgrænsen er mange steder lavere, hvilket bl.a. kan skyldes, at sigtbarheden er reduceret som følge af algevækst eller suspenderet sediment. Naturlige faktorer som variation i antal solskinstimer og vandtemperatur har også betydning. Ålegræsset når sin maksimale biomassemængde og udbredelse i slutningen af vækstperioden i august - september. På det tidspunkt er der tillige opbygget et lager af sukkerstof i rodnettet, som skal forsyne planten med energi frem til næste vækstsæson. Hvis ålegræsset i en vækstsæson har modtaget mindre lys end normalt på grund af reduceret sigtbarhed i vandet eller færre solskinstimer, resulterer det sandsynligvis i, at en del af de dybest beliggende planter ikke vil overleve vinteren.

Ålegræs udbredes ved rodskud og har derfor en begrænset spredningshastighed. Derfor afhænger reetableringsperioden for et område, der er lagt øde ved klappning, opgravning eller lignende, af, hvor stort området er og af om, der er tilliggende arealer der i forvejen er begroede med ålegræs. På Middelgrunden har det vist sig, at ålegræs kan reetableres i løbet af få år på områder, der har været udsat for klappning /8/. Formodentlig spiller det også en rolle for spredningshastigheden, hvilken type sediment der graves op eller klappes.

Ålegræs er tilpasset høje sedimentationsrater /26/.

På baggrund af to figurer i *Bentisk vegetation Tilstandsrapport 1998*, /26/ vurderes, at i forhold til *arealdækning* og *arealbiomasse* er tætheden på Middelgrunden noget lavere end i andre ålegræs bevoksninger i Øresund og at ålegræsset er koncentreret på den centrale del af grunden. Det vurderes endvidere, at på den østligste del af Middelgrunden, hvor vindmølleparken skal opstilles, er arealdækningsgraden ca. 25% og, at arealbiomassen er på under 100 g tørvægt/m², hvor den maksimale værdi er 400 g.

Der findes ingen detaljerede undersøgelser af vegetationen i Kongedybet, men der kan sandsynligvis findes en del sukkertang *Laminaria Saccharina*. Det er en flerårig brunalge, som kan blive 2-3 m høj. Udbredelsen af sukkertang er begrænset til områder med hårdt substrat og er i Øresund mest udbredt ved vanddybder større end 6 m, idet den foretrækker høj saltholdighed.

Fauna

Vandlevende dyr

De mest almindelige arter på *Middelgrunden* er ål og blåmuslinger /8/.

I lighed med andre områder i *Øresund* med vanddybder mindre end 10 -15 m, er *Middelgrunden* defineret som et *Macoma* samfund, opkaldt efter en østersømusling /28/.

Blåmuslinger *Mytilus edulis* er almindeligt forekommende i de indre danske farvande på dybder mellem 1 og 12 m. Her findes den spredt, i mindre klumper og i store sammenhængende banker, hvor der er stor vandudskiftning. Bankernes udbredelse er endvidere afhængig af egnet substrat, fødetilførsel og naturlige fjender. Specielt i Øresund er blåmuslingen meget udbredt /27/. På Middelgrunden findes de i store banker, der dækker 10-15% af bunden. I tilfælde hvor en ålegræsbevoksning er blevet genetableret, følger blåmuslingen relativt hurtigt efter /8/.

Da blåmuslinger får deres næring ved at filtrere vand, har tætte bestande betydning for transport af både partikulært og opløst stof, derfor kan de lokalt have stor betydning for vandkvaliteten /27/.

Blåmuslinger er et vigtigt fødeemne for bl.a. dykænder og edderfugle /27/.

Der findes sandsynligvis også store mængder blåmuslinger i Kongedybet.

Fugle

Der er ikke foretaget specifikke, regelmæssige undersøgelser af fugleforekomsterne omkring Middelgrunden. Der er derimod udarbejdet flere fugleundersøgelser omkring Saltholm, og heri er Middelgrunden behandlet som en del af Københavns havneområde.

Der findes dog oplysninger fra to observationer fra februar 1994 /21/, hvor der er registreret følgende :

- 1.-3. feb.: 36 fugle fordelt på; hvinand (34) og toppet skallesluger (2).
- 15.-16. feb.: 371 fugle fordelt på; gråand (10), taffeland (6), troldand (280), hvinand (11), stor skallesluger (5), toppet skallesluger (2).

Variationen kan altså være stor, idet antallet ændres fra 36 til 371 på blot 14 dage.

Der er ikke ynglende fugle i området, men der kan forekomme rastende og fouragerende fugle. Dette skyldes, at området er relativt fladvandet med dybder fra 2 til 5 meter med forekomst af bl.a. ålegræs og blåmuslinger, hvilket giver grundlag for knopsvane, edderfugl, gravand, gråand og toppet skallesluger, som bl.a. yngler omkring Middelgrundsfortet /21/.

Området anvendes som andre dele af havneområderne i København til dagrasteplads for f.eks. troldand. En del af morgen- og aftentrækkene mellem København og Saltholm af bl.a. måger og ænder går hen over området. Der forekommer endvidere et mindre træk af edderfugl gennem Øresund forår og efterår /21/.

5 Projektets omfang og etablering

Informationer i dette afsnit er især baseret på forundersøgelserne rapporteret i /9/ og /16/ samt to rapporter om udformning af fundamenter /3/ og /4/.

5.1 Parkens udstrækning og placering

Vindmølleparken er udformet som et svagt krummende buestykke med en radius på 12,5 km. Parken udgøres af 20 møller med en indbyrdes afstand på 180 m og en samlet længde på ca. 3,4 km. Mølleparken er en del af den bue, som dannes af nogle af Københavns historiske anlæg. For uddybning af baggrund henvises til rapporten om projektets visualisering /6/.

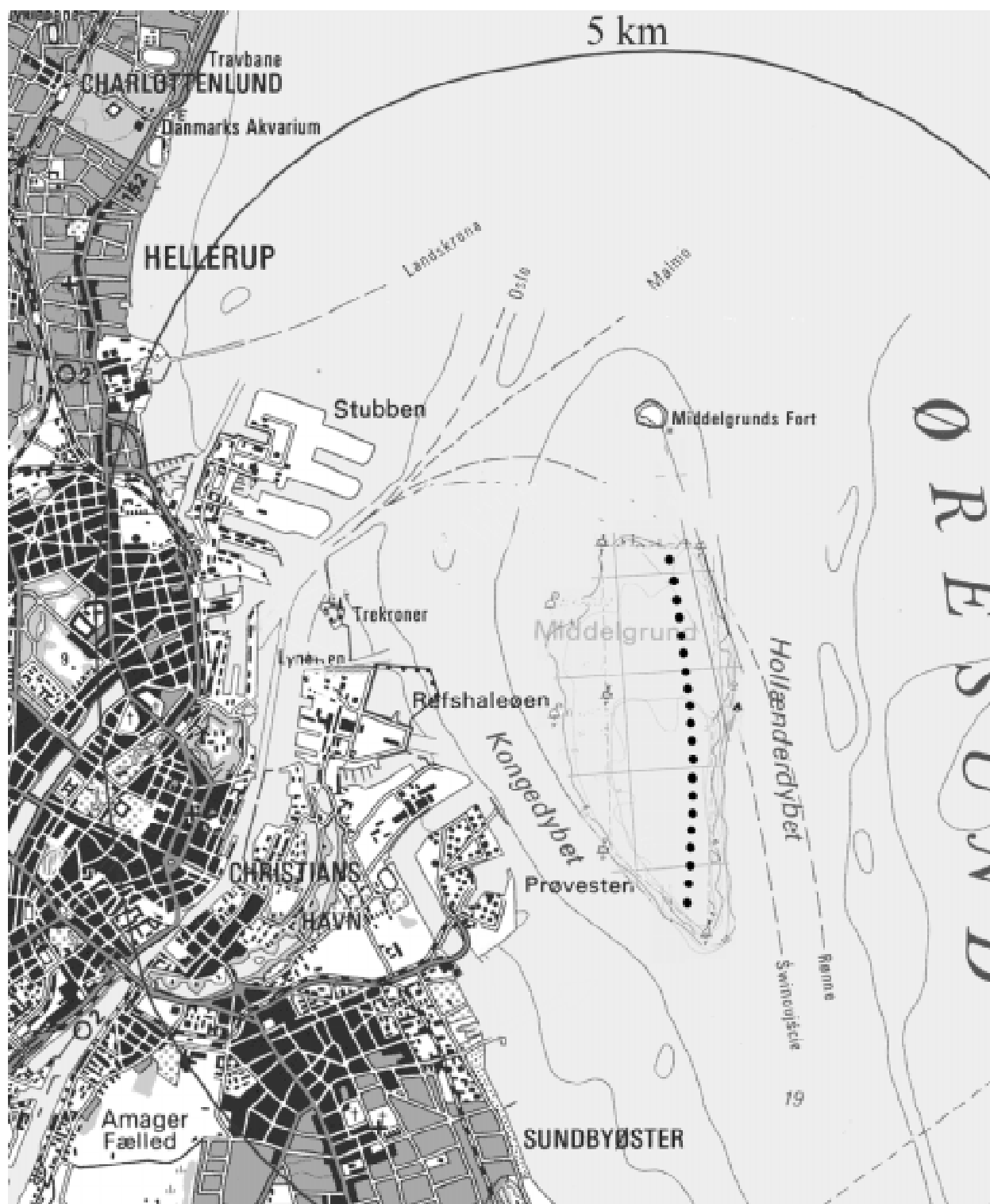
Den nordligste mølle er placeret 1,5 km syd for Middelgrundsfortet. Koordinaterne fremgår af tabel 5.1.

Mølle nr.	Østlige Længdegrad		Nordlige Breddegrad	
	Grader	Decimal-minutter	Grader	Decimal-minutter
1	12	40,102	55	42,418
2	12	40,131	55	42,321
3	12	40,156	55	42,223
4	12	40,179	55	42,125
5	12	40,198	55	42,027
6	12	40,214	55	41,929
7	12	40,227	55	41,831
8	12	40,236	55	41,733
9	12	40,243	55	41,634
10	12	40,246	55	41,536
11	12	40,246	55	41,437
12	12	40,243	55	41,338
13	12	40,236	55	41,240
14	12	40,227	55	41,142
15	12	40,214	55	41,043
16	12	40,198	55	40,945
17	12	40,179	55	40,847
18	12	40,157	55	40,749
19	12	40,131	55	40,652
20	12	40,103	55	40,555

Tabel 5.1 Vindmøllernes koordinater i system UTM32/WGS84 (EUREF89).

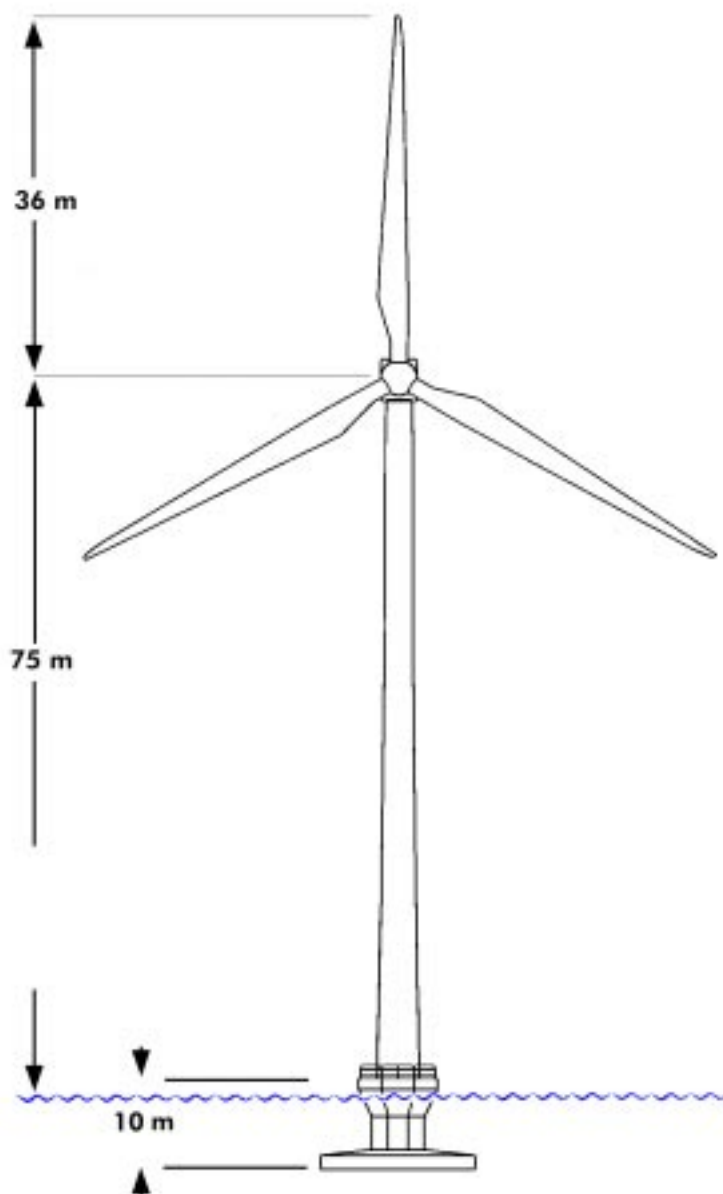
I tilfælde af at de geotekniske undersøgelser viser, at der er problematiske funderingsforhold, eller der opdages et vrag el.lign. af interesse, vil det være muligt at forskyde hele parken op til +/- 100 meter i nord/sydlig retning.

Korden, der afskærer cirkelbuen er orienteret præcist nord-syd. Den nordligste og sydligste mølle er dermed lige langt mod vest og de to midterste møller befinder sig længst mod øst, ca. 640 meter fra sejltreenden i Hollænderdybet.

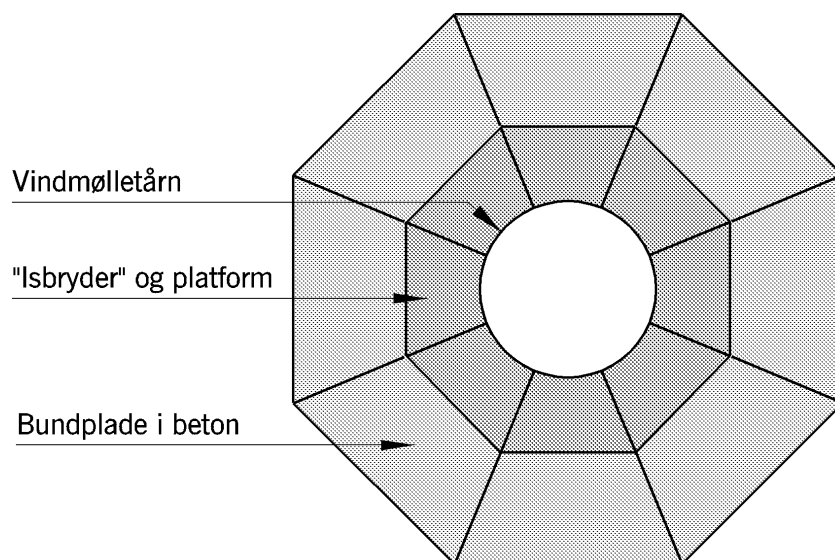


Figur 5.1 Plan over møllerne, /6/.

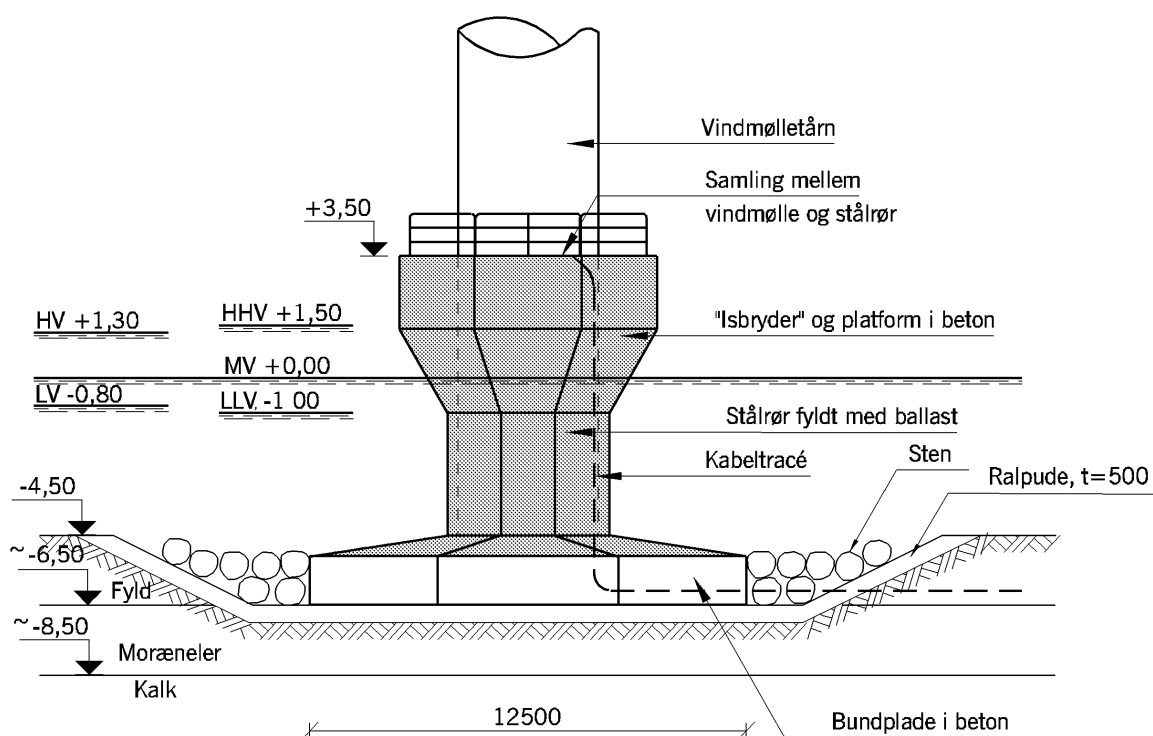
Den enkelte mølle har en navhøjde på omkring 75 meter målt fra havoverflade til centrum af roteren. Rotoren har en diameter på ca. 72 meter, så højden fra havoverflade til vingetip bliver op til ca. 111 meter, se figur 5.2.



Figur 5.2 Vindmølle med angivelse af hovedmål.



Figur 5.3 Plan af fundamenter, /3/.



Figur 5.4 Snit af fundament. Koter i m andre mål i mm, /3/, revideret juni 1999.

Fundamenternes udstrækning

Møllernes fundamenter bliver udformet som traditionelle gravitationsfundamenter, der er konstrueret af beton eller stål. Der er kun få principielle forskelle på de to typer fundamenter. Nærværende redegørelse er baseret på fundamenter af beton.

Fundamenterne er ottekantede, og har gennem det meste af vandsøjlen en tykkelse på 4,6 meter. De afsluttes øverst af en isbryderkegle, der har en bredde på 7,4 meter i 3,5 meters højde over havoverfladen. Fundamenterne er placeret på udgravet og afrettet bund 7 - 8 meter under havoverfladen, afhængigt af vanddybden på placeringen. De har en bundplade med en diameter på 12,5 - 15 meter afhængigt af undergrundens bæreevne. Der etableres en erosionssikring af sten med en diameter på 25 - 30 meter afhængigt af sedimentets beskaffenhed. Se nærmere figur 5.3 og 5.4.

Arealet for hver enkelt fundament er 123 - 177 m² og det samlede areal inkl. sten er 491 - 708 m². Mølleparkens samlede horisontale udstrækning inkl. erosionssikring og nettilslutning udgør godt en hektar.

Udstrækning af nettilslutning

Mellem parken og land nedlægges 2 stk. 30 kV søkabler sammen med signalkabler i adskilte tracéer. Kablerne tilsluttes i henholdsvis den nordligste og sydligste mølle. Afstanden mellem parken og Amagerværket er ca. 2.800 m. Linieføringen af tracéet er valgt således, at der bliver kortest mulig passage af sejltredden ved Kongedybet. Endvidere er der ved det sydligste tracé valgt en linieføring, således at man mest muligt undgår en eksisterende kloakledning.

Mellem møllerne indbyrdes udlægges et 30 kV søkabel sammen med signalkabler.

Tracéerne har en bredde på ca. 1 m.

Arealbehov i anlægsfasen

Vindmøllerne leveres som moduler klar til opsætning fra fabrikken (beliggende i Jylland eller Tyskland) til kaj i Københavnsområdet. Alternativt fragtes modulerne på pramme direkte til de færdige fundamenter på vandet.

Gravitationsfundamenter af armeret beton støbes og klargøres f.eks. i Nordhavnen eller på Refshaleøen, men en byggeplads i Malmø kan også komme på tale. I givet fald vil stålfundamenter blive fremstillet på et værft i Danmark eller udlandet, afhængigt af prisforhold.

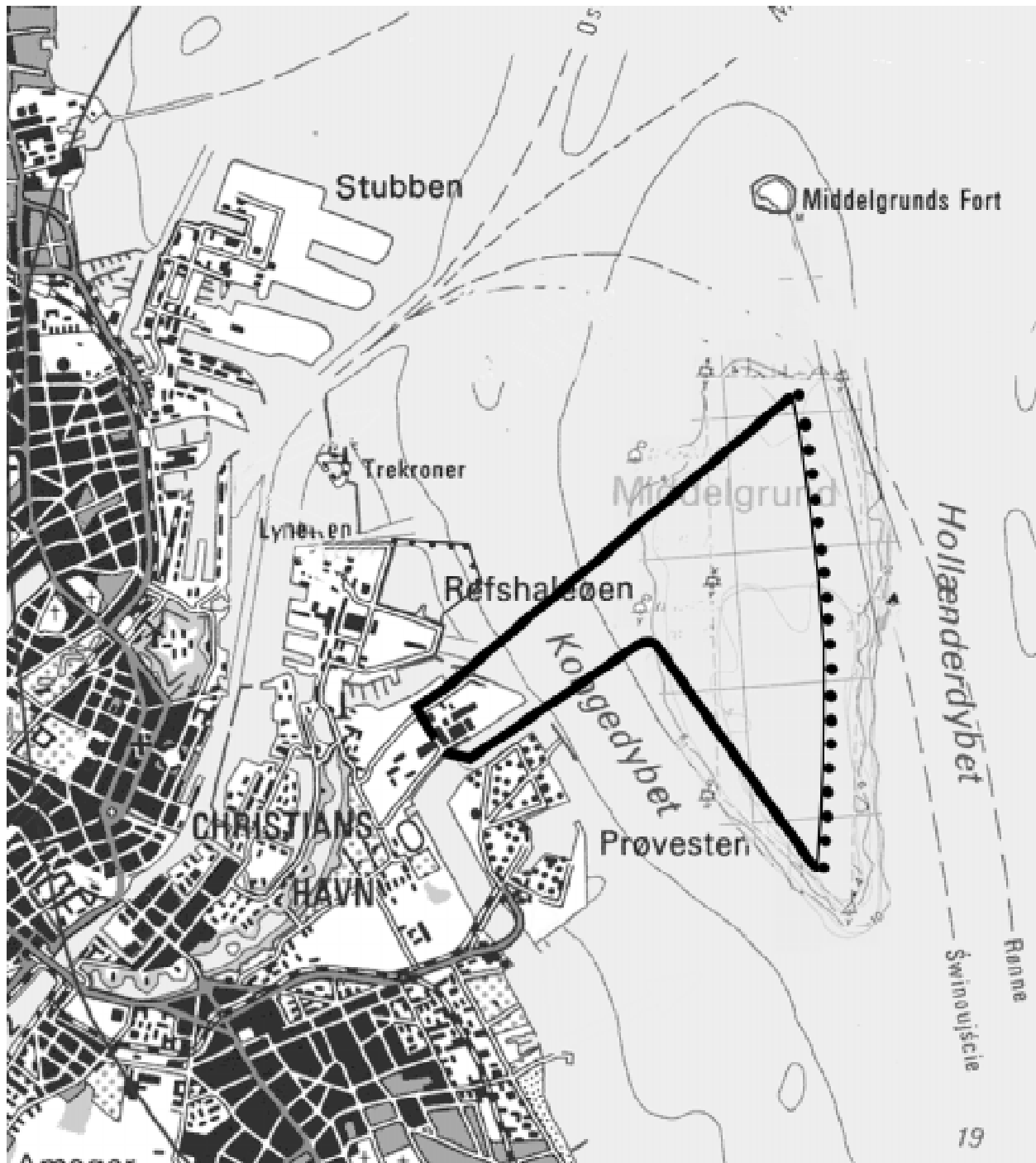
Arealbehovet til fremstilling af betonfundamenterne er opgjort til 7.500 m² inklusiv plads til skurvogne, lager, betonblande anlæg, jernbinding og parkering. Der er behov for ca. 150 m kaj med god bæreevne. Samtidig skal der være plads til, at en flydekran med en kapacitet på 1.200 t kan manøvrere ud for kajen, og vanddybden skal være mindst 4 meter.

Alternativt kan det være en fordel for entreprenøren at kunne disponere over en tørdok, da kravene til flydekranens kapacitet herved kan reduceres. Det vil f.eks. være muligt at udnytte en tørdok på det forhenværende B&W.

Der er tale om traditionelt betonarbejde omfattende jernbinding, opbygning af forskalling, blanding af beton, støbning, efterbehandling og klargøring. Der er således ikke risiko for miljøpro-

blemer, udover evt. visuelle eller akustiske forhold. Der er derfor ikke behov for særlige forholdsregler.

Da anlægget til fremstilling af fundamenterne vil få en midlertidig karakter, er der ikke tale om egentlig "elementproduktion", og da produktionen af beton samtidig bliver mindre end 20.000 t/år, vil en tilladelse efter Miljøbeskyttelseslovens *kapitel 5* ikke være påkrævet.



Figur 5.5 Nettislutning til Amagerværket (tracé angivet med symbol).

5.2 Etableringsmetode

Forud for anbringelse af fundamenterne foretages geotekniske undersøgelser af bunden, således at bundens beskaffenhed kan bestemmes og fundamenternes dimensioner optimeres herefter. I forbindelse med undersøgelsen udtages sedimentprøver med henblik på beskrivelse af havbunden og fastlæggelse af sedimentets forureningsgrad. På samme tidspunkt undersøges sedimentet for evt. indhold af arkæologisk interesse, se afsnit 8.3.

Ved anvendelse af gravitationsfundamenter fordres en god og jævn bæreevne af underlaget. Derfor skal undergrunden forberedes hertil, ved at fjerne op til 2 m løst materiale. Derefter afrettes bunden til 7 - 8 m under vandoverfladen afhængigt af placering, hvorefter der udlægges en ca. 0,5 m tyk ralpude. Området mellem fundamentets bundplade og havbund fyldes herefter op med sten. Udstrækningen af det berørte område fremgår af afsnit 5.1 og figur 5.4.

I forbindelse med arbejdets tilrettelæggelse udarbejdes en detaljeret graveinstruks. Arbejdet planlægges udført på følgende måde:

- Hvis der skal fjernes forurenede materiale udføres dette med grab. Det er afgørende, at grabben håndteres forsigtigt og kyndigt så spildet minimeres. På grund af risikoen for at der er klappet større elementer (f.eks. beton fra nedrivingsarbejder) kan det iht. erfaringer fra Københavns Havn ikke anbefales at forsøge med lukket grab (en såkaldt miljøgrab).
- Det resterende materiale ned til det foreskrevne funderingsniveau skrabs til side af en hydraulisk gravemaskine anbragt på en pram, der er jacket op på støtteben. Med anvendelse af moderne positionsbestemmelsesmetoder kan skovlens position bestemmes med centimeters nøjagtighed.

Fundamenterne, der vejer ca. 1.050 t, udskibes ved hjælp af en flydekran f.eks. monteret på en 85 m lang og 35 m bred ponton med en dybgang på 4 meter. Efter løft fra kaj eller dok flådes hvert enkelt fundament af flydekransen direkte til dets tiltænkte og forberedte placering og sænkes på plads. Flydekransens dybgang på 4 meter muliggør sejlads de fleste steder på Middelgrunden. Hvis vanddybden enkelte steder er lavere kan fundamenterne helt eller delvist nedsænkes i vand og dermed reducere kravet til flydekransens dybgang. Resultaterne fra de geotekniske undersøgelser af bunden anvendes samtidigt til fastlæggelse af sejlruiter til brug i etableringsfasen.

Hvis produktion af fundamenterne har fundet sted i Københavnsområdet vil der kunne udsættes et fundament pr. arbejdsdag. Det forventes at den samlede operation eksklusiv opsætning af møller kan klares på 25 arbejdsdage, når der tages hensyn til vejrlig.

Det er i princippet muligt at opstille mølle og fundament samlet i et enkelt løft, men hvorvidt det er en hensigtsmæssig løsning, vil først kunne afgøres efter en licitation. I det følgende er forudsat, at der anvendes to adskilte operationer til placering af fundamenter og opstilling af vindmøller.

Etablering af vindmøller

Efter at fundamenterne er kommet på plads, kan vindmøllerne monteres stort set efter samme princip som på land. Med en stor kran på en jack-up eller ved anvendelse af en flydekran løftes først tårnet (typisk 2 sektioner, i alt 111 t), dernæst nacellen (55-75 t) og til sidst rotoren (20- 23 t) på plads. Muligvis løftes nacellen på plads med 2 af vingerne formonteret, hvorefter den sidste vinge monteres.

Måned fra start af støbning af fundament	1	2	3	4	5	6	7	8
Støbning fundament								
Udgravning til og etablering af ralpude								
Udskibning af fundamenter								
Installering af vindmøller								
Etablering af nettilslutning								
Etablering af erosionsbeskyttelse								

Tabel 5.2 Tidsplan for støbning af fundamenter og montage af disse samt vindmøller.

Den samlede udskibning, transport og montage af vindmølle samt flytning af jack-up til ny position, forventes at kunne udføres på 1 arbejdsdag. Det forventes at den samlede operation kan klares på 30 arbejdsdage, når der tages hensyn til vejrforhold, der umuliggør montage. Det samlede tidsforbrug for fundament og møller bliver således ca. 50 dage.

Det forventes ikke, at søtrafikken i og omkring Københavns Havn og Middelgrunden vil blive generet af montagen i nævneværdigt omfang.

Etablering af nettilslutning

30 kV-søkabler og signalkabler mellem parken og land spules/pløjes ca. 1 m ned i havbunden. Det optagne materiale genplaceres i tracéet og afsluttes med en overdækning af sække fyldt med en blanding af cement og grus. Kabeltracéet har et tværsnit på ca. 1 x 1 m. For at sikre mod forekomsten af store sten besigtiges tracéet forud af en dykker. Dette vil samtidigt give mulighed for at sondere tracéet for skibsvrag og lignende. Tracéet analyseres endvidere ved anvendelse af *multibeam side scan sonar* forud for arbejdets iværksættelse.

Mellem møllerne indbyrdes placeres 30 kV-søkabler og signalkabler på havbunden og overdækkes med sække fyldt med en blanding af cement og grus.

I hvert mølletårn placeres en 30/0,69 kV transformer.

5.3 Mængder

Neden for er anført et overslag over de mængder, der indgår i selve vindmølleparken og materiale, der skal fjernes som en konsekvens af dens realisering.

Materiale forbrug

20 vindmøller	20 fundamenter	Erosionsbeskyttelse, ralpude, 20 stk.
Stål ca. 3.000 t	Beton 6.800 m ³	Ralpude 2.200 m ³
Glasfiber 425 t	Armering 343 t	Ral, erosionsbeskyttelse 3.800 m ³
Kobber 94 t	Stålrør 339 t	Sten, erosionsbeskyttelse 8.800 m ³
Olie ¹ 7 t	Ballast 1.900 m ³	Evt. Geotextil 12.000 m ²
¹ : Gearkasse og hydrauliksystem.		

Tabel 5.3 Materialeforbrug vindmøller og fundamenter, /3/ samt information fra mølleproducenterne.

Nettilslutning

Nettilslutning	meter	Cu tons	Al tons	Olie tons	Olie tons	Beskyttelse Cement m ³
30 kV kabel 3x400 mm ²	10.200	37,2	-	-	11 ¹	5.100
20 stk. transformer 30/0,69 kV	-	-	8,6	23 ²	-	-

¹ : Alternativt kan anvendes kabel, der ikke er oliefyldt, hvilket imidlertid kræver et 2x1 m kabeltracé.
² : Alternativt kan anvendes tørtransformator, hvilket medfører større tomgangs- og belastningstab.

Tabel 5.4 Materialeforbrug til nettilslutning.

Materialebortskaffelse

Forureningsgrad af sediment	20 fundamenter	30 kV net
Stærkt forurenet til deponering	maks. 1.000 m ³	-
Lettere forurenet skræbes til siden (>80%)	ca. 16.000 m ³	5.600 m ³
Klapning (<20%)	ca. 4.500 m ³	-

Tabel 5.5 Bortskaffelse af sediment fra fundamenter og nettilslutning, /3/.

Det samlede behov for sediment "flytning" ventes at blive ca. 25.000 m³. Det skønnes at maksimalt 70.000 m² areal vil blive dækket af bortskrabt sediment, idet sedimentet fordeles omkring fundamenterne i forholdet 1:10.

Håndteringen af forurenet sediment er tidligere beskrevet i afsnit 5.2 og forholdsregler er beskrevet i afsnit 8.2. Det udgravede materiale behandles efter Havmiljølovens regelsæt og Miljøkontrollens anvisninger /30/:

- Meget stærkt forurenet sediment deponeres "kontrolleret"; enten hos Kalvebod Miljø Center eller på AV Miljø på Avedøre Holme.
- Lettere forurenet sediment skræbes væk og deponeres altså på stedet.
- Uforurenet sediment "klappes" på den nordlige del af Middelgrunden.

5.4 Drift

Under normale driftsforhold vil møllerne bliver overvåget via fjernkontrol. Det vurderes, at møllerne i gennemsnit skal besigtiges én gang om måneden. Adgang sker ved anvendelse af almindelig motorbåd påmonteret speciel affendring, der tillader adgang til møllerne under varierende vandstand og strømningsforhold /3/.

Serviceeftersyn af møllerne ventes at finde sted 2 gange om året.

6 Alternativer til Middelgrundsprojektet

I forbindelse med projekts tilblivelse har en række andre placeringer for en vindmøllepark nær ved København været overvejet. Derudover har parkens geometriske udformning været grundigt analyseret /5/ og /6/.

Med udgangspunkt i bygherrerens formål, se *Forordet*, er der teknisk og økonomisk set ikke noget alternativ til det foreslåede vindmølleprojekt på Middelgrunden. I det følgende er redegjort for de alternativer, der har været overvejet.

Informationer er især baseret på de to visualiseringer /5/ og /6/ samt generel viden om de energipolitiske forhold. Hertil kommer notater om forhold vedrørende skibssammenstød /7/ og /12/ samt fugleliv /21/ og /25/.

6.1 Alternativer til et vindmølleprojekt

Hvis formålet med projektet udelukkende er at producere el, er der mange alternativer til rådighed. Når der samtidig stilles store krav til miljøhensyn, økonomi og planlægning, indsnævres mulighederne betragteligt.

Alternativerne kan beskrives som:

- 0-alternativet. Status quo, konsekvensen af ikke at opføre en vindmøllepark.
- Elbesparelser svarende til elproduktionen fra parken.
- Produktion baseret på biomasse eller solceller f.eks. anbragt på tagene i Københavnsområdet.
- Produktion på fossilt (gas)fyrede anlæg.

0-alternativet

Elproduktionen i København er hovedsageligt styret af det samtidige behov for fjernvarme. Den energi, der ikke anvendes til elproduktion, udnyttes i størst muligt omfang til fjernvarme. Brændselsudnyttelsen er derfor høj. I 1998 udnyttedes således 79 % af energien.

En vurdering af behovet for el til det københavnske område er yderst kompleks, da Københavns Belysningsvæsen ikke kører i såkaldt ø-drift, men er forbundet med hele Elkrafts produktionsområde og dermed også nabolandene for så vidt angår el - og med den storkøbenhavnske fjernvarmeforsyning (VEKS og CTR), når det drejer sig om fjernvarme.

Vindkraftens andel af den samlede elproduktion er inden for de senere år steget kraftigt. Vindenergien erstatter i vidt omfang fossilt brændsel på kraftværkerne og giver dermed et væsentligt bidrag til elsektorens målsætninger på miljøområdet, herunder især reduktion af CO₂-emissionen. Vindkraften er samtidig en af de billigste måder at reducere CO₂-udledningen ved elproduktion.

Miljøfordelen ved at etablere *Middelgrundsprojektet* vil med en forventet produktion på ca. 80.000 MWh pr. år reducere udledningen af CO₂, SO₂, NO_x samt støv og slagter betragteligt, som det er beskrevet i afsnit 7.2.

Vindkraftproduktionen vil dermed være med til at spare miljøet for den udledning, der ellers ville komme fra vores kraftværker. Elproduktionen baseret på vindkraft vil derfor en stor del af

tiden udgøre et meget værdifuldt supplement med stor positiv miljømæssig effekt. Tilsvarende gør sig gældende, hvis den fremstillede el erstatter el produceret i udlandet baseret på fossilt fyrede anlæg.

Vindkraft kan således være med til at fortrænge/overflødiggøre elproduktionen fra især kondensproduktionen på kul- og gasfyrede eksisterende kraftværker.

Elbesparelser

Det er velkendt, at der - teknisk og teoretisk set - findes et stort potentiale for elbesparelser i Danmark. Det er dokumenteret, at det med kendt og kommercielt tilgængelig teknologi er muligt at reducere elforbruget væsentligt, uden at det går ud over komforten.

Gennem kampagner, tilskud, rådgivning, afgifter osv. har skiftende regeringer i samarbejde med blandt andet elsekskaberne søgt at få de danske forbrugere og erhvervslivet til at spare på strømmen. Der findes mange gode eksempler på, at det er en farbar vej. Imidlertid viser det sig tit, at det kan medføre store omkostninger at spare, selvom der ikke er det store behov for nyinvesteringer, da der samtidig kan være et behov for uddannelse, rådgivning, adfærdssændringer, ændring af rutiner og organisation, evalueringer osv.

En investering i vindkraft er ifølge Energistyrelsen en af de billigste måder, hvorpå udslippet af CO₂ kan nedbringes.

Biomasse eller solceller

Anvendelse af biomasse i elproduktionen kræver fortsat en betydelig udviklingsindsats for at opnå en anvendelse af det tekniske vanskelige brændsel, som både ud fra en økonomisk og miljømæssig betragtning er effektiv. En løsning kunne være at fremstille el af biogas fra organisk husholdningsaffald, hvilket imidlertid fortsat giver teknologiske problemer.

Elproduktion baseret på biomasse vurderes derfor ikke i øjeblikket at være et alternativ til vindkraft.

Solceller

Produktion af el med solceller er endnu ikke rentabel, da prisen fortsat ligger på ca. 3 - 5 kr/kWh. Der er ikke udsigt til, at prisen reduceres tilstrækkeligt inden for de første 5-10 år, til at det vil udgøre et økonomisk alternativ til vindmøller. Der vil derimod kun være få eller slet ingen planmæssige og visuelle/ miljømæssige problemer forbundet hermed. Giver der derfor tilstrækkeligt store subsidier af energipolitiske grunde, kan det være et interessant alternativ.

Fossile brændsler

Elproduktion baseret på fossile brændsler er økonomisk set mere fordelagtigt end vindkraft, så længe de miljøskader, der kendes i form af sur regn og forurening samt påvirkningen fra udledningen af CO₂ (eksternaliteterne) ikke indregnes i prisen). Der er indført et midlertidigt stop for opførsel af nye kulfyrede kraftværker i Danmark, så i praksis vil nye fossile værker blive baseret på naturgas og olie kombineret med biomasse, hvilket er mindre miljøbelastende. Avedøreværket er i øjeblikket ved at blive udvidet med en ny blok til gas, olie og biomasse. Der er også i dette tilfælde mange bindinger i forhold til planlægning, lovgivning og andre sektorer. Samtidigt vil der fortsat være en udledning af bl.a. CO₂

6.2 Alternative placeringer

En række mulige placeringer i Københavnsområdet, land- som havbaserede, har været overvejet. Der er ikke fundet egnede alternative placeringer, som det fremgår af den nedenstående gennemgang.

Nordhavnen

Muligheden for at placere en vindmøllepark på Nordhavnen har været undersøgt. Ideen er imidlertid afvist af Københavns Havn, der oplyser, at en placering af møller på havneområdet, i stil med møllerne på Lynetten, vil reducere mulighederne for den fremtidige udvidelse af havnen.

Peberholmen, ved Øresundsforbindelsen.

Holmen er en del af det fuglebeskyttelsesområde, der omgiver Saltholm, det er derfor næppe muligt at få tilladelse til andre aktiviteter, end dem holmen er planlagt til. Desuden vil det som følge af sikkerhedshensyn kun være muligt at anbringe 2-4 vindmøller. Derudover har Øresundsforbindelsen meddelt, at de på nuværende tidspunkt ikke er interesseret i at stille grunden til rådighed for et vindmølleprojekt.

Saltholm Flak

De mest realistiske, alternative placeringsmuligheder er 2 forskellige lokaliteter i området nord for Saltholm. Den ene er selve Saltholm Flak på 5-8 m vanddybde, og den anden er et område lidt nord for flakket på 13-16 m vanddybde. I det følgende beskrives de med enkelte undtagelser som et samlet område. I disse tilfælde benævnes de henholdsvis: *Saltholm Flak* (se figur 6.1) og *nord for Saltholm Flak*.

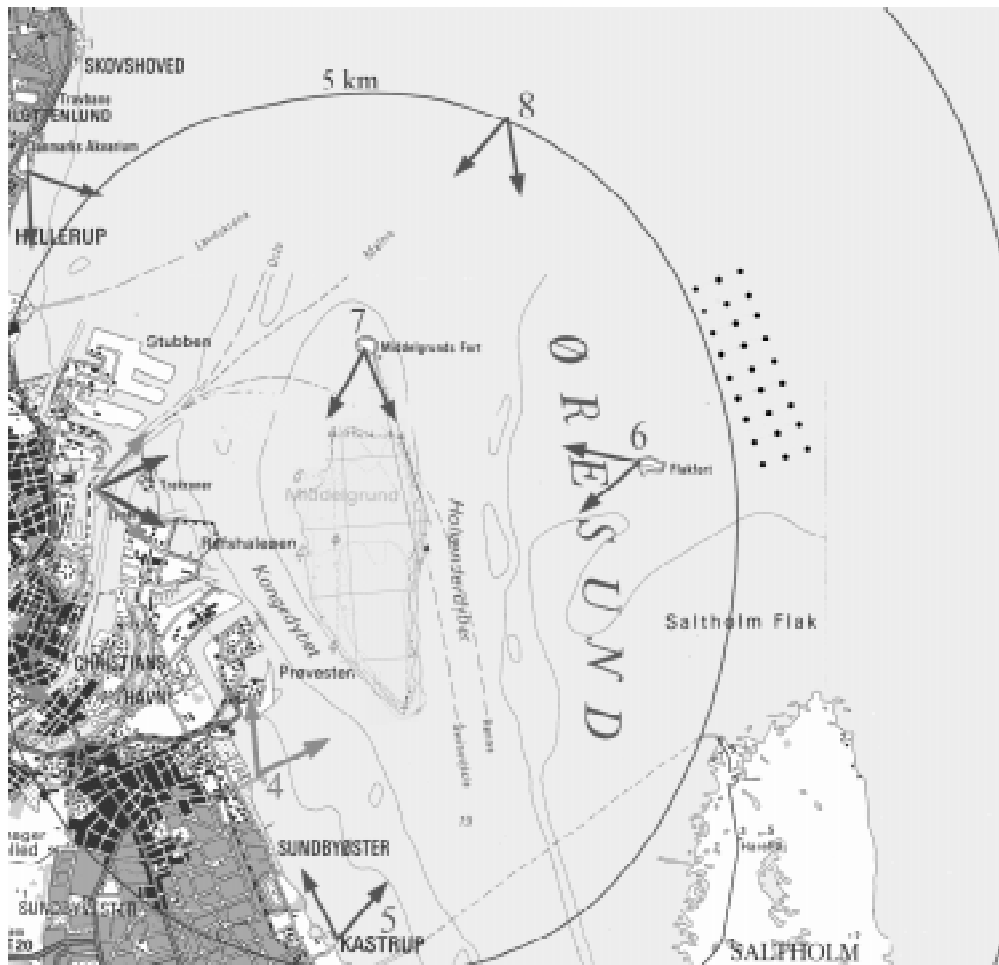
Generelt er der mere plads i området, formentligt gode (ikke forurenede) funderingsforhold, og en bedre vindressource end på Middelgrunden.

I sammenligning med Middelgrunden er der imidlertid en række forhold, der kan være problematiske.

Området, specielt *Saltholm Flak*, grænser op til det internationale *naturbeskyttelsesområde*, der omgiver Saltholm. Selv om der ikke er såkaldte bindinger på området og selv om vilkårene for de beskyttede fuglearters reproduktion ikke umiddelbart vil forstyrres ved anlæg af en havvindmøllepark på stedet, har området en vis betydning for fuglenes fourageringsmuligheder og for deres indflyvning til selve fuglebeskyttelsesområdet /21/.

I en sammenfatning af tidligere undersøgelser findes i henhold til /21/, at en vindmøllepark på *Saltholm Flak* vil have de samme konsekvenser for fuglelivet, som det aktuelle projekt, beskrevet i afsnit 7.2. Forskellen er, at der ved *Saltholm Flak* findes et langt mere omfattende fugleliv - både i antal individer og i antal arter. Specielt knopsvaner, som foretager fjerfældning og fouragerer på bl.a. ålegræs, vurderes at ville flytte sig væk fra området som følge af påvirkningen. Derved vil det udnyttelige areal for fugle, som søger føde på lavere vanddybder, reduceres.

Det vurderes at risikoen for fugles kollision med møllerne er af meget lille betydning, men da omfanget af fugleliv ved *Saltholm Flak* er større end på Middelgrunden, er risikoen for kollision med mølleanlæg naturligvis større.



Figur 6.1 Kort over placeringen ved Saltholm Flak, /6/.

Det vurderes, at der er væsentligt større fiskeriinteresser på områderne ved *Saltholm Flak* end på Middelgrunden.

Risikoen for, at et skib kolliderer med en vindmølle på *Saltholm Flak*, er for det samme antal vindmøller den samme som på Middelgrunden. På den nordlige del af *Saltholm Flak* er der meget nordgående skibstrafik, som følge af den større vanddybde og områdets geografi. Dermed vil der her være stærkt forøget risiko for kollision /7/.

Der vil potentielt kunne ske større skader på en påsejlet vindmølle *nord for Saltholm Flak* end på Middelgrunden, idet den større vanddybde betyder, at der ikke er de samme fysiske begrænsninger i forhold til skibenes tonnage, kurs og hastighed. Af hensyn til kollisionsrisikoen vil det være nødvendigt at regulere adfærdsmønsteret for skibstrafikken i området.

Vandgennemstrømningen vil på grund af den større vanddybde formentligt blive reduceret mere end ved et tilsvarende projekt på Middelgrunden. Det skyldes en kombination af, at den større vanddybde fordrer fundamenter med en større strømningsmodstand, samtidig med at vandets lokale strømningshastighed, alt andet lige, stiger proportionalt med kvadratroden af vandybden. Dermed stiger strømningsmodstanden for hvert enkelt fundament. Da hele området ligger ”i læ” af Saltholm, kan det dog vise sig ved en præcis beregning, at forskellen i vandgennemstrømningen ikke bliver helt så stor.

Det skal endvidere tages i betragtning, at området er sammenfaldende med en indflyvningskorridor til Kastrup lufthavn, se figur 4.1.

Økonomien for et projekt nord for Saltholm vil alene på grund af behovet for et søkabel på mellem 7,5 km og 9,6 km betyde, at projektet ikke bliver rentabelt. Dertil kommer, at fundamenterne bliver betydeligt dyrere som følge af den større vanddybde. Det vil således, alene på grund af den lange nettilslutning, være nødvendigt med en park på hhv. 70-90 vindmøller på Saltholm Flak og 140-180 vindmøller på en placering nord for Saltholm Flak for at få en rentabilitet som ved det aktuelle projekt.

En park af et sådant omfang vil visuelt påvirke en stor del af Øresund, og vil givetvis møde betydelig modstand fra begge sider af Sundet, jævnfør den aktuelle debat om en koordinering af vindkraft udbygningen i området.

Konklusionen på overvejelserne om et alternativ ved Saltholm Flak er, at det ikke findes økonomisk rentabelt at opføre en mindre park som følge af omkostningen til en nettilslutning, samt at det af visuelle årsager og af hensyn til fuglelivet er problematisk at opføre en havmøllepark af en størrelse, der er økonomisk rentabel. Desuden er det uafklaret om bygherrerne har interesse i at realisere et projekt af en sådan størrelse.

6.3 Alternative parkmønstre

Der er igennem projektets forløb udarbejdet en række forskellige mønstre for en vindmøllepark på Middelgrunden. Det er sket under hensyn til følgende ikke-miljømæssige bindinger:

- Hvid lyskegle fra Middelgrunds Fort E. Fyr skal friholdes med 3 grader i retning mod Ndr. Røse Fyr.
- Radiokædetracé mellem Margretheholmen og Flakfortet skal passerer mellem møllerne, således at signalet ikke forstyrres.
- Radiokæde fra DLG i Nordhavnen til Malmø drevet af Cybercity skal kunne friholdes eller omlægges med anvendelse af relæstation.
- Sejlrendernes placering. Hensyn til risiko for påsejling.

De væsentligste af mønstrene er blevet visualiseret i 2 forskellige rapporter, der beskriver en vindmølleparks visuelle påvirkning af miljøet. Den første rapport fra august 1997 visualiserede en park bestående af 27 vindmøller opstillet i tre lige rækker /5/. Foranlediget af de indsigelser, der fremkom i forbindelse med stjernehearingen og den første visualisering, blev projektet reduceret og reformuleret. En visualiseringsrapport, der beskriver det reducerede projekt, blev fremlagt i april 1998 /6/. Også heri er en række forskellige opstillingsmønstre undersøgt. Af landskabsarkitektoniske hensyn anbefaler forfatterne af rapporten det aktuelle mønster med 20 møller i en bue. Se også afsnit 7.2, *Visuelle forhold*.

6.4 Nettilslutning

Der er undersøgt to alternativer:

- Et eller to kabler forbundet til Amagerværket fra parkens centrum
- To kabler, der forbinder parkens nordlige og sydlige ende med Amagerværket ad to forskellige tracéer.

Den sidstnævnte løsning ventes gennemført, da den giver den største sikkerhed i forbindelse med et kabelhavari f.eks. foranlediget af et drivende anker.

Der er kun en ubetydelig forskel i den miljømæssige belastning i form af spredning af sediment for de to løsninger. Da kablet på den forurenede del af Middelgrunden lægges over på bunden vil det ikke påvirke spredningen af forurenede sediment.

Der er ikke fundet alternativer til en ilandføring andre steder end på Amagerværket.

7 Miljøpåvirkninger

7.1 Påvirkning af miljøet i anlægsfasen

Beskrivelser og vurderinger i dette afsnit er hovedsageligt baseret på /9/, /20/, /21/, /23/, /24/ og /25/ samt bygherrernes vurdering.

Gravearbejde

Det er uundgåeligt, at der i forbindelse med opgravning af materiale fra havbunden vil forekomme resuspension af sediment efterfulgt af nedstrøms transport og aflejring. Jo mere finkornede og lette partikler sedimentet består af, jo større tendens vil det have til resuspension. Samtidig vil det være længere tid om at bundfældes igen, hvorfor det vil bevæge sig længere i den aktuelle strømretning. Det materiale, der bundfældes uden for arbejdsområdet, benævnes *spild*.

Sedimentspild kan være et problem af to grunde:

- Sedimentet kan i sig selv give anledning til problemer, f.eks. i form af skyggevirksomhed eller sedimentation på sensitive arter.
- Tungmetaller, der er bundet i sediment og porevand, kan blive opløst og frigivet til det marine miljø, hvor det efterfølgende kan optages i fødekæden.

Sedimentspild

Ved etableringen af Øresundsforbindelsen har det været muligt at holde spildet fra opgravning og håndtering på under 5 %, med anvendelse af konventionel teknologi og metode (traditionel grab). Spildet vil også ved dette projekt blive holdt indenfor 5%, se afsnit 5.2. Det samlede behov for opgravning af sediment på den såkaldt "*urene del*" af *Middelgrunden* er på ca. 21.000 m³. Et sedimentspild på 5 % medfører således et spild på 1.050 m³.

Spildet kan, om nødvendigt, reduceres yderligere ved anvendelse af en *miljøgrab* og ved at optimere håndteringen af sedimentet /20/. Anvendelse af *miljøgrab* anses imidlertid ikke for hensigtsmæssig som følge af tilstedeværelsen af store klumper affald, der kan sætte sig fast i grabben og dermed *forøge* spildprocenten.

Spildet vil blive spredt af strømmen i en lang smal *sedimentfane*, der enten vil brede sig mod nord, hvor der ligger et stort sedimentationsbassin eller mod syd, hvor der på grund af højere strømhastigheder i drogdenrenden hurtigt vil ske en kraftig fortynding. Graveaktiviteten og dermed spildet, vil vare ca. 2 dage for hver mølleposition. Skyggevirksomheden vil derfor have en meget lille effekt på flora og fauna.

Udslip af tungmetal

I /20/ vurderes, hvor stort et udslip af tungmetal, der kan forventes som følge af gravearbejdet. Vurderingen er baseret på et scenarium sammensat af 19 positioner med *normalt* forureningsniveau og én lokalitet med *forhøjet niveau* af tungmetaller. Sammensætningen af scenariet tager dels udgangspunkt i målinger fra den østlige række af tidligere undersøgte positioner og dels i viden om placering af klappladser etc., se også afsnit 5.3. og 4.5.

Nedenstående tabel 4.1 viser de vigtigste analyseresultaterne fra den østligste "række" af positioner, der er mest relevante i forhold til det aktuelle projekt. Sedimentprøverne udtages i overfladen af havbunden og 0,3 meter nede.

Metal / Position		Normal forurening ¹	Forhøjet forurening ²
Bly	(mg Pb/kg TS)	4,6 ± 1,9	72 ± 12
Cadmium	(mg Cd/kg TS)	0,19 ± 0,06	0,98 ± 0,18
Krom	(mg Cr/kg TS)	5,8 ± 2,8	8,6 ± 2,1
Kobber	(mg Cu/kg TS)	8,0 ± 4,3	30 ± 6,4
Nikkel	(mg Ni/kg TS)	5,7 ± 2,9	8,0 ± 1,6
Zink	(mg Zn/kg TS)	21 ± 8,7	180 ± 14
Kviksølv	(mg Hg/kg TS)	0,05 ± 0,06	1,5/12,0 ³
¹ Tungmetalindhold angivet ved middelværdier ± standardafvigelse, for n=17.			
² Tungmetalindhold angivet ved middelværdi ± standardafvigelse, for n=2.			
³ Stor afvigelse på resultater. Begge analyseresultater er opgivet.			

Tabel 4.1 Indhold af tungmetal i sediment fra tidligere møllepositioner. TS står for tørstof, /20/.

Af resultaterne fremgår, at sedimentet for position "*forhøjet forurening*" har et højt indhold af tungmetaller, ligesom sedimentet afviger fra sedimentet på de øvrige møllepositioner med hensyn til tørstofindhold og glødetab /20/ og /9/.

Bortset fra position "*forhøjet forurening*" er de fundne koncentrationer af tungmetaller i sedimentet (mg/kg TS) af samme størrelsesorden som de koncentrationer af metaller, der er blevet målt i en række overfladesedimenter på havbunden imellem Amager og Saltholm, langs den planlagte linieføring for Øresundsforbindelsen /20/.

Forureningsniveauet for de to kategorier i scenariet er bestemt som henholdsvis et gennemsnit af værdierne for positionerne "*normal forurening*" for lavt niveau og "*forhøjet forurening*". Disse positioner er næsten sammenfaldende med 75% af de nye lokaliteter.

Tabel 7.2 angiver det samlede beregnede indhold af bundne og opløste tungmetaller i spild fra opgravet sediment /20/.

Møllepositioner	Tungmetalindhold i sedimentspild i kg						
	Bly	Cadmium	Krom	Kobber	Nikkel	Zink	Kviksølv
19 møllepositioner	7,7	0,32	9,7	13	9,6	35	0,084
1 mølleposition	5,4	0,07	0,65	2,3	0,6	14	0,5
Spild i alt	13,1	0,39	10,4	15,3	10,2	49	0,6

Tabel 7.2 Tungmetalindhold i sedimentspild fra opgravningsarbejder for fundamenter, /20/.

På baggrund af tidligere udførte udvaskningsforsøg fra forsøg med frigivelse af tungmetaller fra sedimentprøver indsamlet langs linieføringen for Øresundsforbindelsen, er frigivelsen af tungmetaller til havvandet beregnet for nærværende projekt. Der er regnet med "*værst tænkelige situation*" /20/.

Møllepositioner	Tungmetal frigivet til havvandet i kg						
	Bly	Cadmium	Krom	Kobber	Nikkel	Zink	Kviksølv
19 møllepositioner	0,54	0,016	0,19	< 13 ¹	6,72	< 35 ¹	0,084
1 mølleposition	0,38	0,0035	0,013	< 2,3 ¹	0,42	< 14 ¹	0,5
Spild i alt	0,92	0,02	0,2	< 15,3 ¹	7,14	< 49 ¹	0,6
¹ : Hvor der ikke findes resultat for den procentvise frigivelse af metal er den totale mængde metaller angivet med < tegn.							

Tabel 7.3 Maksimale mængder af tungmetaller som frigives til vandfasen i forbindelse med sedimentspild ved opgravningsarbejde for fundamenter, /20/.

For kobber og zink har det ikke været muligt at finde resultater fra udvaskningsforsøg. De angivne værdier i tabel 7.3 er derfor angivet for en 100 % udvaskning.

Sammenlignet med den udvaskning af tungmetal og den erosion, der løbende og naturligt finder sted på Middelgrunden, vurderes det:

- At anlægsarbejdet kun vil medføre en ubetydelig og kortvarig påvirkning af det marine miljø.
- Regionalt vil konsekvensen af gravearbejdet medføre en forceret, men begrænset spredning af tungmetaller til de sedimentationsbassiner, der i forvejen er lettere forurenet af tungmetaller bl.a. fra Middelgrunden og Københavns Havn (ca. 50 kg/år).
- At det ikke vil være muligt at konstatere målelige forskelle i tungmetalindholdet for det omkringliggende sediment i forhold til de nuværende forhold /20/.

Flora og fauna

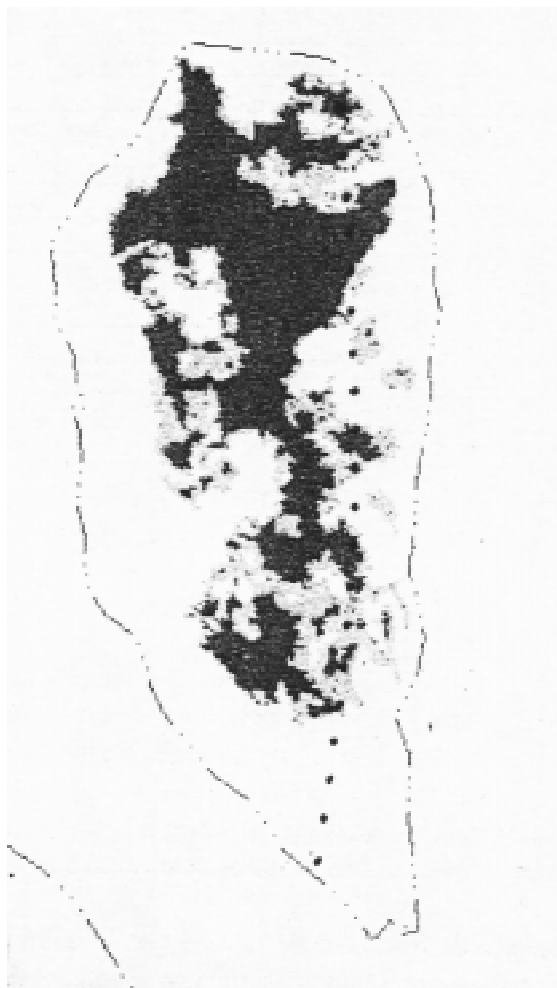
Det vurderes på baggrund af fig. 7.1, at halvdelen af møllerne bliver placeret på vegetationsdækket område.

Det areal med ålegræs, der fjernes permanent ved etablering af møllerne, er dermed omkring 7.500 m² inkl. nettilslutning. Det areal med ålegræs, der dækkes med bortskabet sediment, udgør 700 m² af det bevoksede areal. Både arealdækningsgrad og arealbiomasse er et godt stykke under middel i det pågældende område, se afsnit 4.10. Arealet svarer således til mindre end 2.100 m² ålegræs med maksimal tæthed. Det forventes iht. /8/, at størstedelen af arealet efter nogle år igen vil være bevokset.

Forudsættes at hver udgravning resulterer i en skyggevirkning på 100 meter omkring fundamentet, findes, at 4 % af Middelgrundens areal vil blive berørt af en kortvarig skyggevirkning. Da udgravningsarbejdet foregår først i ålegræssets vækstperiode vil effekten være reduceret i forhold til, hvis arbejdet foregik i efterårsperioden /27/.

Ålegræs er mest følsom overfor skygning om sommeren /28/, derfor er det en fordel at udgravningerne finder sted først på året.

Det antages konservativt, at de samme arealmæssige betragtninger gør sig gældende for blåmuslinger. Det ventes, at bestanden af muslinger vil blive kraftigt forøget i takt med at begroningen af fundamenterne øges.



Figur 7.1 Placering af møller i forhold til bevoksning af især ålegræs (mørke felter) på Middelgrunden 1996, /3/ og /8/.

Fiskeri

Sedimentspild forventes kun at have en mindre, forbigående effekt overfor fiskeriet /10/. Der er ikke noget der taler for fysiske langtidseffekter, som kan påvirke fiskeriet omkring Middelgrunden.

I forbindelse med selve byggefasen af vindmølleparken vil der komme en del sejlads- og graveaktivitet på Middelgrunden. Anlægsarbejderne forventes kun at omfatte dele af Middelgrunden, da der kun vil blive arbejdet på forholdsvis få fundamenter af gangen.

Det ventes derfor ikke, at anlægssejlads vil give anledning til gener af betydning for fiskeriet. Der må påregnes etableret en sikkerhedszone omkring de fundamenter, der til enhver tid arbejdes på, hvor uvedkommende sejlads (og dermed også fiskeri) vil være forbudt i arbejdsperioden.

Fugle

I det følgende vurderes mulige konsekvenser for fuglelivet som følge af anlæg af en vindmøllepark.

Påvirkninger af vandfugle kan skyldes:

- Sediment som opslemmes i vandfasen i forbindelse med udgravning til møllefundamenter.
- Støj, synlighed, bevægelse og lys fra arbejdspladsen.

Spredning af sediment

På baggrund af den anslåede sedimentspredning (se ovenfor) vurderes det, at der kan ske en mindre påvirkning af fugle, specielt dykænder som edderfugl og troldand som kan opholde sig i området med henblik på fouragering. Dette skyldes, at evt. opslemmet materiale i området for gravearbejderne vil kunne begrænse deres mulighed for fødesøgning. Påvirkningen af fuglene i anlægsfasen vil være begrænset til den periode, hvor anlægsarbejderne foregår, og vurderes at ville medføre at fuglene flytter til fourageringsområder uden for anlægsområdet. Det vurderes, at der ikke bliver tale om langtidseffekter som følge af sedimentspredning /21/.

Støj og lys

Støj og lys fra anlægsarbejdet vurderes at kunne stresse fugle, som opholder sig i nærområdet. Endvidere kan lys påvirke orienteringsevnen hos nattrækkende fugle.

Påvirkning af de fuglearter, som forekommer på Middelgrunden vurderes at være af nogen betydning omend omfanget af fugle, som potentielt kan blive påvirket er meget lille. Det vurderes, at påvirkningen vil give sig udslag i at fuglene flytter væk fra området mens anlægsarbejderne pågår.

Trafik og støj

Trafik- og støjbelastning af byggepladsen til fundamenterne og af udskibningsområdet vil kun forekomme i normalt omfang for en mellemstor byggeplads.

Der kan derfor ikke ventes gener eller miljøproblemer i den anledning.

Marinarkæologi

Der er mulighed for at finde rester fra bopladser fra stenalderen på Middelgrunden og i dele af de to tracéer til Amagerværket. Der kan endvidere være mulighed for at gøre andre fund af arkæologisk interesse.

Skov og Naturstyrelsen har ved analyser af Geoteknisk Instituts detaljerede *side scan sonar* målinger fra 1997 kun fundet tilstedeværelse af en enkelt "anomali", der kan være et vrak /18/. Anomalien vil blive besigtiget af en dykker, såfremt et område i en radius af 100 meter fra positionen omfattes af anlægsaktiviteter.

Farvandsvæsnet og Skov- og Naturstyrelsen har heller ikke på forhånd registreret vrak af interesse på de nye placeringer. Der foreligger dog information om, at der kan forekomme vrak eller vragrester i området fra Slaget på Reden, år 1801.

Samtlige placeringer vil inden igangsætning af projektet gennemgå en mere omfattende *multibeam side scan sonar* registrering, som bl.a. vil blive analyseret for evt. forekomst af vrak og der vil blive gennemført en analyse med henblik på vurdering af andre marinarkæologiske forhold, se afsnit 9.

Det berørte areal udgør mindre end 0,02 % af Middelgrundens samlede areal og området har været påvirket af klappning gennem adskillige år.

Det vurderes derfor, at der er en meget lille risiko for, at man kan skade marinarkæologisk materiale.

7.2 Påvirkning af miljø i driftsfasen

Beskrivelsen i dette afsnit er baseret på /8/, /13/, /21/ og /25/ samt bygherrerens egne beregninger.

Sparet brændselsforbrug og forurening

Vindmølleparken på Middelgrunden vil i et gennemsnitsår producere 80 millioner kWh. Det svarer til godt 3 % af elforbruget i Københavns Kommune. Miljøfordelen herved afhænger af, hvordan og hvor strømmen alternativt ville blive produceret og af, hvor stor en del af procesvarmen herfra, der samtidig nyttiggøres som fjernvarme.

På et gennemsnitligt år vil miljøet blive sparet for følgende belastninger:

• Svovldioxid SO ₂	232 t
• Kvælstof NO _x	208 t
• Kuldioxid CO ₂	68.000 t
• Støv og slagge	4.400 t

Tabel 7.5 Reduktion af luftforurening ved opførelsen af 20 møller, /13/.

Dertil kommer, at det dertil hørende transportarbejde og behov for lossepladskapacitet overflødigsgøres.

Visuelle forhold

I rapporten "Vindmøllepark på Middelgrunden II, Æstetisk vurdering og visualisering, april 1998" /6/ er der en grundig gennemgang af baggrunden for projektets udformning og de visuelle konsekvenser i Danmark. Her opsummeres kun hovedkonklusionerne, idet der i øvrigt henvises til ovenstående baggrundsrapport.

Derefter gennemgås de visuelle konsekvenser set fra Sverige.

I det *ikke tekniske resumé*, som er vedlagt redegørelsen, er trykt fotovisualiseringer af parken set fra Charlottenlund Fort, Langelinie kajen, Amager Strandpark og Flakfortet.

Mølleparken er opstillet i en bue med radius på 12,5 km og buestykket ligger som den østlige del af det bueslag, der dannes af Vestvolden fortsat gennem Charlottenlund Fort, Middelgrunds Fort, og Middelgrunden.:

"Bueslaget vil fra alle sider være enkelt og letfatteligt. Fra nært hold vil det kun fra syd og nord opfattes som en bue. Set under en skrå vinkel vil parken fra afstande på over 4-5 km ses som en bue. Ved indflyvning eller indsejling til København vil mønsteret tegne sig som en del af linierne omkring Københavns centrum, samt virke roligt og samtidigt dynamisk. Man vil ikke opleve alle møller bag hinanden med den

uro af vinger, det normalt medfører. Fra alle vinkler vil udsigten til Middelgrundsfortet være uforstyrret af vindmøllerne.

Ulempen ved bueslaget er, at vindmølleparken har en stor udbredelse mod syd og nord, hvorved den fra den nordligste del af Amager Strandpark fylder en stor del af udsigten. Endvidere vil der stå møller bag Trekronerfortet set fra Langelinie kajen.”

Barsebäck og Limhamn er de nærmeste punkter på den svenske kyst i en afstand af ca. 15 og 19 km. Mølleparkens udstrækning er 3,4 km, hvilket fylder ca. 10 grader (af 360 grader) af horisonten. De dominerende landskabselementer set fra den svenske side er den danske kystlinje, den københavnske byprofil, Øresundsbroen og Saltholm.

Bilag 1 og bilag 2 er gengivet to fotovisualiseringer af projektet set fra Sverige.

Det første billede er fra Limhamn Havn, hvor der er en afstand på ca. 19 km til møllerne. I mellem Limhamn Havn og møllerne ligger Saltholm. På billedet kan Saltholm kun lige anes fordi øen er flad og pga. lidt dis over Øresund. Skovområdet på den sydlige del af Saltholm ses yderst til venstre og skovområdet på den nordlige del af Saltholm ses lige til højre for mølleparken. Til venstre for mølleparken ses de største bygninger på Københavns havnefront (Amagerværket, Oliebeholderne på Prøvestenen B&W hallen m.m.). Disse bygning står lidt uklart pga. en smule dis. Møllerne er gjort mørke på billederne for at fremhæve dem og for at give et realistisk indtryk af hvor skarpt møllerne vil fremtræde i klart vejr. I virkeligheden vil møllerne fremtræde meget mere lyse, men stadig stå klart.

Set fra Limhamn Havn står møllerne foran den nordlige del af Københavns byprofil, mens der frit syn over Amager og syd på og fra Nordhavnen og nord på. Mølleparken vil således kun stå foran en del af Københavns byprofil.

I bilag 2 ses det andet billede, som er taget fra Barsebäckshamn og hvor møllerne ligger ca. 15 km væk. Bag møllerne ses industribygningerne på Københavns havnefront. Mølleparken står primært foran industriområdet, og Københavns byprofil vil på begge sider af mølleparken, fortsat kunne ses uhindret. Til højre i billedet ses Flakfortet og Middelgrunds Fortet. Også på dette foto er der en smule dis over Øresund og møllerne er gjort mørke for at fremhæve dem. I virkeligheden vil møllerne fremtræde meget mere lyse, men stadig stå klart.

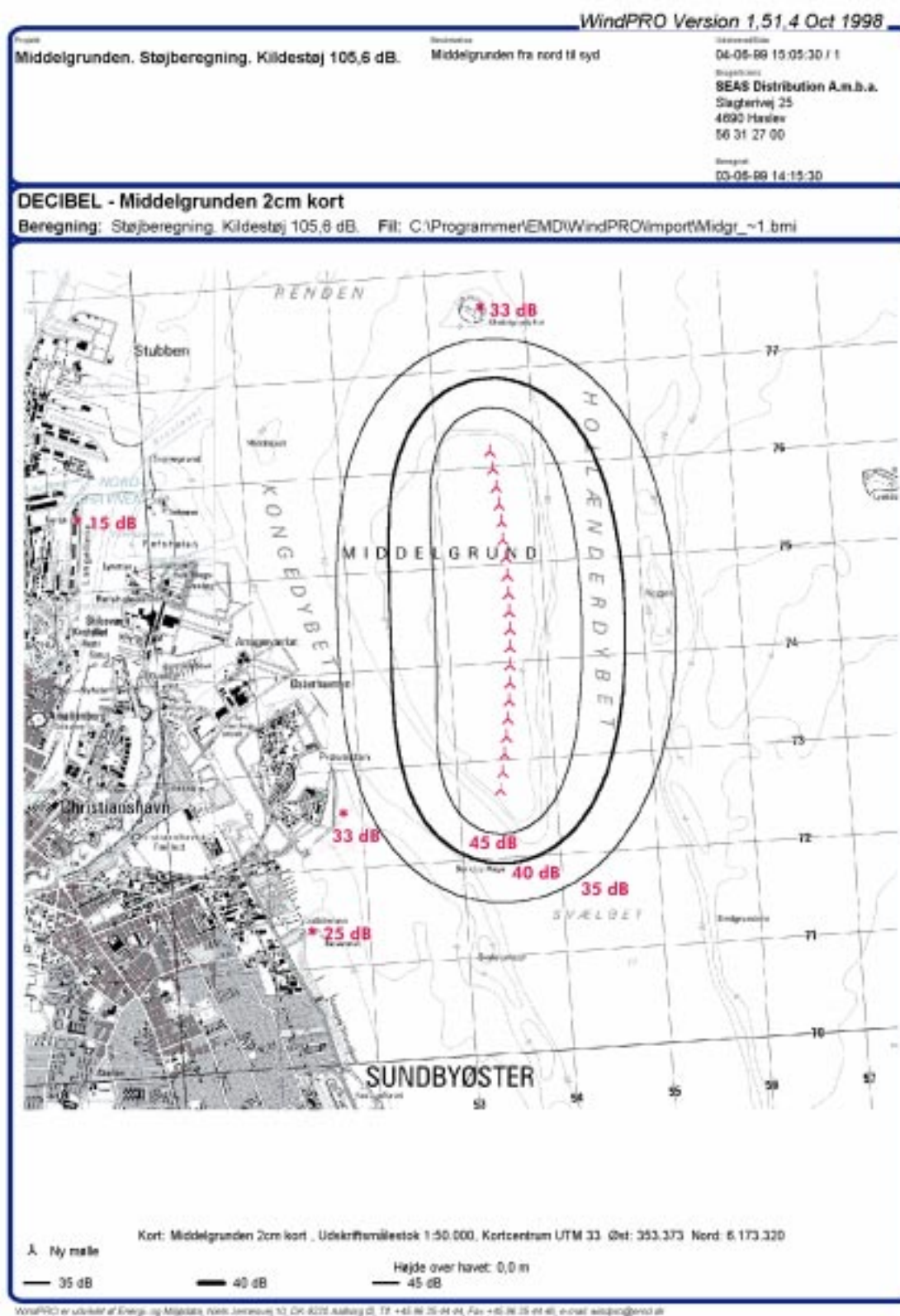
Hvor der er frit udsyn fra den svenske kyst, vil møllerne kunne ses, og man vil kunne se om møllerne drejer rundt eller om de står stille. Fra alle positioner vil det se ud som om møllerne står på en ret linje.

Støjpåvirkning

Der er foretaget en beregning af støj udbredelsen fra vindmølleparken efter retningslinierne i Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 304 af 14. maj 1991 om støj fra vindmøller. Bekendtgørelsen stiller bl.a. krav om, at støj fra vindmøller ved udendørs opholdsarealer ikke må overstige 40 dB(A) i bebyggede og rekreative områder (og 45 dB(A) i åbent land).

Beregningen er baseret på den projekterede vindmøllepark med 20 stk. vindmøller hver på ca. 2 MW og med en kildestøj på 105,6 dB(A).

Figur 7.2 Illustration af støjubredelse fra møllerne.



Generelt kan det siges, at i forlængelse af parken, mod nord og syd, falder støjniveauet hurtigt med afstanden og på den konkave side, mod vest rækker støjen lidt længere end mod øst.

Det konkrete støjniveau et givet sted på et givent tidspunkt, afhænger udover afstanden til parken af en række klimatiske og vindmølletekniske forhold (vindens retning, hastighed, temperatur, lufttryk, luftfugtighed og eventuelle lydreflekterende inversionslag). Det skal sammenholdes med den aktuelle støjemission fra vindmøllerne, som igen afhænger af forholdet mellem rotor- og vindhastighed.

Et målt støjniveau siger ikke meget om hvor generende støjen måtte være. Menneskets opfattelse af en støjkilde, afhænger af baggrundsstøjens niveau. Støjemissionen fra en vindmølle stiger med vindhastigheden, men med stigende vindhastighed vil støjen samtidigt have en tendens til at drukne i baggrundsstøj.

For de syv nærmeste områder er følgende støjniveauer beregnet:

Lydniveau	Beregnet	Krav
<i>Middelgrunds Fort</i>	33 dB(A)	< 40 dB(A)
<i>Prøvestenen</i>	34 dB(A)	< 45 dB(A)
<i>Langelinie kajen</i>	15 dB(A)	< 40 dB(A)
<i>Amager Strandpark</i>	26 dB(A)	< 40 dB(A)
<i>Kastrup</i>	24 dB(A)	< 40 dB(A)
<i>Svanemøllen havn</i>	18 dB(A)	< 40 dB(A)
<i>Flakfortet</i>	18 dB(A)	< 40 dB(A)

Tabel 7.6 Lydniveau ved de 7 nærmeste områder.

Den korteste afstand fra parken til land er ca. 1,8 km til havneindløbet på Prøvestenen. Det nærmeste støjfølsomme område er Middelgrunds Fort ca. 1,3 km fra den nordligste mølle. Badeanstalten Helgoland er beliggende i 2,3 km's afstand målt i forhold til den sydligste mølle.

Støjudbredelsen beregnet fra den sydligste mølle i retning mod Helgoland (sydvest) er maksimalt som anført i tabel 7.7.

Støjniveau ved vandoverfladen, i dB(A)	55	50	45	40	35
Afstand fra sydligste mølle i m	120	250	470	800	1.200

Tabel 7.7 Illustration af støjudbredelse som funktion af afstanden fra møllerne.

Sammenholdes figur 7.1 og tabel 7.6 kan det konkluderes, at der ikke er nogen konflikt med gældende lovgivningskrav, og at det er usandsynligt at støj fra møllerne vil kunne høres eller måles på land under normale klimatiske forhold.

Det vurderes, at det umiddelbart syd eller nord for parken på vandet vil være muligt at detektere enkelte vingesus ved svage vindhastigheder. Støjen fra øst og vest og i større afstand fra parken vil høres som en jævn susen ved svage vindhastigheder.

Flora og fauna

Efter anlægsfasens afslutning vil der i en kort periode følge en forøget erosion af den mængde sediment, der er skubbet til side. Derefter vil der kun være effekter fra fundamenternes og kabeloverdækningens tilstedeværelse tilbage.

Lokalt vil tilstedeværelsen af fundamenter, erosionssikring og kabeloverdækning medføre en permanent ændring af sammensætningen af bundens vegetation, idet bunden i altovervejende grad består af et løst underlag. Vindmølleparken vil på bunden ændre et areal på ca. 15.000 m², fra blød til hård bund. Hertil kommer ca. 1.000 m², som udgøres af fundamenternes vertikale del.

Fundament og kabeloverdækning vil fungere som kunstige rev, der kan tjene som fæste for en lang række dyr og planter, der normalt er hjemmehørende på naturlige stenrev /10/. Der kan dermed forventes en tilgang af arter fra Øresund, der ikke eller kun i begrænset omfang er hjemmehørende på Middelgrunden. Det forventes, at der herved vil opstå flere og bedre fødemuligheder for områdets bestand af fisk. Hvilke arter, der vil tilgå og antallet af dem, afhænger bl.a. af vanddybde, sigtbarhed, salinitet, vandtemperatur og iltkoncentration. Det kan forventes, at blåmusling og sukkertang, der allerede er hjemmehørende på Middelgrunden, vil vinde større udbredelse, idet de er afhængige af et fast underlag.

Tidligere undersøgelser af forholdene omkring fundamenterne til havvindmøllerne ved Vindeby /10/ har vist, at der nu findes betydeligt flere krebsdyr og fisk end i et tilsvarende referenceområde. Det har bl.a. medført, at mølleområdet nu opsøges af torsk.

Der er derfor grund til at formode at torsk, der opholder sig på Middelgrundens kanter, vil kunne udnytte de nye fourageringsmuligheder.

Det kan konkluderes, at *Middelgrundsprojektet* vil resultere i en øget flora og fauna i området nogle år efter møllernes etablering.

Fiskeri

Efter etableringen af parken vil der kun være begrænsede restriktioner for sejlads og fiskeri omkring møllerne, idet fiskeri og opankring ikke må ske inden for en afstand på 20 meter fra placering af kablerne. Den eneste umiddelbare ulempe for fiskeriet vil derfor være, at vindmøllerne vil optage et yderst begrænset areal af vandoverfladen.

Der vil ikke blive udstedt permanent sejladsforbud. Da der ikke i dag anvendes slæberedskaber på Middelgrunden, og da fiskeriet i øvrigt foregår fra småfartøjer, vil vindmølleparken ikke i sig selv udgøre nogen hindring for den fiskerirelaterede sejlads på området.

Der vil være forbud mod nedramning af pæle og opankring i en afstand af 20 meter fra kabeltracéerne imellem møllerne og fra tilslutningspunkterne i parken og ind til land. Der anvendes ikke i dag nedrammede pæle på Middelgrunden, og det vil fortsat være muligt at fiske med garn forankret med betonklodser.

Der er fremsat antagelser om, at fisk, og dermed fiskeri kan påvirkes af det magnetiske felt, der induceres omkring søkabler.

Det magnetiske flux, der udstråles fra enhver uskærmet elektrisk vekselstrømsleder i et vakuum, er ligefrem proportionalt med strømstyrken heri og reduceres proportionalt med kvadratroden af

afstanden til lederen. Dermed vil et magnetisk felt allerede på kort afstand blive domineret af jordens eget magnetfelt. Orienteringen af magnetfeltet (N-S) afhænger af strømmens retning i en leder.

I et trefaset vekselstrømskabel er strømmens sum altid tæt på nul. Da lederne er forholdsvis tæt beliggende vil deres enkelte bidrag derfor stort set udkompensere hinanden. Kablerne til land vil blive gravet 1 meter ned, hvilket vil dæmpe eventuelle effekter yderligere. Øvrige kabler vil blive dækket med sække med en blanding af cement og grus, hvilket også vil dæmpe effekten.

Der eksisterer, så vidt vides, ingen relevante undersøgelser om magnetfelters påvirkning af fisk, f.eks. i forhold til navigation, sygdomme, formering etc. Påvirkning fra vindmølleparkens nettislutningen vil ikke afvige fra, hvad der i mange år har været kendt fra andre søkabler i danske farvande.

Det kan konkluderes:

- At der ikke er grund til at forvente skadevirkninger på områdets eksisterende fiskebestand.
- At der ikke introduceres nævneværdige begrænsninger i forhold til fiskeriindsatsen.
- At der derfor ikke er udsigt til at fiskeriet på Middelgrunden vil forringes.
- At det dog ikke kan udelukkes, at der kan ske forskydninger imellem forskellige arter af fisk, f.eks. er det muligt at torsk vil begynde at spise andre fisk i nærheden af fundamenterne.

Fugleliv

Konsekvenser for fuglelivet som følge af vindmølleparkens drift vil i driftsfasen bl.a. kunne omfatte, /21/ og /25/:

- Påvirkning i form af forstyrrelse som følge af møllernes støj og synlighed samt forøget menneskelig aktivitet.
- Risiko for kollision med mølleanlæg.

Påvirkning i form af forstyrrelse

Driften af vindmøllerne vurderes at kunne medføre forstyrrelse af fugle bl.a. i form af støj og synlighed. Generelt påvirkes alle fugle af vindmøller, og for ynglefugle er det i enkelte tilfælde set, at en lokal ynglebestand er blevet reduceret i forbindelse med etablering af vindmøller. Der er imidlertid ikke ynglende fugle på Middelgrunden /21/. For rastende og fouragerende fugle vil møllernes forstyrrende effekt i værste fald give sig udslag i, at fuglene holder afstand til vindmøllerne. Konkret betyder det for området ved Middelgrunden, at den allerede begrænsede udnyttelse af området til fouragering og rast sandsynligvis yderligere vil blive reduceret som følge af, at fuglene holder afstand til møllerne. Det vurderes at 300-400 fugle og 10 par ynglefugle plus unger vil kunne blive påvirket m.h.t. fourageringsmuligheder /21/.

Omvendt medfører etableringen af møllernes fundamenter nye muligheder for settling af bl.a. muslingelarver således, at der inden for 2 -5 år efter etablering vil være øgede fødemuligheder for f.eks. dykænder. Hvorvidt fuglene søger føde ind under møllerne er ikke klarlagt, men det vides, at bl.a. edderfugle kan lande med nogen afstand til en given forstyrrelseskilde og derefter, såfremt situationen er stabil, svømme til og fra fourageringsstedet /21/.

Risiko for fugles kollision med mølleanlæg

Undersøgelser viser, at problemer angående fugles kollision med vindmøller er minimalt i forbindelse med de placeringsforhold, der hidtil er undersøgt /21/. Det skyldes bl.a. vindmøllernes

synlighed og støjfrembringelse. Endvidere har det vist sig, at større møller synes at udgøre en mindre risiko for fuglene end mindre. På denne baggrund og set i lyset af det relativt lave antal fugle, der udnytter området ved Middelgrunden, vurderes risikoen for fuglenes kollision med det planlagte vindmølle anlæg at være uden betydning.

Det kan derimod ikke udelukkes, at der kan ske en påvirkning af fugle, som trækker ned gennem Øresund, men effekten bedømmes til at være meget begrænset /21/.

Danmarks Miljøundersøgelser, vurderer i sin indsigelse /25/ til det første projekt at:

"Som anført i brev af 22. September 1997 er området ud for Københavns havn i forvejen så stærkt påvirket af menneskelige aktiviteter, at det derværende fugleliv er af meget begrænset omfang og primært omfatter måger."

Det kan konkluderes om påvirkningen af fugle:

- Kun få arter fouragerer på Middelgrunden og antallet af individer er lavt, set i forhold til disse arters bestande i nærliggende områder. Fuglene vil kun være påvirket af projektet i en begrænset periode og da der findes alternative fourageringsområder vil den negative påvirkning være minimal.
- På længere sigt øges fødemulighederne i området som følge af tiltagende begroning på fundamenterne.

Vandgennemstrømning

Dette afsnit omhandler påvirkningen af vandgennemstrømningen i Øresund foranlediget af placeringen af parkens 20 vindmøllefundamenter. Konklusioner er baseret på en konkret beregning af reduktionen af vandgennemstrømningen i Øresund, /11/.

Gennemstrømningen af vand fra Kattegat til Østersøen er af afgørende betydning for bl.a. torskens yngleforhold. I forbindelse med bygningen af Øresundsbroen er der derfor udviklet et omfattende modelværktøj til beskrivelse af strømningsforholdene. De anvendte data kan også anvendes med henblik på vurdere strømningsforholdene ved Middelgrunden.

I forbindelse med etablering af Øresundsforbindelsen foretages en kompensationsafgravning. Det indebærer, at der på et hensigtsmæssigt sted i Øresund fjernes en så stor mængde havbund, at den totale gennemstrømning ikke påvirkes.

Ved analysen af vandgennemstrømningen beregnes friktionen for ét fundament, og derefter summeres op til det aktuelle antal fundamenter. Alle fundamenter er forudsat placeret på 4 m vanddybde og summationen tager ikke højde for skygge/lægivning mellem fundamenterne, hvilket betyder, at de angivne værdier for reduktioner af vandgennemstrømningen er lidt for høje.

I tabel 7.7 er resultatet af beregningerne anført. Det fremgår heraf, at den relative vandgennemstrømning maksimalt reduceres med 0,005 % af den relative vandføring.

Relativ ændring af vandføringen i Øresund i %			
Strømningsform	Nordgående strømning	Sydgående strømning	Ekstrem Indstrømning
Reduktion i %	-0,001	-0,0012	-0,0012

Tabel 7.7 Relativ ændring af vandføringen i Øresund som følge af etablering af en vindmøllepark på Middelgrunden. Kilde /11/.

Effekten af en kompensationsafgravning på den relative vandgennemstrømning kan beregnes med en usikkerhed på $\pm 0,2\%$ af den samlede gennemstrømning. Usikkerheden ved beregningen er altså 200 gange større end den påvirkning af vandgennemstrømningen som fundamentterne giver anledning til. Påvirkningen vil således have meget lille betydning for den overordnede vandføring i Øresund /11/.

Det bør tilstræbes, at indgreb i Øresunds vandgennemstrømning over en årrække resulterer i en 0-løsning for gennemstrømningen. En kompensationsafgravning vil have effekt i al fremtid, hvorimod vindmølleparken kun har en begrænset levetid.

Hvis der foretages en afgravning, vil der forekomme en spredning af ekstra sediment og en forøget erosion, idet bevoksningen ved kompensationsafgravningen (ålegræsset) samtidig fjernes eller svækkes. Det skyldes, at de lokaliteter, der er bedst egnede, og som tidligere har været anvendt ved kompensationsafgravning, samtidigt er præget af høje strømningshastigheder.

Det vurderes på denne baggrund, at der ikke bør gennemføres en kompensationsafgravning.

Risiko for uheld

Nedenstående afsnit er hovedsageligt baseret på vurderinger beskrevet i /12/ og /15/.

Kollisionsrisiko

Etableringen af mølleparken på Middelgrunden betyder, at der opstår en risiko for kollision mellem møller og skibe. Påvirkningen af miljøet foranlediget af en skibskollision eller en grundstødning består hovedsageligt i en risiko for udslip af olie fra skib eller møller.

Etableringen af møllerne vil påvirke antallet af grundstødninger på Middelgrunden i nedadgående retning, som følge af at møllerne gør Middelgrunden mere synlig (visuelt og på radar) for skibsfarten /12/.

Det samlede analyse af de to modsat rettede tendenser betyder, at der totalt set bliver **mindre risiko** for uheld og olieudslip /12/. Da risikoen for skibskollisioner falder betyder det også, at risikoen for olieudslip falder. Der er derfor i det følgende ikke foretaget en detaljeret konsekvensvurderinger for større uheld. I det følgende uddybes, hvorfor den samlede uheldsrisiko vurderes at falde.

Vindmølleparken er mest udsat for kollision på Middelgrundens østlige rand, idet sejlrenden i Hollænderdybet skifter retning $11-12^\circ$ ud for den sydlige del af Middelgrunden. Dermed er vindmøllerne "eksponeret" for nordgående trafik. Ruten gennem Øresund (Drogden) vil efter Øresundsprojektets afslutning blive rettet helt ud. Denne udretning antages generelt at føre til færre grundstødninger. Det gælder især på østsiden af Middelgrunden, hvor det forventes, at det

årlige antal grundstødninger som følge af den udrettede sejlrende vil blive reduceret med en faktor tre, /12/.

Ved opstilling af vindmøllerne vurderes det, at skibstrafikkens opmærksomhed vil blive skærpet. Det skønnes derfor, at risikoen for en kollision med en mølle reduceres med yderligere 40 % /12/.

Den maksimale vandybde på Middelgrunden er 4,5 meter, hvilket betyder, at kun lastede skibe op til 2.000 DWT og skibe i ballast op til 10.000 DWT vil udgøre en kollisionsrisiko.

Det konkluderes i /12/ ud fra kendskabet til tidligere grundstødninger og skibskollisioner i denne del af Øresund, at der må påregnes en årlig risiko for skibskollision på 8 %. I gennemsnit vil 1-2 af vindmøllerne i løbet af en 20 års levetid således blive udsat for en skibskollision. Denne risiko vil som tidligere nævnt imidlertid blive modvirket af, at antallet af grundstødninger reduceres, således at den samlede risiko for kollision reduceres.

Konsekvens af kollision

Hvis et skib kolliderer med en mølle, vil det sandsynligvis betyde, at møllen beskadiges, da kræfterne fra kollisionen i de fleste tilfælde er væsentligt større end den påvirkning, som møllerne er dimensioneret til.

Data fra hidtidige grundstødninger og kollisioner i Øresund viser, at oliespild er den vigtigste og stort set eneste forurening, der forekommer. Det er rapporteret, at der forekommer et *større* oliespild, defineret som over 1 m³, i forbindelse med 4 % af kollisionerne. Gennemsnittet for *større* oliespild er på 150 m³ uden skelen til skibstype /15/.

Den miljøbelastning en totalt havareret vindmølle i sig selv kan give anledning til, er i værste fald, at al olie fra gearkasse, hydrauliksystem og transformator undslipper, eller at møllen udbrænder.

Af tabel 5.3 ses at der totalt findes 30 tons olie i møllerne inkl. transformatorer. For en enkelt mølle er der tale om 1,5 tons olie, som potentielt kan udledes til havet. Da olien er indkapslet i transformatoren og gearkassen er sandsynligheden for et totaludslip minimalt.

Det vurderes, at risikoen for olieudslip i Øresund som følge af uheld med grundstødning på Middelgrunden og sammenstød med møllerne reduceres i forholdt til situationen i dag.

Risiko for uheld under drift

Da olie anvendes i lukkede systemer og der vil ske opsamling i møllen af oliespild, vil risikoen for spild til omgivelserne være meget lille. I forbindelse med service og olieskift er der potentielt risiko for oliespild. Denne risiko minimeres ved kun at anvende autoriseret driftspersonale og udforme en arbejdsinstruks, der reducerer muligheden for oliespild.

I tilfælde af at en mølle bliver udsat for lynnedslag eller kortslutning, kan der opstå brand. Hvis en mølle taber en vinge under drift, kan det give anledning til havari af møllen. Konsekvensen for miljøet af sådanne uheld består i oliespild eller luftforurening, som beskrevet i foregående afsnit.

Kabelbrud

Kabelbrud kan ske ved at et skibs anker river kablet op. Ved kabelbrud vil en del af olien kunne undslippe. Det fremgår af tabel 5.3, at der er 11.520 liter olie i kablerne mellem møllerne og i kablet til land, hvilket svarer til ca. 1 liter olie pr. meter kabel. Kun olien inden for nogle få meters afstand fra et kabelbrud vil kunne trænge ud til omgivelserne.

7.3 Påvirkning af miljø ved demontering

Når vindmøllerne til sin tid skal fjernes, demonteres de i omvendt rækkefølge af deres opsætning. Når fundamenterne skal fjernes kan de enten løftes væk i et stykke (som ved opstillingen) eller fundamentet kan skæres fra bundpladen, der efterlades på bunden. Kablerne vil formentlig blive taget op samtidig med fundamenterne. Alle materialer bortset fra vinger og isolering vil kunne genanvendes. Materialerne anvendt til fundamenterne vil kunne anvendes som genbrug i form af bundmateriale ved vejbyggeri eller tilslag til beton efter vaskning.

Ingen af de oven for nævnte operationer vil give anledning til nævneværdig miljøbelastning eller gener.

Når fundamenterne fjernes, forsvinder den nye biotop også. Der vedbliver dog med at være fastbunds biotop i tilknytning til erosionssikringen og på fundamentets bundplade.

8 Foranstaltninger

8.1 Kompensationsafgravning

Det er anført i afsnit 7.2, at vindmølleparken har en meget beskeden indvirkning på vandgenemstrømningen i Øresund. Samtidigt vil en kompensationsafgravning give anledning til en forøget spredning af sediment. Det er derfor vurderet at det ikke vil være relevant at foretage en kompensationsafgravning.

Hvis det alligevel besluttes at foretage en afgravning, vil det ved en fundering med det valgte gravitationsfundament medføre afgravning af ca. 6.000 m³ jord. Denne afgravning anbefales foretaget på en lokalitet, der er udpeget i forbindelse med anlæg af Øresundsforbindelsen.

8.2 Håndtering af opgravet materiale

Der gøres gennem krav til entreprenørerne en indsats for at minimere gravearbejdet, og dermed tab af sediment mest muligt. En minimering af påvirkningen er allerede sket ved valg af fundamentstype og tilhørende erosionssikring samt ved at udlægge netforbindelsen mellem møllerne oven på havbunden overdækket med sække fyldt med en blanding af cement og grus.

Sediment skubbes/ skrubes til side, hvor der ikke forekommer forurening, der kræver deponeering, se beskrivelse i afsnit 5.2.

Kablet der forbinder møllerne med Amagerværket nedspules/nedpløjes på traditionel vis i sejlrenden.

Der vil, i udbudsmaterialet til licitationen, blive stillet krav om, at de udvalgte entreprenører skal være i besiddelse af en miljøhandlingsplan og et miljøledelsessystem. Dermed sikres det, at miljøbelastningen ved anlæggelsen minimeres, og at der ikke opstår tvivl om, hvordan uforudsete miljøproblemer og uheld håndteres hurtigt og forsvarligt.

Udgravet materiale fra Middelgrunden skal, som nævnt i afsnit 5.3, håndteres efter Miljøkontrollens anvisninger.

Det har været drøftet med Miljøkontrollen, at anbringe uforurenede materiale som kollisionssikring ud mod Hollænderdybet /22/. Denne løsning vurderes dog ikke at have andet end marginal effekt ved sammenstød. Desuden vil materialet formodentligt være fjernet som følge af erosion efter nogle få år.

8.3 Visuelle foranstaltninger

Grunden til, at der er blevet udarbejdet et nyt og reduceret projekt, er ønsket om i videst mulige omfang, at tilgodese de indsigelser, der fremkom efter offentliggørelsen af det oprindelige projekt på 27 møller i tre rækker. Der er i den forbindelse udfoldet store bestræbelser for at tage visuelle hensyn ved udformningen af den aktuelle konfiguration af vindmølleparken. Det er tilstræbt at få vindmølleparken til at fremtræde harmonisk og let overskuelig fra alle vinkler, - i sig selv og sammen med omgivelserne. Endvidere er møllernes geometriske bue valgt således at den stemmer overens med den historiske udvikling af Københavns forsvarsværker /6/.

Derudover er den enkelte vindmølle og fundament tilpasset omgivelserne på følgende punkter:

- En særlig lysegrå overflade vil sløre vindmøllernes kontur og synlighed i de fleste situationer/ vejrtyper.
- Fundamentet er designet til kun at være synligt i det omfang ,det er nødvendigt af hensyn til ispåvirkningen.
- Der vælges en vindmølle efter det danske koncept, og rotordiameteren er lig tårnhøjden, hvilket erfaringsmæssigt giver det mest harmoniske indtryk.

9 Overvågningsprogram

De to eksisterende danske havvindmølleparker - Vindeby fra 1991 og Tunø Knob fra 1995 - er regulære udviklingsprojekter, hvor man har søgt at afdække det tekniske og økonomiske potentiale for havvindmøller. Derudover er der lagt stor vægt på, nøje at undersøge den miljømæssige påvirkning af de respektive marine miljøer med henblik på, at afdække potentielle problemer og at udvikle monitoreringsmetoder til senere brug.

Forud for etableringen af parkerne er der defineret et nærliggende og sammenligneligt referenceområde, der skal tjene som et upåvirket sammenligningsgrundlag ved efterfølgende undersøgelser af eventuelle påvirkninger fra vindmølleparken.

Efterfølgende er der iværksat en række undersøgelser af områdernes tilstand og af deres betydning for fiskeri, fugle, sæler etc. Endvidere er der udført en række sammenlignende undersøgelser, der samstemmende konkluderer, at de miljømæssige erfaringer fra disse de to parker hidtil har været positive eller neutrale set i forhold til de undersøgte miljøindikatorer.

Det er planlagt, at også de kommende 5 store havvindmølleprojekter på tilsammen 750 MW, skal undersøges og overvåges nøje. Det er hensigten, at de hver især skal være første etape i en langt større udbygning på de samme lokaliteter. Det er derfor vigtigt at undersøge forholdene grundigt fra start.

Størrelsesmæssigt befinder *Middelgrundsprojektet* på 40 MW sig et sted mellem de første havvindmølleparker på ca. 5 MW og de planlagte storskalaprojekter på 150 MW.

Middelgrunden er som lokalitet anderledes end de allerede gennemførte og kommende havmølleprojekter på følgende punkter:

- Middelgrunden er i forvejen stærkt præget af tidligere tiders dumpning.
- Middelgrundens flade er meget uensartet med hensyn til dybde, forurening, begroning etc. bl.a. som følge af dumpning.
- Der er intens (luft- og) skibstrafik i området.
- Det er en forholdsvis lille og velafgrænset lokalitet.
- Der er en lav artsdiversitet, og alle forekommende arter er almindelige i danske farvande.

Det er af disse grunde ikke muligt at finde et egnet referenceområde på Middelgrunden. Desuden vurderes det, at være unødvendigt at gennemføre en monitorering af de miljøindikatorer, der er relevante (ålegræs, blåmuslinger, tungmetal koncentration, vandgennemstrømning etc.).

Miljøkontrollen har tidligere foretaget visuelle inspektioner omfattende fotografering og video-transektter af Middelgrunden. Disse inspektioner har været et væsentligt grundlag for udarbejdelsen af rapporten: *Middelgrunden en statusbeskrivelse* /8/. Det vurderes, at det vil være tilstrækkeligt at overvåge udviklingen i miljøets tilstand ved at gennemføre et program af tilsvarende karakter (video-/fototransektter) suppleret med dykkerundersøgelser før påbegyndelse af gravearbejdet og efter ca. 2 år. På det tidspunkt ventes det, at det marine miljø (bl.a. ålegræs og blåmuslinger) har stabiliseret sig. Det er påtænkt at foretage 2 langsgående nord-syd og 5 tværgående øst-vest video/fototransektter inkl. stationer på selve fundamenterne. Hermed vil det være muligt at følge genindvandring af ålegræs, tegn på forøget erosion, tilgang af nye arter osv.

Hidtidige erfaringer med lignende betonfundamenter fra parkerne ved Vindeby og Tunø tyder ikke på en forringelse af fiskerimulighederne, - snarere tværtimod /10/. Da der ikke er planer om at indføre restriktioner af fiskeriet, og da fiskebestanden ikke ventes reduceret, skønnes det, at der ikke vil være behov for specielle undersøgelser heraf.

Der gennemføres en kortlægning af støjforholdene ved de kystområder, der ligger tættest på parken. Som følge af baggrundsstøjens niveau kan det dog blive vanskeligt at foretage relevante målinger.

10 Uafklarede forhold

I en periode efter VVM-redegørelsens offentliggørelse vil der være nogle forhold, der ikke er endeligt afklarede.

10.1 *Bundundersøgelser*

I sensommeren 1999 foretages en række geotekniske undersøgelser af bundforholdene ved fundamenterne og kabeltracéernes tiltænkte placeringer. Ved fundamenterne udtages prøver af bunden med henblik på – efter nærmere aftale med Miljøkontrollen – at gennemføre en analyse for indhold af tungmetaller. Forud herfor gennemføres *multibeam side scan sonar* og magnetometer målinger af fundamentsplaceringer, af kabeltracéer og af påtænkte sejlruiter i området /16/.

Der er, som anført i afsnit 4.6, tidligere foretaget undersøgelser af bundforholdene på den urene del af Middelgrunden. Tallene herfra er benyttet til at beregne og vurdere konsekvenserne ved opgravning af sediment. I forbindelse med de nye geotekniske undersøgelser, vil omfanget af sediment, der skal fjernes og forurening på de aktuelle placeringer blive fastlagt mere præcist end angivet i denne redegørelse. Dermed vil også omfanget af den potentielle frigørelse og spredning af tungmetal som følge af opgravning af sediment kunne beregnes.

10.2 *Marinarkæologi*

Skov & Naturstyrelsen skal analysere de oven for nævnte registreringer og målinger med henblik på at vurdere muligheden for forekomst af skibsvrag eller rester heraf.

Derudover skal der forud for gravearbejdets iværksættelse, udtages stikprøver udvalgte steder på bunden. Der anvendes en metode, hvor en erfaren dykker suger sedimentet op på dykkerfartøjet, hvorefter det filtreres. Herefter undersøges det af en marinarkæolog med henblik på at konstatere, om der findes kulturspor heri. Vurderes det, at der er fund af interesse, foretages en nærmere undersøgelse. Ultimativt etableres en udgravning el.lign. efter anvisning fra Nationalmuseet.

Forud for etablering af kabelforbindelser inspiceres tracéet af en dykker ligesom tracéet også gennemsejles med magnetometer.

10.3 *Ålegræs og blåmuslinger*

Selv om det vurderes at være af marginal betydning, vil det i forbindelse med de geotekniske undersøgelser være muligt at danne et billede af dækningsgraden for ålegræs og blåmuslinger på de konkrete positioner.

Resultaterne af undersøgelserne vil blive forelagt Energistyrelsen og Skov & Naturstyrelsen inden, der skal tages stilling til den endelige godkendelse af *Middelgrundsprojektet*.

11 Referencer

1. *Projektforslag: Vindmøller på Middelgrunden*, Københavns Belysningsvæsen og Middelgrundens Vindmøller I/S, maj 1998, folder.
2. *Middelgrundens Vindmøllelaug, tegn en andel i fremtidens rene energi*, Middelgrundens Vindmøller I/S, september 1998, folder.
3. *Vindmøllepark på Middelgrunden, Fundamenter*, Carl Bro, september 1998, 56 sider.
4. *Vindmøllepark på Middelgrunden, Fundamenter*, NNR/Niras, oktober 1998, 37 sider.
5. *Vindmøllepark på Middelgrunden. Æstetisk vurdering og visualisering*, Møller & Grønborg, Rambøll, august 1997, 20 sider.
6. *Vindmøllepark på Middelgrunden II. Æstetisk vurdering og visualisering*, Møller & Grønborg, april 1998, 20 sider.
7. *Notat om alternativ placering på Saltholm Flak*, Carl Bro, 19. januar 1998, 5 sider.
8. *Middelgrunden en statusbeskrivelse*, Københavns Miljøkontrol, januar 1997, 15 sider.
9. *Vindmøllepark på Middelgrunden. Forundersøgelser, fase 1A*, KMEK og EMU, oktober 1997, 73 sider samt 6 bilagsrapporter.
10. *Notat om anlægseffekter på fiskeriet*, Carl Bro, 16. marts 1998, 12 sider.
11. *Vindmøller på Middelgrunden. Påvirkning af vandstrømningsforhold. Revideret type vindmøllefundament*, LIC Engineering, rev. 2, juli 1999, 14 sider.
12. *Notat om skibskollision*, Carl Bro, 19. januar 1998, 5 sider samt opdatering 3. december 1998, 3 sider.
13. *Naturlig Energi*, Dansk Vindmølleforening, januar 1999, side 33.
14. *Notat om Miljøkonsekvenser: Blokering og kompensationsafgravning*. Carl Bro, Notat 05, 31. maj 1999, 2 sider.
15. *Miljøkonsekvenser af kollisioner imellem skibe og vindmøller*, Carl Bro, 25. maj 1999, 2 sider.
16. *Vindmøller på Middelgrunden*, Geoteknisk Institut, oktober 1997, 11 sider ekskl. bilag.
17. *Fiskeri og / eller vindmøller på Middelgrunden*, Notat fra Danmarks Fiskeriforening, 14. januar 1998, 1 sider.
18. *Forekomst af vrage på Middelgrunden*, Skov- og Naturstyrelsen, 5. marts 1998, 3 sider.
19. *Rapport til Elkraft A.m.b.A over opfølgningsundersøgelser i 1993 ved vindmølleparken, Vindeby, Vestlolland*, Danmarks Fiskeri og Havundersøgelser, december 1993, 11 sider + 9 bilag.
20. *Vurdering af miljøkonsekvenser ved udgravning til fundamenter for vindmøller på Middelgrunden*, Rambøll, 11. maj 1999, 8 sider.
21. *VVM-redegørelse for vindmøller på Middelgrunden, vedrørende fugle*, Rambøll, 22. april 1999, 6 sider
22. *Referat af møde vedr. vindmøller på Middelgrunden*, Miljøkontrollen, 12. juni 1998, 1 side.
23. *Undersøgelser af konsekvenser for havmiljøet af en fast forbindelse over Øresund. Undersøgelse af jordprøver fra prøvegravninger i Øresund. Tungmetaller. 93/114/1. 1. udkast. Øresundskonsortiet*. 15. marts 1993.

24. *Undersøgelser af konsekvenser for havmiljøet af en fast forbindelse over Øresund. Vurdering af risikoen for spredning og frigivelse af tungmetaller i forbindelse med gravning i havbunden langs den planlagte linieføring for Øresundsforbindelsen.* Dokument nr. 93/131/0. Revision 0. Øresundskonsortiet, juni 1993.
 25. *Vedr. placering af vindmøllepark på Middelgrunden, Høringssvar fra Danmarks Miljøundersøgelser, J.nr. 182/3-0002, 31. august 1998, 1 side.*
 26. *Myndighedernes kontrol og overvågningsprogram for Øresundsforbindelsens kyst til kyst anlæg, Bøntisk vegetation, Tilstandsrapport 1998, SEMAC JV, 1999, 128 sider.*
 27. *Myndighedernes kontrol og overvågningsprogram for Øresundsforbindelsens kyst til kyst anlæg, Blåmuslinger, Tilstandsrapport 1997, SEMAC JV, 1998, 46 sider.*
 28. *The Øresund Link, Assessment of the Impacts on the Marine Environment of the Øresund Link, Øresundskonsortiet, Update marts 1998, 175 sider.*
 29. *Retningslinier for udarbejdelse af miljøredegørelser for havvindmølleparker, Rambøll for Energistyrelsen, september 1998, 6 sider.*
 30. *Vejledning fra Miljøstyrelsen. Del II, Kystvande. Nr. 2/83, 95 sider.*
-

Alle rapporter der er udarbejdet på bygherrernes foranledning, kan besigtiges ved henvendelse hertil, samt i *Miljøbutikken, Læderstræde 3, 1201 København K* og hos *Energioplysningen, Teknikerbyen 45, 2830 Virum*.

Reference /1/ og /2/ fås ved henvendelse til *Middelgrundens Vindmøller I/S c/o Københavns Miljø- og Energikontor*.

Referencerne /3/, /4/, /5/, /6/, /9/, /11/, /16/ samt /19/ kan lånes ved henvendelse til *Risø eller Danmarks Tekniske Videncenter, DTU*.

Referencerne /8/, /13/, /23/, /24/, /26/, /27/, /29/ samt /30/ fås ved henvendelse til de anførte udgivere.

Referencerne /7/, /10/, /12/, /14/, /15/, /17/, /18/, /20/, /21/, /22/ samt /25/ er samlet i en bilagsrapport med titlen: *Bilagsrapport til VVM redegørelse for Vindmøllepark på Middelgrunden*. Rapporten kan lånes ved henvendelse til *Risø eller Danmarks Tekniske Videncenter, DTU*.