

Tekniske del-rapporter

Til Miljøredegørelse for
Marmormolen
og spidsen af Langelinie







By og havn

Miljøreddegørelse for Marmormo- len

Baggrundsrapport Trafik, støj og emissioner

Marts 2009

By & Havn

Miljøredegørelse for Marmormolen

Baggrundsrapport Trafik, støj og emissioner

Marts 2009

Ref <marmormolen>

Version 4

Dato 2009-03-25

Udarbejdet af RAHH, CM

Rambøll Danmark A/S

Bredevej 2

DK-2830 Virum

Danmark

Telefon +45 4598 6000

www.ramboll.dk

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	1
2.	Resumé	2
2.1	Miljøpåvirkning af projektet	2
2.2	Manglende viden	4
3.	Projektbeskrivelse	6
3.1	Arealdisponering	7
3.2	P-pladser	8
3.3	Udbygningsrækkefølge	8
3.4	Adgang til Marmormolen og Langeliniespidsen	9
3.5	Kollektiv betjening	9
3.6	Lette trafikanter	10
4.	Metode for miljøvurderingerne	11
4.1	Trafik	11
4.2	Støjberregninger	12
4.3	Luftforurening og klima	14
4.4	Emissioner fra P-anlæg	14
5.	Basisbeskrivelse	15
5.1	Trafikale forhold	15
5.2	Trafikarbejde	16
5.3	Støjberregninger	17
5.4	Luftforurening og klima	17
6.	Miljøpåvirkninger i anlægsfasen	20
6.1	Trafikale forhold i anlægsfasen	20
6.2	Trafikarbejde	22
6.3	Støjberregninger	22
6.4	Luftforurening og klima	22
6.5	Afværgeforanstaltninger	23
6.6	Overvågning	23
7.	Miljøpåvirkninger i driftsfasen	24
7.1	Trafikale forhold	24
7.2	Kollektiv og cykel trafik	30
7.3	Øvrig trafik	30
7.4	Trafikarbejde	30
7.5	Trafiksikkerhed	31
7.6	Barriereeffekt	32
7.7	Støjberregninger	32
7.8	Luftforurening og klima	34
7.9	Afværgeforanstaltninger	35
7.10	Overvågning	35
8.	Manglende viden	37

1. Indledning

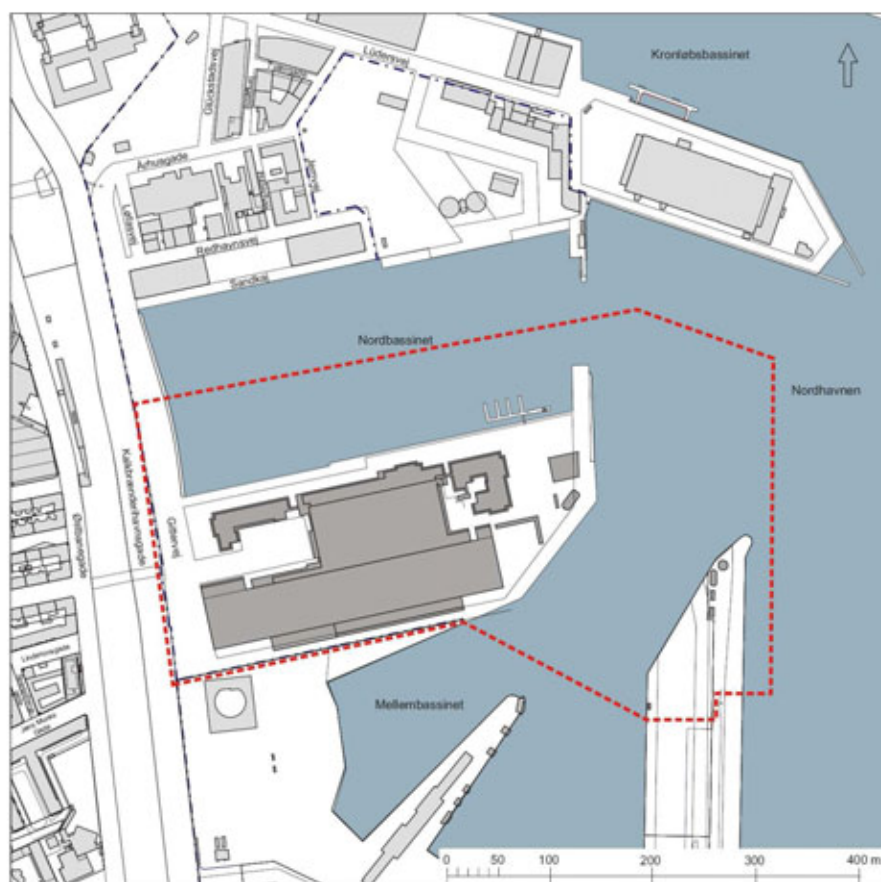
Som et led i byudviklingen og hermed lokalplanlægningen af Marmormolen i Københavns Nordhavn skal der gennemføres en miljøredegørelse. Denne rapport er en baggrundsrapport til miljøredegørelsen af udbygningen af Marmormolen samt Langelinespidsen.

Rapporten omhandler trafik, trafikstøj, trafiksikkerhed og luftforurening i forbindelse med biltrafik.

Rapporten er baseret på foreliggende planer fra februar 2009.

Lokalplanområdet, der skal miljøvurderes inkluderer Marmormolen samt den yderste spids af Langelinie.

På Figur 1 ses lokalplanområdet.



Figur 1: Lokalplanområde

2. Resumé

Marmormolen og spidsen af Langelinie er planlagt at udbygges med i alt ca. 200.000 etm. Området omkring Marmormolen skal være ramme for den kommende FN-By i København. FN-byen består af 45.000 etm. derudover består området af 25.000 etm hotel, 88.000 etm. erhverv og 28.000 etm. bolig.

På området er planlagt etableret 1.150 parkeringspladser fordelt med 950 pladser på Marmormolen og 200 pladser på Langelinie.

Nedenstående indeholder et resumé af den gennemførte miljøvurdering på det trafikale område. For hvert af de undersøgte områder er hovedresultaterne opridset.

Endvidere er afværgeforanstaltninger, overvågningstiltag samt mangler ved undersøgelserne beskrevet.

2.1 Miljøpåvirkning af projektet

2.1.1 Trafikken

Anlægsfasen

Det er estimeret, at der i anlægsfasen vil være ca. 30.000 lastbiltransporter i forbindelse med jorddeponering, byggematerialer, opstilling entreprenørmateriel mv. Anlægsperioden strækker sig over mange år og det er vurderet at der i perioden 2011-2012 vil være den højeste intensitet, hvad angår lastbiltransporter. I gennemsnit vurderes der i denne periode at være 29 transportere pr. hverdag. Til sammenligning var lastbiltrafikken på Kalkbrænderihavnsvej ca. 1.500 pr. hverdag (mellem kl. 6-18) i 2007.

Driftsfasen

Biltrafikken til/fra området er vurderet på baggrund af antal etagemeter og det antal parkeringspladser, der stilles til rådighed for de enkelte brugsformål. I alt er det beregnet, at der kan forventes 4.200 biler til/fra Marmormolen og Langeliniespidsen.

I nærområdet på Kalkbrænderihavnsvej medfører den øgede trafik til Marmormolen og Langeliniespidsen at trafikken på Kalkbrænderihavnsvej kan forventes at stige med 10-14 % nord for Marmorvej og 2-4 % syd for.

Trafikkens fordeling på vejnettet er afhængig af hvorvidt Nordhavnsvej anlægges eller ej. Den største forskel ses på Strandvænget og Strandøre. Uden anlæg af Nordhavnsvej er det beregnet, at trafikken i 2018 vil stige med ca. 900-1.000 biler pr. dag, dette svarer til en stigning på hhv. 6 % og 8 % på Strandvænget og Strandøre.

Ved anlæg af Nordhavnsvej vælger den nordgående trafik i langt højere grad at benytte Nordhavnsvej mod Helsingørmotorvejen, hvorfor ændringerne i trafikmængderne på Strandvænget og Strandøre er meget begrænsede.

Baseret på en meget konservativ ankomstfordeling af trafikken til Marmormolen er det vurderet at der kan opstå afviklingsproblemer i krydset mellem Marmorvej og Kalkbrænderihavngade. Det vurderes, at afviklingen vil ske ved et lavt serviceniveau, hvor afviklingen af trafikken er sårbar overfor selv små udsving i trafikmængden.

2.1.2 Trafikstøj

Den øgede trafikmængde (både i anlægs- og driftsfasen) på vejnettet udbygningen af Marmormolen samt Langeliniespidsen giver anledning til er så lille at det ikke vil resultere i hørbare ændringer i støjniveauet i områder udenfor Marmormolen.

2.1.3 Luftforurening og klima

Anlægsfasen

Regionalt og globalt

Lastbiltrafikken i forbindelse med anlægsfasen er beregnet at bidrage med et samlet udslip i anlægsperioden af NO₂ på 5 tons, 0,04 tons partikler og ca. 1.000 tons CO₂. Dette udslip svarer til ca. 6 gange udslippet fra alle lastbiler på Københavns Kommunes vejnet pr. hverdag.

Driftsfasen

Regionalt og globalt

Det samlede CO₂-udslip som følge af biltrafikken til/fra Marmormolen og Langeliniespidsen er beregnet til 2.600 tons pr. år. Tilsvarende er udslippet af NO_x og Partikler beregnet til hhv. 4 og 0,4 tons pr. år. Dette udslip svarer til ca. 0,1 % af udslippene i Hovedstadsregionen i år 2018.

Lokalt

Områdets åbne karakter vil give gode spredningsforhold, hvorfor ingen grænseværdier for emissioner vil overskrides.

2.1.4 Afværgeforanstaltninger

Anlægsfasen

- Jordtransporterne fra Marmormolen skal samordnes med øvrige jordtransporter fra større anlægsprojekter i kommunen, Cityring, Nordhavnsvej mv.
- Naboinformation om forventet støj i forbindelse med særligt støjende arbejdsprocesser.
- Lastbiler over 3.5 tons monteres partikelfilter når de kører indenfor Københavns og Frederiksberg Kommunes miljøzone.
- Københavns Kommunes forskrifter vedrørende udførsel af bygge- og anlægsarbejder i kommunen overholdes.
- Midlertidige adgangsveje til og på byggepladsen undergår en trafiksikkerhedsrevision.

- Det kan ved nærmere undersøgelser vurderes, hvorvidt det vil være miljø-mæssigt, økonomisk mv. rentabelt at anvende pramsejllads mellem Marmormolen og Nordhavn i forbindelse med flytningen af overskudsjord.

Driftsfasen

- Adgangsvejen til Marmormolen samt vejanlæggene internt på Marmormolen undergår en trafiksikkerhedsrevision.
- Krydset Kalkbrænderihavnsgade og Marmorvej etableres som trafikstyret.
- Planlagt ITS-anlæg skal bl.a. sikre at der opretholdes en optimal trafikafvikling på Nordhavnsvej samt de tilstødende kryds.

2.1.5 Overvågning

Anlægsfasen

- Der foretages overvågninger af biltrafikkens omfang og afvikling samt trafiksikkerheden ved adgangsvejen til byggepladsen.
- Støjforholdene ved anlægsarbejdet vil løbende blive overvåget med henblik på at kunne dokumentere støjbelastningen.

Driftsfasen

- Trafikkens omfang og afvikling og trafikens udvikling på bl.a Nordhavnsvej og de omkringliggende kryds overvåges ved planlagt ITS-system.
- Trafiksikkerheden og dermed antallet af trafikuheld følges af Københavns Kommune
- Københavns Kommune foretager løbende registrering og kortlægning af støjbelastningen på boliger, institutioner, rekreative arealer mv.
- Luftkvaliteten i Københavns Kommune overvåges løbende ved målinger af DMU på nogle af de mest trafikbelastede strækninger i København

2.2 Manglende viden

Generelt er vurderingerne af de trafikale konsekvenser (mængder, sikkerhed, støj og luftforurening) af vejen baseret på trafikmodelberegninger. En trafikmodel er en tilpasset afbildning af virkeligheden. Beregningerne af den fremtidige trafik er derfor behæftet med en vis usikkerhed. I modellen opstilles en række mere eller mindre usikre forudsætninger omkring byudvikling, trafikafvikling, kapacitet og rutevalg mv. som alle er med til at skabe grundlaget for beregningerne af den fremtidige trafik.

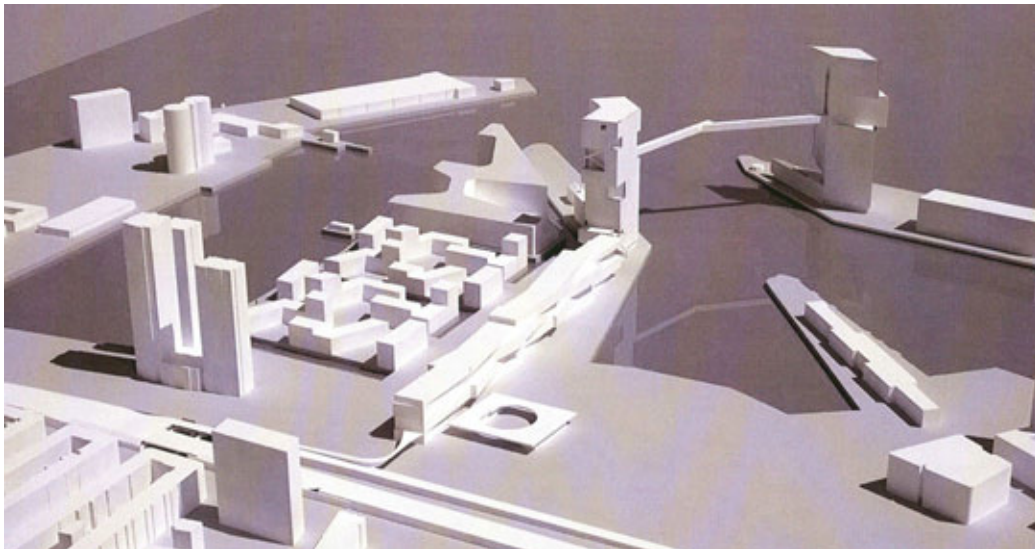
Der er foretaget et groft skøn over antallet af lastvogne, der skal borttransportere jord og affald eller bringe materialer til byggepladserne i anlægsfasen. Opgørelsen danner grundlag for vurdering af emissioner mv. Skønnet af antallet af transporter er fastsat på et tidspunkt, hvor projektets endelige omfang og realisering endnu ikke er fastlagt.

Da disse lastbiltransporter udgør en relativt beskeden del af den samlede trafik på de overordnede veje, spiller usikkerheden ved fastsættelsen af kørselsmængder kun en mindre rolle ved vurderingen af trafikafviklingen. Derimod kan det i relation til en vurdering af forholdene på lokalveje og veje, hvor man i øvrigt ønsker at begrænse den tunge trafik, være ønskeligt at få en mere præcis vurdering af kørselsomfanget.

3. Projektbeskrivelse

Marmormolen og spidsen af Langelinie er planlagt at udbygges med i alt ca. 200.000 etm. Området omkring Marmormolen skal være ramme for den kommende FN-By i København. På området er planlagt etableret 1.150 parkeringspladser fordelt med 950 pladser på Marmormolen og 200 pladser på Langelinie. Adgang til Marmormolen sker i et nyetableret signalanlæg. Lette trafikanter kan benytte den ny stibro mellem Langeliniespidsen og Marmormolen samt forbindelsen over Kalkbrænderihavnsgade videre mod Nordhavns station. Endvidere er der stier langs Kalkbrænderihavnsgade.

Figur 2 herunder viser en 3D-visualisering af området

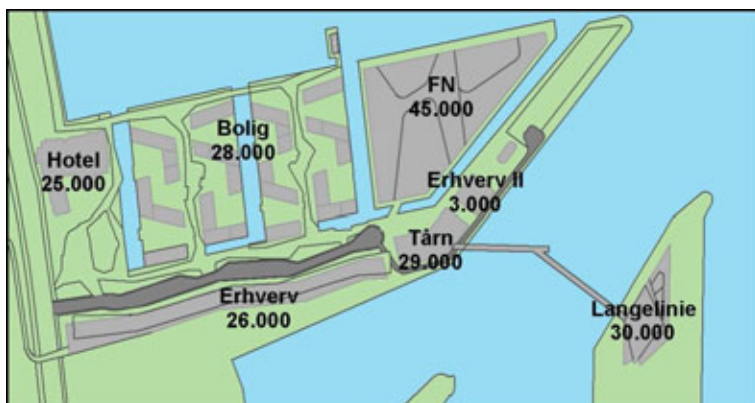


Figur 2: 3D model af Marmormolen og spidsen af Langelinie (Udarbejdet af 3xN)

3.1 Areal disponering

På Marmormolen udbygges der et samlet etageareal på 156.000 m² samt parkering på 10.000 m². Etagearealet er fordelt på et hotel, to boligområder, FN-byen, Erhvervsbygninger samt to tårne, der forbinder Marmormolen og Langelinie med en høj gangbro. På spidsen af Langelinie etableres, der et etageareal på 30.000 m².

Det samlede etageareal for området udgør 196.000 m²



Figur 3: Areal disponering med angivelse af etm

Erhvervsbånd

Erhvervsbåndet i den sydlige del af Marmormolen er udformet, så det afskærmer boligerne mod støj fra DFDS-færgerne. Erhvervsbåndet indeholder i alt 88.000 m² heraf er de 30.000 m² beliggende på Langeliniespidsen. Tårnene og broen vil danne indsejlingsportal for færgerne, der kommer fra Oslo og Polen. Broen mellem Marmormolen og Langelinie har et spænd på 160 meter og en undersidehøjde på 65 meter.

FN-byen

FN-byen i den østlige del af Marmormolen stiller som bygningskompleks nogle helt særlige krav til sikkerhed. Det imødekommes i projektet bl.a. ved at FN-byen har sin egen ø. FN-byggeriet kan udbygges i to faser: Første fase består af den vestlige del på 30.000 m², og anden fase af den østlige del på 15.000 m².

Hotel

Hotellet er på 25.000 m² og ligger langs Kalkbrænderihavnsvej - optimalt i forhold til den kollektive trafik. Hotellet supplerer og underbygger de internationale aktiviteter i området.

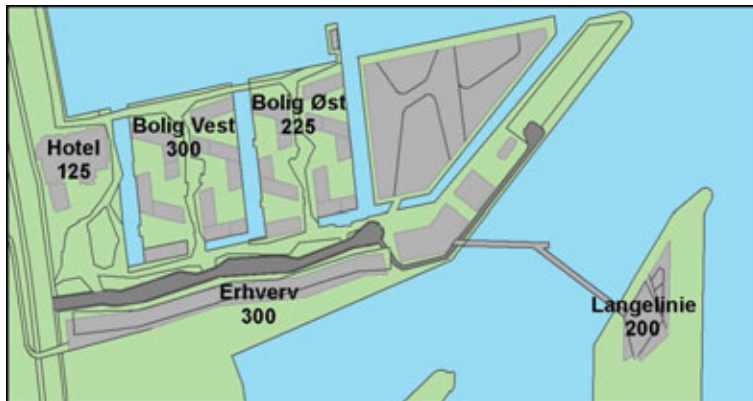
Boliger

De 28.000 m² boliger er disponeret langs kanalerne. Det styrende princip er, at alle boliger vil have adgang til både private og offentlige uderum, ligesom alle boliger har udsigt til enten hav eller en kanal.

3.2 P-pladser

Der er disponeret med 950 parkeringspladser på Marmormolen og 200 pladser på spidsen af Langelinie. I alt 1.150 p-pladser. Dette giver en p-norm på 0,6 p-pladser pr. 100 m² i gennemsnit.

Det forventes, at beboere og erhvervsparkanter udnytter en andel af parkeringspladserne til dobbeltparkering i nattetimerne og i løbet af dagen.

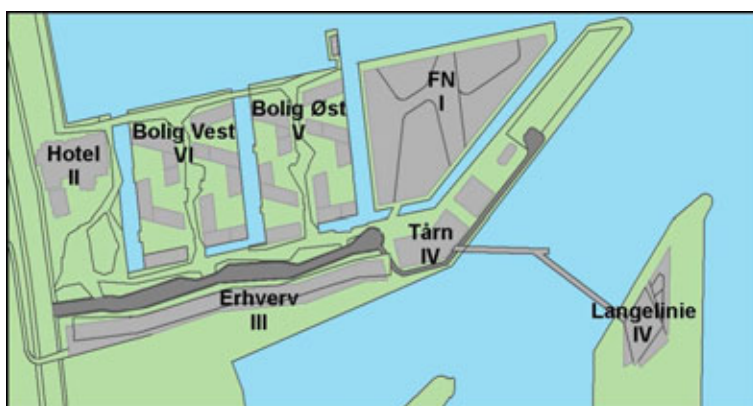


Figur 4: Antal parkeringspladser på Marmormolen og Langelinie.

3.3 Udbygningsrækkefølge

Udbygningen af Marmormolen forventes at ske i etaper startende i 2010 og med en estimeret afslutning i ca. 2018 – 2020.

- FN-byen forventes at starte i 2010 og afsluttes i 2012.
- Hotellet forventes at starte i 2011 og afsluttes i 2012.
- De øvrige etapers start- og sluttidspunkt er ikke fastlagt endnu.



Figur 5: Kortet viser udbygningsrækkefølgen på Marmormolen og Langelinie.

3.4 Adgang til Marmormolen og Langeliniespidsen

Adgang til Marmormolen sker i et signalanlæg mellem Marmorvej og Kalkbrænderihavngade. Krydset etableres med bundet venstresving fra nord for at kunne afvikle trafikken mod Marmormolen om morgenen. Udkørslen fra Marmorvej er etableret med bundne svingretninger. Højresvinget etableres med to svingbaner for at kunne afvikle eftermiddagens trafikmængder.

På Figur 6 ses den udformning som danner grundlag for de kapacitetsberegninger, der er foretaget af trafikafviklingen.



Figur 6: Skitse af krydsudformning med to bundne højresving fra øst.

Adgangen til erhvervstårnet på Langeliniespidsen sker via det eksisterende kryds mellem Kalkbrænderihavngade og Indiakaj.

3.5 Kollektiv betjening

Den kollektive betjening vil foruden S-togs forbindelse på Nordhavn station, busser, bestå af Cityringen (ved Østerport st.) som forventes at åbne i 2018. Afstanden fra Marmormolen til Nordhavn station vil være ca. 500 m. og til Østerport station ca. 1.200 m.

3.6 Lette trafikanter

Østbanegade og Marmormolen forbindes ved en sikker krydsning for de lette trafikanter. Københavns Kommune vurderer muligheden for at etablere en forbindelse for lette trafikanter i niveau over Kalkbrænderihavnsgade.

Stiforbindelsen sikrer endvidere en direkte forbindelse til Nordhavn station, hvor der er både S-togs og busforbindelser.

Mellem Marmormolen og Langeliniespidsen betjenes de lette trafikanter af en gangbro mellem de to erhvervstårne.

Etableringen af gangbroen medfører desuden en øget tilgængelighed mellem Nordhavn station og Langelinieområdet, idet forbindelsen vil være åben for offentligheden.

4. Metode for miljøvurderingerne

Følgende gennemgang omfatter både en beskrivelse af metoden for basisbeskrivelsen samt for vurderingerne af påvirkningerne i anlæg og drift.

4.1 Trafik

De trafikale konsekvenser af udbygningen på Marmormolen og Langeliniespidsen er belyst ved trafikmodelberegninger. Til beregningerne er anvendt OTM5.0. Trafikmodellen dækker geografisk Hovedstadsområdet, defineret som Centalkommunerne (Københavns og Frederiksberg Kommuner) og de tidligere Københavns, Frederiksborg og Roskilde Amter. I dag svarer dette til Region Hovedstaden samt en del af Region Sjælland. Modelområdet er opdelt i alt 818 trafikzoner, hertil kommer 17 portzoner, der beskriver trafikken ind og ud af modelområdet.

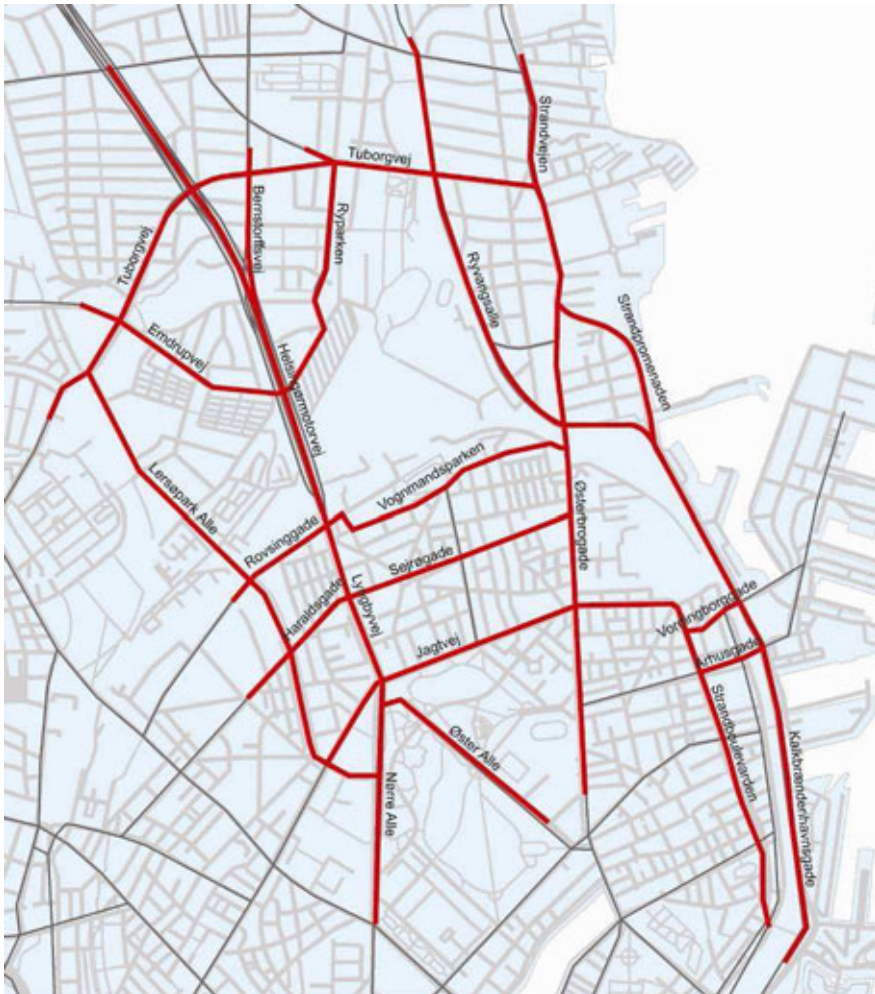
2018 er valgt som beregningsår med henblik på at belyse udbygningens påvirkninger af miljøet i en fase, hvor kun dele af den planlagte udbygning i Nordhavn er gennemført, men hvor Cityringen og evt. Nordhavnsvej er åbnet for trafik. De trafikale konsekvenser er i det omfang det er naturligt vurderet både efter etablering af Nordhavnsvej samt for det eksisterende vejnet.

Trafikberegningerne for Marmormolen og Langeliniespidsen tager udgangspunkt i de OTM beregninger, der er gennemført i forbindelse med vurderingerne af Nordhavnsvej. I disse beregninger er bilejerskab, befolknings- og arbejdspladstal, samt P-søgetid fremskrevet til forventede værdier for år 2018. Øvrige forhold som vejnet og kollektiv betjening er ændret i henhold til infrastrukturprojekter og forbedringer i hovedstadsområdet hvis gennemførelse pt. foreligger vedtaget/fastlagt. Det er i OTM-beregningerne forudsat at trafikken på Folke Bernadottes allé, i fremtiden ikke kan overstige 20-25.000 biler på døgnbasis på grund af kapacitetsbegrænsninger i krydset på Oslo plads. Endvidere er det forudsat at Århusgade lukkes for biltrafik ved Kalkbrænderihavnsvej og Vordingborggade dobbeltrettes.

Ved hjælp af trafikmodellen kan trafikbelastningen på det overordnede vejnet beregnes. På Figur 7 er indtegnet dele af beregningsvejnettet i modellen.

I modelberegningerne er forudsat en byudvikling på Nordhavn svarende til 600.000 etm. Dette svarer til ca. 10.300 nye indbyggere og 9.100 nye arbejdspladser på området.

Afviklingsforholdene ved adgangen til Marmormolen er vurderet ved anvendelse af kapacitetsprogrammet DanKap. DanKap er udarbejdet af Vejdirektoratet og er anvendeligt bla. til belysning af kapacitetsforhold og serviceniveau i kryds.



Figur 7: Beregningsvejnet i OTM-modellen

4.2 Støjberegninger

De støjmæssige konsekvenser som følge af ændringer i trafikmængderne i driftsfasen er belyst ved at beregne støjbelastningen langs et influensvejnet. Beregningerne er foretaget ved anvendelse af Nord2000 beregningsmodellen. Retningslinierne er beskrevet i Miljøstyrelsen bekendtgørelse nr. 717 af 13. juni 2006. Beregningerne er udført med programmet SoundPlan ver. 6.4. Beregningerne er foretaget i et gridnet på 20x20 m. og i 1,5 m. højde. Efterfølgende er de beregnede støjniveauer interpoleret til støjkonturer til visualisering af støjdbredelsen på kort.

Resultaterne af støjberegningerne sammenholdes med de vejledende grænseværdier for trafikstøj. De vejledende grænseværdier for vejtrafikstøj er beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/2007 "Støj fra veje". Grænseværdierne er i første række til planlægningsbrug og anvendes ved planlægning af nye boligområder langs eksisterende veje, men lægges også til grund når man skal vurdere støjulempen ved eksisterende boliger langs eksisterende veje.

Til beregning af støjbredden er der opbygget en 3D model i SoundPlan på basis af digitaliserede terrændata (DTM) med en gridstørrelse på 1.6m på baggrund af hvilke, der er beregnet højdekurver med 0.5m ækvidistance. For København Kommune er terrændata genereret på baggrund af digitaliserede terrændata med en gridstørrelse på 25 m suppleret med z-koter for kørebanekanter.

Veje repræsenteret ved vejmidten er lagt ned på den digitale terrænmodel og er manuelt justeret for eventuelle terrænfejl, hvilket typisk forekommer ved broer. På vejstrækninger med helleanlæg/midterræbat er vejen modelleret med 2 liniekilder, en for hver retning og trafikmængden er fordelt ligeligt i begge retninger med mindre andet er oplyst.

Generelt set er terrænet ved sammenhængende bebyggede områder antaget værende hårdt terræn og uden for disse er terrænet regnet porøst. Inden for de sammenhængende bebyggede områder er der taget hensyn til større områder med porøst terræn (parker, rekreative områder og lignende) og i det åbne land er der taget hensyn til vandområder.

Trafikstøjen er beregnet på et influensvejnet, der afgrænses af Nordhavnsvejs tilslutning mod nord, Østerbrogade mod vest og Oslo plads mod syd. På Nordhavnen er der forudsat en forsimplet vejstruktur, idet der endnu ikke er fastlagt en vejplan for området. I beregningerne indgår alle de overordnede veje inden for området. Støjbidrag fra togtrafik, færger og industri er ikke medtaget i vurderingerne.

Resultaterne af støjberegningerne sammenholdes med de vejledende grænseværdier for trafikstøj. De vejledende grænseværdier for vejtrafikstøj er beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/2007 "Støj fra veje". Grænseværdierne er i første række til planlægningsbrug og anvendes ved planlægning af nye boligområder langs eksisterende veje, men lægges også til grund når man skal vurdere støjulempen ved eksisterende boliger langs eksisterende veje.

Støjgrænserne er til forskel fra tidligere angivet som L_{den} , der er støjens døgnvægtede middelværdi. Støjen fra aftenperioden (kl. 19 – 22) tillægges et genetillæg på 5 dB, og støjen i natperioden (kl. 22 – 07) får et genetillæg på 10 dB, inden middelværdien regnes ud.

De vejledende grænseværdier for L_{den} er:

- Rekreative områder i det åbne land (sommerhusområder, grønne områder, campingpladser): 53 dB
- Rekreative områder i eller nær byområder (parker, kolonihaver, nyttehaver, turistcampingpladser): 58 dB
- Boligområder (boligbebyggelse, daginstitutioner m.v., udendørs opholdsarealer): 58 dB
- Offentlige formål (hospitaller, uddannelsesinstitutioner, skoler): 58 dB
- Liberale erhverv m.v. (hoteller, kontorer m.v.): 63 dB.

De vejledende støjgrænser er et udtryk for den støjbelastning som Miljøstyrelsen vurderer, er miljømæssigt og sundhedsmæssigt acceptabel. Der er tale om en afvejning mellem de virkninger støjen har på mennesker, og samfundsøkonomiske hensyn. Typisk vil de vejledende grænseværdier svare til et støjniveau hvor omkring 10 - 15 % (de mest støjfølsomme) angiver at være stærkt generet af støjen. Hvis støjen er lavere end de vejledende grænseværdier, vil kun en mindre del af befolkningen opleve støjen som generende, og den forventes ikke at have helbredseffekter.

4.3 Luftforurening og klima

Emissionerne er beregnet ud fra resultaterne af de gennemførte trafikmodelberegninger. Energiforbrug og luftforureningen fra vejtrafikken er beregnet for hele regionen som de samlede emissioner af de betragtede luftforureningskomponenter i tons pr. år. De anvendte emissionsfaktorer (målt som g/km) er opstillet med udgangspunkt i principperne i COPERT III, som er EU's officielle model for emissioner fra vejtrafikken. Emissionsfaktorerne er angivet for forskellige køretøjskategorier afhængig af kørehastigheden. Der beregnes det samlede energiforbrug samt CO₂ udslip samt det samlede CO, NO_x, partikler, VOC og SO₂-udslip fra biltrafikken i regionen.

4.4 Emissioner fra P-anlæg

Københavns Brandvæsens standardkrav for ventilationsanlæg følges. Disse krav er:

"Anlægget skal udføres i hht DS 428 og med detektorer, der ved aktivering i gang sætter anlægget med et luftsifte på 5 gange/time ved en detekteret koncentration på max. 2 gange den hygiejniske grænseværdi for CO. Anlæggets komponenter skal være som foreskrevet i DBI forskrift 233 "Automatisk gasalarmanlæg".

5. Basisbeskrivelse

Basisbeskrivelsen anvendes som grundlag til bestemmelse af de trafikale konsekvenser af projektet. I basisbeskrivelsen tages udgangspunkt i en udbygget Nordhavn med 600.000 etagemeter, samt kollektiv infrastruktur som i år 2018.

5.1 Trafikale forhold

Figur 8 viser trafikmængderne på vejnettet omkring Langelinie, Marmormolen og Nordhavn uden udbygning på Marmormolen og Langeliniespidsen. Trafikmængderne er angivet som hverdagsdøgntrafik.

Endvidere er forudsat, at Nordhavnsvej er etableret som Vejforslag A mellem Helsingørsmotorvejen og Strandvænget.

Det fremgår, at trafikbelastningen på Kalkbrænderihavnsgade er ca. 25.200 biler forbi Marmorvej. Trafikbelastningen på Indiakaj er ca. 5.600 biler og tilsvarende ca. 3.400 på Langelinie Alle. Trafikken på Nordhavnsvej er 30.300 biler.

Den samlede biltrafik til/fra Nordhavnsområdet er 22.800 biler pr. dag med en udbygning på 600.000 etm.



Figur 8: Trafikbelastning i basissituationen – Incl. Nordhavnsvej.

5.1.1 Trafikbelastning uden Nordhavnsvej

Etablering af Nordhavnsvej medfører overflytninger af trafik mellem alternative parallelle ruter. Specielt bliver Kalkbrænderihavnsvej attraktiv for gennemkørende trafikanter mod Københavns centrum ved anlæg af Nordhavnsvej. Hvis Nordhavnsvej ikke etableres vil trafikken på Kalkbrænderihavnsvej forbi Marmorvej være ca. 20.000 biler. På Kalkbrænderihavnsvej nord for Sundkrogsgade vil trafikken være omkring 22.000 biler.

5.2 Trafikarbejde

Trafikarbejdet udtrykker antallet af kørte km. På baggrund af resultaterne fra modelberegningerne kan det samlede trafikarbejde med bil i regionen beregnes. De trafikmængder der indgår i beregningerne inkluderer en udbygning med 600.000 etm. på Nordhavn samt anlæg af Nordhavnsvej.

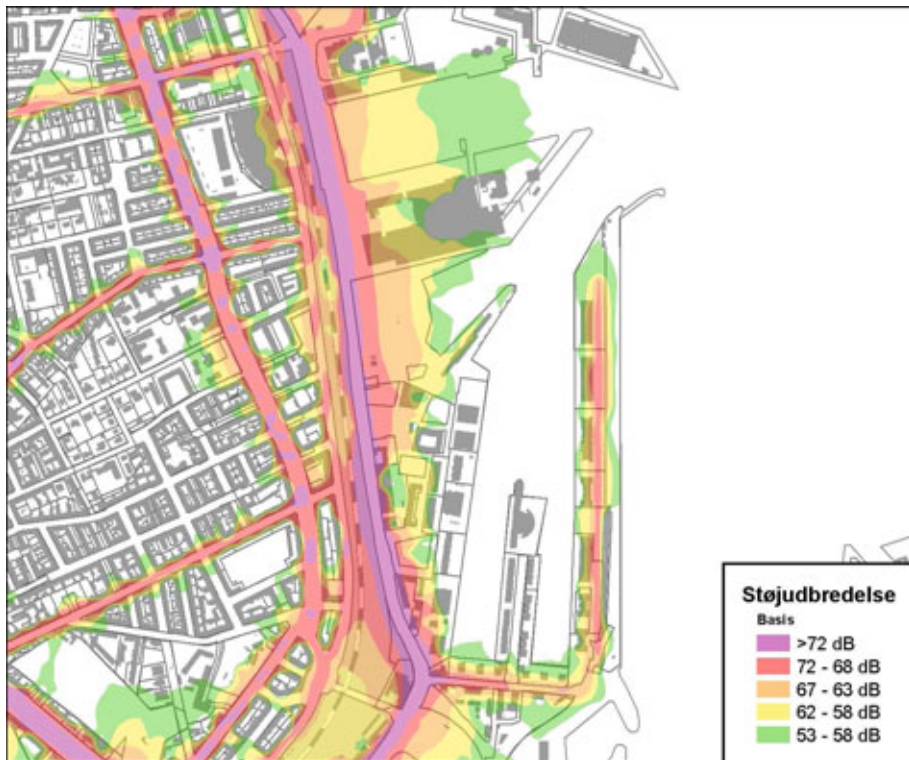
Det samlede trafikarbejde i basisscenariet fremgår af Tabel 1.

Tabel 1: Trafikarbejde (mio. km. år) for Basissituationen

Trafikarbejde (mio. km. pr år)	
Basis	14.135

5.3 Støjberegninger

Resultatet af støjberegningerne er præsenteret grafisk som kort, der viser støjdbredelsen som støjzoner i intervallerne 53-58 dB, 58-63 dB, 63-68 dB, 68-72 dB og > 72 dB. De beregnede støjniveauer er L_{den} i højden 1,5 m. over terrænen. På Figur 9 er indtegnet støjdbredelsen langs det overordnede vejnet omkring Marmormølen og Langelinie.



Figur 9: Støjdbredelsen i basis scenariet.

5.4 Luftforurening og klima

Luftforureningen fra vejtrafikken kan medføre både lokal, regional og global påvirkning af miljøet. Lokalt og regionalt har luftforureningen betydning for menneskers og planters sundhed og globalt i form af klimapåvirkninger.

Luftforureningen fra trafikken består af en række stoffer, der har forskellige miljø- og sundhedsmæssige effekter. De vigtigste skadelige stoffer udgøres af:

- Partikler
- Kulmonoxid (CO)
- Kvælstofdioxid (NO₂) og samlede kvælstofoxider (NO_x)
- Organiske flygtige stoffer (VOC)
- Svovldioxid (SO₂)

I tilknytning til trafikens energiforbrug vil der ske dannelse og udslip af kuldioxid (CO₂). Kuldioxid er den væsentligste menneskeskabte drivhusgas.

Luftforureningen fra vejtrafikken er bl.a. afhængig af trafikmængde, hastighed, køremønster og sammensætning af køretøjer på de enkelte vejstrækninger. Ud fra de beregnede trafikmængder på vejnettet i Regionen kan det samlede energiforbrug og udslip af skadelige stoffer beregnes for basissituationen. Basissituationen beskriver situationen uden en udbygning af Marmormolen, men med 600.000 etagemeter på Nordhavn samt etablering af Nordhavnsvej. Anlæg af Nordhavnsvej medfører kun små ændringer i det samlede trafikarbejde og dermed emissionerne i Regionen. Konsekvenserne uden anlæg af Nordhavnsvej er ikke nærmere belyst i nærværende.

5.4.1 Lokal påvirkning

Luftkvaliteten i Danmark overvåges af DMU ved målinger. I København måles på to stærkt trafikerede strækninger – H.C. Andersens Boulevard, hvor der kører omkring 70.000 køretøjer pr. dag og Jagtvej, hvor der kører omkring 20.000 køretøjer pr. dag. Der måles koncentrationer af kvælstofoxid (NO), kvælstofdioxid (NO₂), ozon (O₃), kulmonoxid (CO), Benzen, Svovl samt partikler og deres indhold af forskellige tungmetaller.

I Tabel 2 er gengivet resultaterne af målte NO₂ koncentrationer på de to målestationer i København. Det fremgår, at årsgennemsnittet på 40 µg/m³ blev overskredet på de mest trafikerede gader i København i 2007. I bybaggrunden, som er målt på huse tage er grænseværdien ikke overskredet.

Tabel 2: Målte NO₂ koncentrationer (µg/m³) i Danmark 2007

Station	Type	Årsmiddel værdi	19. højeste enkelttime
H.C. Andersens Boulevard (ca. 70.000 køretøjer)	Gade	52	158
Jagtvej (ca. 20.000 køretøjer)	Gade	41	139
H.C. Ørsteds Instituttet	Bybaggrund	19	74
Grænseværdi		40	200

Tabel 3 viser målte partikel koncentrationer for PM₁₀ på de to målestationer i København. Det fremgår, at grænseværdien på døgnmiddelværdien er overskredet på H.C. Andersens Boulevard. Den gældende grænseværdi for årsmiddelværdien er ikke overskredet ved målestationerne.

Tabel 3: Målte partikel koncentrationer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM_{10} i Danmark 2007

Station	Type	Årsmid- delværdi	36. højeste en- keltime
H.C. Andersens Boulevard (ca. 70.000 køretøjer)	Gade	38	58
Jagtvej (ca. 20.000 køretøjer)	Gade	30	47
H.C. Ørsteds Insti- tuttet	Bybag- grund	24	39
Grænseværdi		40	50

5.4.2 Regional og global påvirkning

Der er gennemført beregninger af det samlede udslip af CO_2 , CO, NO_x , Partikler, VOC og SO_2 . Emissionerne er regnet som tons pr. år. Resultaterne fremgår af Tabel 4 og Tabel 5. De trafikmængder der indgår i beregningerne inkluderer en udbygning med 600.000 etm. på Nordhavn samt anlæg af Nordhavnsvej.

Tabel 4: Energiforbrug (TJ pr. år) og CO_2 -udslip (tons pr. år) i Basis 2018

Basis 2018	
Energiforbrug (TJ pr. år)	38.265
CO_2 -udslip (tons pr. år)	2.807.150

Tabel 5: Udslip af skadelige stoffer (tons pr. år) i Basis 2018

Basis 2018	
CO (tons pr. år)	19.480
NO_x (tons pr. år)	4.096
Partikler (PM_{10}) (tons pr. år)	124
VOC (tons pr. år)	897
SO_2 (tons pr. år)	144

Anlæg af Nordhavnsvej medfører kun små ændringer i det samlede trafikarbejde i Regionen. Konsekvenserne for trafikarbejdet uden anlæg af Nordhavnsvej er ikke nærmere belyst i nærværende.

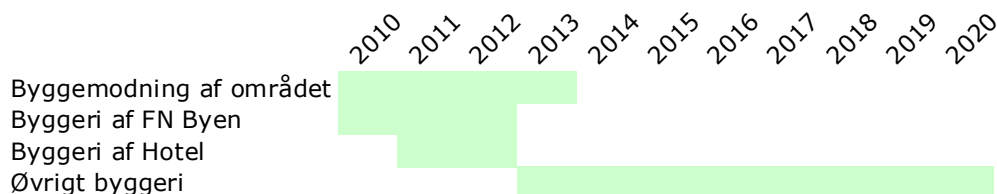
6. Miljøpåvirkninger i anlægsfasen

6.1 Trafikale forhold i anlægsfasen

Anlægsarbejdet i forbindelse med udbygningen af Marmormolen og Langeliniespid-sen vil medføre del tung trafik til og fra arbejdspladserne. De væsentligste kilder til trafik i anlægsfasen er følgende:

- Transport af affald i forbindelse med rydning af arealer
- Transport med lastbil af jord fra gravearbejde
- Transport med lastbil af materialer til byggematerialer

Anlægsfasen forventes at løbe over flere år, mens forskellige etaper af Marmormolen udbygges. Vurderingen af omfanget af transporter i forbindelse med byggemodningen samt byggeriet er vurderet ud fra følgende tidslinie. Byggemodningen af området er forudsat at foregå over en 4-årig årrække fra 2010-2013. Byggeriet af FN-byen forløber fra 2010-2012 og hotellet fra 2011-2012. Den resterende del af udbygningen er forudsat at køre fra 2013 til 2020.



I vurderingerne af antallet af transporter er forudsat en kontinuer byggeperiode over de angivne årrækker. Der kan være perioder, hvor antallet af transporter vil være over gennemsnittet.

6.1.1 Transport ved byggemodning

Der er foretaget et overslag over det samlede omfang af jord og materialer, der skal transporteres i forbindelse med byggemodningen samt byggeriet.

Transporten i forbindelse med byggemodningen på Marmormolen omfatter:

- a) Nedrivning af UNICEF bygning og Marmorværket (i alt ca. 34.000 etm)
- b) Fjernelse af belægninger
- c) Jordflytning

Ad a+b) Det er estimeret at nedrivning af bygninger samt fjernelse af belægning vil kræve ca. 2.200 transporter.

Ad c) Det er estimeret, at der vil være en jordbalance på 110.000 m³ overskudsjord. De gennemførte jordanalyser har givet anledning til en vurdering at 50-75 % af det opgravede jord kan genanvendes. Der kalkuleres med at alt rent og lettere foruren

jord benyttes til opfyldning i Nordhavn, mens stærkt forurenede jord transporteres til jordbehandling i Kalvebod Miljøcenter. Beregningsmæssigt vurderes således, at 82.500 m³ jord anvendes i Nordhavn mens 27.500 m³ transporteres til Kalvebod. Det samlede antal transporter i forbindelse med jordflytningen vil være 11.000 transporter.

6.1.2 Transport i forbindelse med byggeri

På baggrund af erfaringstal fra byggerier er det skønnet at 10.000 m² byggeri medfører ca. 900 lastbiltransporter. Indeholdende byggematerialer, inventar og installationer samt arbejdspladsindretning. Det samlede antal lastbiltransport i forbindelse med udbygningen er estimeret til 16.700 transporter. Hertil kommer sjakkets arbejdspladskørsel.

I forbindelse med vurderingerne af de trafikale forhold er det valgt udelukkende at se på antallet af lastbiltransporter.

Tabel 6 viser det gennemsnitlige antal transporter pr. dag i byggeperioden. Det fremgår at perioden 2011-2012 vil have den højeste intensitet hvad angår antallet af transporter. I gennemsnit vurderes der i denne periode at være 29 transporter pr. dag, idet der regnes med 200 arbejdsdage pr. år. Det påpeges, at der i perioder af byggemodningen kan forventes et mere betydeligt højere antal lastbiltransporter.

Tabel 6: Antal transporter i gennemsnit pr. dag i byggeperioden

	År	Antal transporter i gennemsnit pr. dag
Byggemodning	2010	17
Byggemodning og byggeri af FN-byen og Hotel	2011-2012	29
Byggeri af hotel og øvrigt	2013	6
Byggeri af øvrigt	2014-2020	6

En stor del af transporterne i den højest belastede periode vil være jordtransporter til Nordhavn. Det vurderes generelt ikke at den øgede lastbiltrafik vil medføre betydelige gener for den øvrige trafik på Kalkbrænderihavnsvej.

Såfremt anlægsarbejderne i forbindelse med Cityringen og Nordhavnsvej kommer til at foregår samtidigt med byggeriet på Marmormolen skal der foretages en koordinering af lastbiltrafikken fra de forskellige anlægsprojekter, således at trafikken afvikles med mindst mulige gener for de øvrige trafikanter.

Der er ikke truffet endelig beslutning om hvilke ruter, der skal benyttes til afvikling af trafikken fra de enkelte byggepladser i kommunen. I forbindelse med anlæg af Nordhavnsvej vil det blive vurderet, om der er behov for ændringer af signalanlæg, svingbaner mm. afhængig af det endelige valg af ruter og omlægninger af den øvrige trafik.

Foreliggende estimater på antal jordtransporter i forbindelse med anlæg af Cityring, Nordhavnsvej og øvrige byggepladser viser, at der i perioden 2012-2014 forventes 670-810 transporter pr. hverdag (begge retninger) på Kalkbrænderihavnsvej mellem Sundkrogsgade og Folke Bernadottes Alle.

6.2 Trafikarbejde

Trafikarbejdet med lastbil i forbindelse med anlægsfasen er vurderet på baggrund af forventningen til hvortil jord skal transporteres og hvorfra byggematerialer kommer.

På baggrund af forholdsvis grove skøn er opstillet sammenhæng mellem transporter og trafikarbejdet. Transportlængden er kun en vej, dvs. uden returkørsel. I trafikarbejdet er indregnet en returkørsel hvor lastbilen er tom. Det totale trafikarbejde med lastbil i forbindelse med byggemodning samt udbygningen er vurderet til 1,3 mio. km. jf Tabel 7.

Tabel 7: Antal transporter samt transportlængde og trafikarbejde

Aktivitet	Bemærkning	Antal transport	Transportlængde i km.	Trafikarbejde i 10 ⁶ km
Jordtransport	Nordhavn	8.250	2	0,03
	Kalvebod	2.750	20	0,11
Byggemodning i øvrigt		2.200	20	0,09
Byggeri	Betontransporter	11.100	40	0,89
	Øvrigt materiale	5.600	20	0,22
I alt		29.900		1,34

6.3 Støjberegninger

Langs mange primære trafikårer vil den eksisterende trafikstøjbelastning for randbebyggelserne overskride den vejledende støjgrænse på L_{den} 58 dB. Der er ikke udført beregninger for arbejdsførsel.

Det begrænsede antal ekstra køretøjer/lastbiler vurderes ingen steder at medføre en merstøj på mere end 0,5 dB. Denne støjforøgelse kan ikke umiddelbart registreres af naboerne.

6.4 Luftforurening og klima

Den lokale emission i forbindelse med entreprenørmateriel på byggepladserne er ikke vurderet i nærværende. Der er således udelukkende beregnet emissioner med regional og global effekt i forbindelse med transporter til/fra byggepladserne.

Den regionale og globale effekt beskrives ud fra den samlede emission af NO_x og CO₂. På baggrund af det beregnede trafikarbejde kan emissionen af disse parametre for hele anlægsperioden beregnes som det fremgår af Tabel 8.

Tabel 8: NO_x (tons), PM₁₀ (tons) og CO₂-udslip (tons) i anlægsperioden

Anlægsperiode	
NO _x -udslip (tons)	5,1
PM ₁₀ -udslip (tons)	0,04
CO ₂ -udslip (tons)	1.020

6.5 Afværgeforanstaltninger

Transporten til og fra Marmormolen må forventes at størst i starten af perioden, under byggemodning og herefter konstant, men på et lavere niveau.

Jordtransporterne fra Marmormolen skal samordnes med øvrige jordtransporter fra større anlægsprojekter i kommunen, Cityring, Nordhavnsvej mv.

Naboinformation om forventet støj i forbindelse med særligt støjende arbejdsprocesser. I takt med at flere bygningskroppe etableres må det forventes at støjen fra anlægstransporten i større grad isoleres til Marmormolen.

I forbindelse med luftforurening og klima, skal samtlige lastbiler over 3.5 tons monteres partikelfilter når de kører indenfor Københavns og Frederiksberg Kommunes miljøzone.

Københavns Kommune har forskrifter vedrørende udførsel af bygge- og anlægsarbejder i kommunen. Regulativet for København forskriver bl.a. at:

- Valg af maskiner, arbejdsmetoder og indretning af arbejdspladsen skal ske således omgivelserne generes mindst muligt af støv.

Københavns Kommune har derudover indført tomgangsregulativ for at begrænse forureningen fra holdende køretøjer.

Det kan ved nærmere undersøgelser vurderes, hvorvidt det vil være miljømæssigt, økonomisk mv. rentabelt at anvende pramsejllads mellem Marmormolen og Nordhavn i forbindelse med flytningen af overskudsjord.

For at opnå tilfredsstillende og sikker afvikling af biltrafikken bør etableringen af de midlertidige adgangsveje til og på byggepladsen undergå en trafikikkerhedsrevision for at sikre en optimal trafikikkerhed i krydsningen.

6.6 Overvågning

Der foretages overvågninger af biltrafikens omfang og afvikling samt trafikikkerheden på udvalgte steder.

Støjforholdene ved anlægsarbejdet vil løbende blive overvåget med henblik på at kunne dokumentere støjbelastningen.

7. Miljøpåvirkninger i driftsfasen

7.1 Trafikale forhold

I forbindelse med udbygningen på Marmormolen og Langelinie genereres en del ny biltrafik som vil være med til at belaste vejnettet omkring Marmormolen yderligere i fremtiden. I nedenstående er beskrevet dels den påvirkning, der vil ske i nærmiljøet på Marmorvej og Indiakaj og dels påvirkningen på det overordnede vejnet.

7.1.1 Biltrafik til/fra Marmormolen og Langelinie

Trafikken til og fra Marmormolen er vurderet på baggrund af antal etagemeter og det antal parkeringspladser, der er til rådighed for de enkelte brugsformål. I Tabel 1 ses beregningen af biltrafikken.

Tabel 9: Beregning af bilture til og fra Marmormolen.

	<i>Etage m²</i>	Bilture pr. 100 m²	Bilture pr. døgn	m² pr. P-plads	p-pladser	Bilture pr. p-plads
Hotel	25000	1.8	450	200	125	3.6
FN	45000	1.5	675	150	300	2.3
Erhvervsbånd/Tårn	58000	1.3	754	193	300	2.5
Bolig	27000	2.8	756	120	225	3.4
Div. café & Galleri	2300	30.0	690			
Butik	700	50.0	350			
Marmormolen			3675		950	
Langelinie	30000	1.7	500	150	200	2.5

På Langelinie etableres et parkeringshus med plads til 200 parkanter. Baseret på at en enkelt plads generer ca. 2.5 ture pr. døgn, bliver det samlede antal ture pr. døgn vil derfor ca. 500 bilture.

Den beregnede biltrafik danner grundlag for trafikstrømmene i krydset Kalkbrænderihavnsvej – Marmorvej. Fordelingen af Marmormolens trafik på det øvrige vejnet er bestemt på baggrund OTM-beregninger.

7.1.2 Biltrafik på det overordnede vejnet

I nedenstående er gennemgået trafikken til/fra Marmormolens fordeling på det overordnede vejnet. Fordelingen samt ændringerne på de enkelte strækninger er gengivet med og uden etablering af Nordhavnsvej. Det er valgt at beskrive forholdene ved anlæg af Nordhavnsvej som Vejforslag A, dvs. mellem Helsingørmotorvejen og Strandvænget. Konsekvenserne ved Nordhavnsvej som Vejforslag B, en boret tunnel mellem Helsingørmotorvejen og Nordhavn, er ikke direkte belyst i nærværende. Analyserne af alternativerne af Nordhavnsvej viser, at Vejforslag B ikke har de samme aflastende effekter som Vejforslag A. De trafikale konsekvenser vil således være en mellemting mellem konsekvenserne uden Nordhavnsvej og Vejforslag A. I nærvæ-

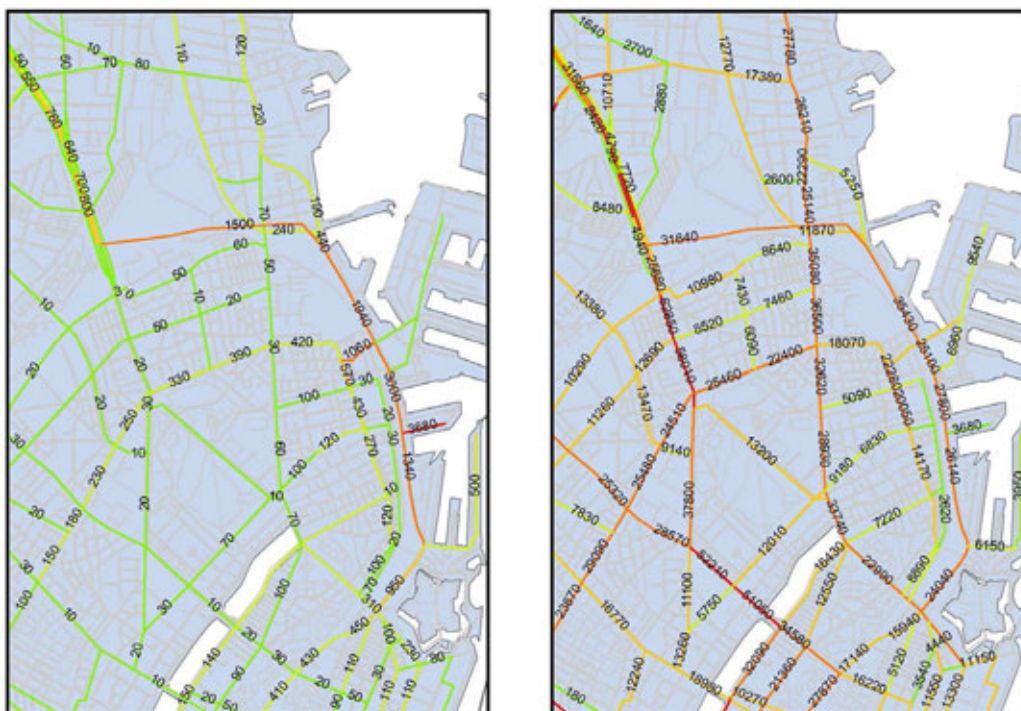
rende sammenhæng er det således af hensyn til overskueligheden valgt at beskrive de to yderpunkter.

7.1.3 Trafikbelastning med Nordhavnsvej

Figur 10 viser trafikken til/fra Langeliniespidsen og Marmormolens fordeling på vejnettet med anlæg af Nordhavnsvej som Vejforslag A. Det fremgår, at ca. 70 % af biltrafikken søger mod nord ad Kalkbrænderihavnsvej, 25 % af trafikken søger mod Østerbro ad Vordingborggade. En del af trafikken gennem Vordingborggade søger videre langs Jagtvejslinien. Ca. 1.500 biler vælger at anvende Nordhavnsvej mod Helsingørmotorvejen, dette svarer til ca. 35% af den samlede trafikgenerering fra området.

Den samlede trafik på vejnettet efter udbygningen af Marmormolen og Langelinie ses til højre på Figur 10. Det fremgår, at trafikken på Kalkbrænderihavnsvej øges til ca. 27.800 køretøjer nord for Marmormolen og ca. 26.100 køretøjer syd for. Dette svarer til en stigning på hhv. ca. 10 % og 4 %.

På Indiakaj kan trafikken forventes at stige fra ca. 5.600 biler til 6.100 biler pr. døgn, hvilket svarer til en stigning på ca. 8 %. Tilsvarende en stigning på ca. 14 % på Langelinie Alle.



Figur 10: tv.) Marmormoletrafikkens fordeling på vejnettet. th.) Den samlede trafik på vejnettet. Alle tal angiver hverdagsdøgntrafik i 2018.

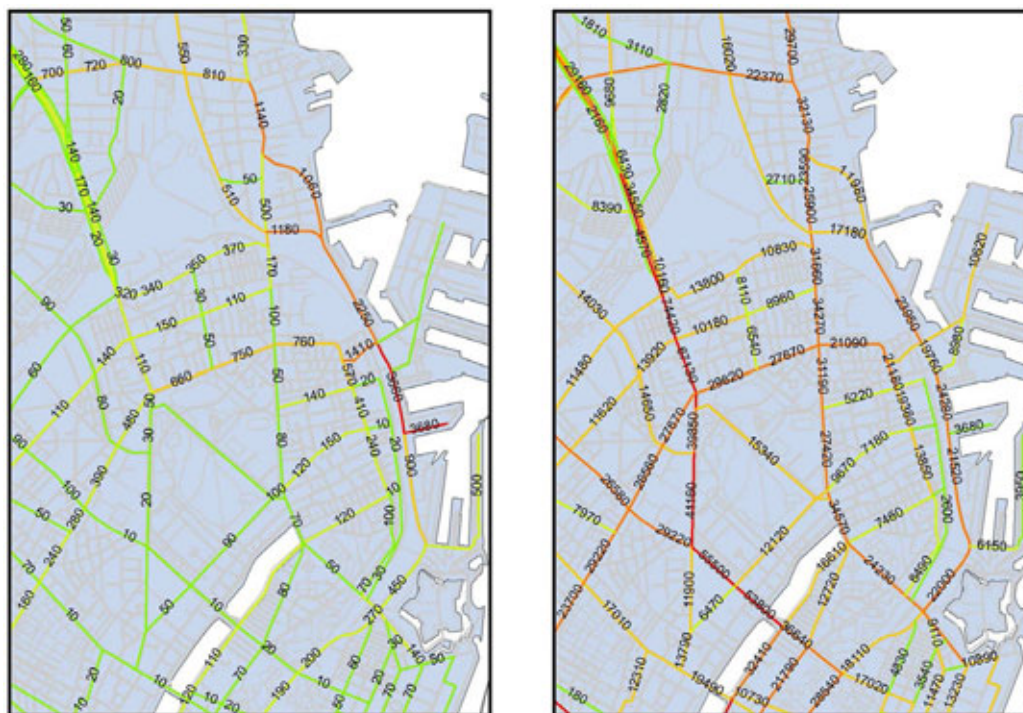
7.1.4 Trafikbelastning uden Nordhavnsvej

Figur 11 viser trafikken til/fra Langeliniespidsen og Marmormolens fordeling på vejnettet, hvis Nordhavnsvej ikke er anlagt. Det fremgår, at ca. 85 % af biltrafikken søger mod nord ad Kalkbrænderihavnsvej, 33 % af trafikken søger mod Østerbro ad Vordingborggade.

Ca. 2.200 biler kører mod nord ad Kalkbrænderihavnsvej og fortsætter ad Strandvænget og Strandpromenaden. 1.100 biler genfindes på Strandvejen nord for Strandøre, disse fortsætter langs Strandvejen mod nord og ad Tuborgvej mod Helsingør-motorvejen.

Den samlede trafik på vejnettet efter udbygningen af Marmormolen og Langelinie ses til højre på Figur 11. Det fremgår, at trafikken på Kalkbrænderihavnsvej øges til ca. 24.300 køretøjer nord for Marmormolen og ca. 21.500 køretøjer syd for. Dette svarer til en stigning på hhv. ca. 15 % og 2 %.

På Indiakaj kan trafikken forventes at stige fra ca. 5.600 biler til 6.100 biler pr. døgn, hvilket svarer til en stigning på ca. 8 %. Tilsvarende en stigning på ca. 14 % på Langelinie Alle.



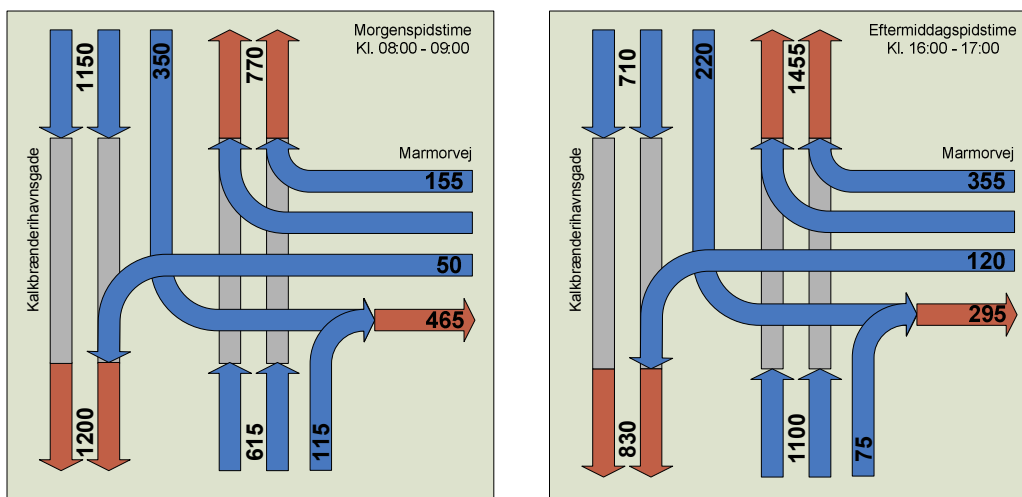
Figur 11: tv.) Marmormoletrafikens fordeling på vejnettet. th.) Den samlede trafik på vejnettet. Alle tal angiver hverdagsdøgntrafik i 2018.

7.1.5 Trafikafvikling ved Marmorvej

Trafikafviklingen i krydset Kalkbrænderihavnsgade og Marmorvej er beregnet med Dankap. Der er taget udgangspunkt i situationen, hvor Nordhavnsvej er etableret, idet det er ved denne situation at der er mest trafik på Kalkbrænderihavnsgade. Kapacitetsberegningerne er foretaget på baggrund af meget konservative forventninger til trafikanternes fordeling i myldretiden.

Trafikstrømmene i krydset domineres af de nord- og sydgående strømme på Kalkbrænderihavnsgade, samt en betydelig mindre strøm mellem Marmorvej og Kalkbrænderihavnsgade. I spidstimerne er trafikafviklingen vanskelig at afvikle optimalt uden forsinkelser.

På Figur 12 ses trafikstrømmene i spidstimerne. Baseret på strømmenes størrelse er det nødvendigt at etablere bundent venstresving fra nord mod Marmorvej, for at sikre en effektiv trafikafvikling i morgenspidstimen, hvor størstedelen af køretøjerne ankommer. I eftermiddagsspidstimen, hvor størstedelen af trafikken forlader området sikrer et bundne dobbelte højresving at ind og udkørsel fra hotellet ikke forhindres ved tilbagestuvning.



Figur 12: Krydsets udformning og trafikstrømmene hhv. i morgen- og eftermiddagsspidstimen

Sammenholdes belastning med forsinkelse og gens. kølængde, identificeres strømme som ikke afvikles optimalt. I morgenspidstimen findes den største konflikt mellem den nordgående strøm og den venstresvingende strøm fra nord. Af kølængderne fremgår, at kølængden fra nord mod Marmorvej i 5 % af tiden kan opnå en længde på ca. 84 meter. Dette må anses for en kritisk længde i det køen kan forhindre afviklingen af trafikken mod syd.

Tabel 10: Kapacitetsberegninger for krydset Kalkbrænderihavnsgade/Marmorvej i morgen-spiddstimen, beregnet i Dankap

Morgen	Krydset		Est. trafik	Belastning	Forsinkelse	Køtlængde			
	Spor	Grøntid sek				sek/veh	veh Gennemsnit	m	veh 95% kvantil
Fra syd									
Ligeud	2	26	1225	0.5	17	6	42	11	77
Højre	1	26	75	0.3	16	3	21	5	35
Fra nord									
Ligeud	2	60	1020	0.4	1	5	35	9	63
venstre	1	27	230	0.63	19	7	49	12	84
Fra øst									
Højre	2	33	485	0.1	10	1	7	1	7
Venstre	1	6	165	0.37	42	2	14	3	21

I eftermiddagsspiddstimen ses en betydelig køtlængde fra syd. Denne skal dog sammenholdes med forsinkelsen som køretøjerne påføres. Fra Marmorvej ses en betydelig kø som i perioder vil strække sig forbi hotellets ud- og indkørsel. Idet dankap beregner uendelig lange svingspor, må det forventes at værdierne for Marmorvej i dette tilfælde er for optimistiske.

Tabel 11: Kapacitetsberegninger for krydset Kalkbrænderihavnsgade/Marmorvej i eftermiddagsspiddstimen, beregnet i Dankap

Eftermiddag	Krydset		Est. trafik	Belastning	Forsinkelse	Køtlængde			
	Spor	Grøntid sek				sek/veh	veh Gennemsnit	m	veh 95% kvantil
Fra syd									
Ligeud	2	37	1225	0.61	9	10	70	16	112
Højre	1	37	75	0.15	8	2	14	3	21
Fra nord									
Ligeud	2	58	1020	0.26	0	3	21	6	42
venstre	1	14	230	0.74	41	5	35	9	63
Fra øst									
Højre	2	22	485	0.29	19	3	21	6	42
Venstre	1	8	165	0.66	53	3	21	6	42

I Highway Capacity manual beskrives serviceniveauet for biltrafik i signalreguleret kryds med en forsinkelse på 35-55 sek. som D, hvilket betegnes som tilfredsstillende i myldretiden i byområder.

De beregnede serviceniveauer baseret på Vejdirektoratets forsinkelsesbeskrivelse fremgår af Tabel 12.

Tabel 12: Definition af serviceniveau i kryds

Middelventetid (sek./køretøj)	Serviceniveau	Forsinkelsesbeskrivelse
0 - 11,9	A	Næsten ingen forsinkelse
12 - 17,9	B	Begyndende forsinkelse
18 - 23,9	C	Ringe forsinkelse
24 - 35,9	D	Nogen forsinkelse
36 - 71,9	E	Stor forsinkelse
72 - ∞	F	Meget stor forsinkelse (sammenbrud)

Det understreges, at middelværdierne er en beregningsværdi for en gennemsnitlig ventetid for alle bilister i krydset. Nogle bilister vil opleve en ventetid lavere end gennemsnittet, og nogle vil opleve en højere ventetid.

Erfaringsmæssigt vurderes C, som et tilfredsstillende serviceniveau i et kryds. Så afvikles trafikken uden væsentlige forsinkelser. I nærværende er beregningerne foretaget på spidstimetrafik i et byområde, derfor vurderes serviceniveau D umiddelbart som acceptabelt.

Har et kryds serviceniveau E, er krydset hårdt belastet og derfor meget følsomt overfor variationer i trafikken. Er trafikken i en periode bare lidt højere end gennemsnitligt i eftermiddagsspidstimen, kan det medføre u hensigtsmæssige kødannelser. Jo længere tid trafikken er over gennemsnittet, jo større bliver problemerne.

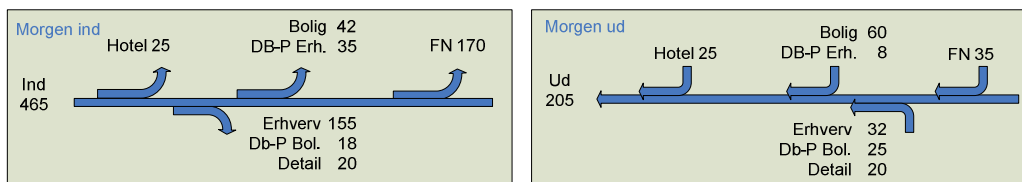
Resultaterne af kapacitetsberegningerne viser, at serviceniveauet i krydset mellem Marmorvej og Kalkbrænderihavnsgade vil være lavt i myldretiden. Afviklingen i krydset vil være følsom overfor små udsving i trafikens fordeling.

Den øgede trafikbelastning i krydset Kalkbrænderihavnsgade og Indiakaj forventes ikke at give anledning til betydelig forringelse af trafikafviklingen i krydset. Den øgede trafik på det interne vejsystem vurderes at kunne afvikles uden køproblemer i spidstimerne, men man vil få en oplevelse af øget trafik i området. Trafikken på specielt Langelinievej er om sommeren stærkt påvirket af krydstogtskibenes tilstedeværelse.

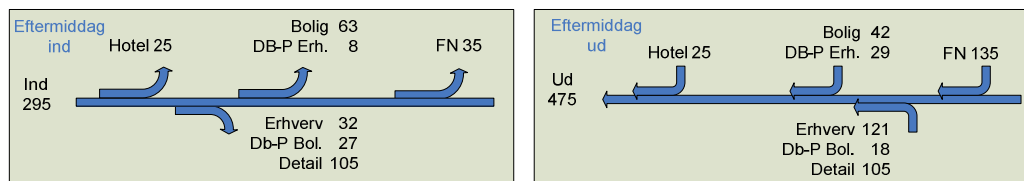
7.1.6 Biltrafikken internt på Marmormolen

Trafikken internt på Marmormolen fordeles mellem de enkelte ind- og udkørsler som vist på Figur 13 og Figur 14. Der er her taget hensyn til dobbeltparkering i bolig- og erhvervsparkeringen på figurerne under.

Hotel og FN parkerer i egne anlæg. I boligparkeringen parkerer 70 % af boligparkanterne og 19 % af erhvervsparkanterne. I Erhvervsparkeringen parkerer 81 % af Erhvervsparkanterne, 30 % af Boligparkanterne og alle detailparkanterne. Værdierne for dobbeltudnyttelse er baseret på forholdet mellem turgeneration, kapaciteter i parkeringshuset/kælderen.



Figur 13: Morgenspidstimetrafikken fordeling på Marmormolen



Figur 14: Eftermiddagsspidsstimetrafikken fordeling internt på Marmormolen

- **Hotellet**

Ind og udkørsel fra hotellet kan i morgenspidstimen forventes at forløbe uden problemer. I eftermiddagsspidsstimen vil tilbagestuvning fra krydset på Kalkbrænderihavnsgade kunne hindre ind og udkørsel fra hotellet.

- **Boligparkeringen**

Ind og udkørsel fra parkeringskælderen, påvirkes dels af beboerne, men også af den andel af erhvervsparkerer, der udnytter tomme parkeringspladser i p-kælderen.

- **FN-parkeringen**

FN-parkeringskælderen påvirkes af store forskelle mellem ind og udkørende parkanter. Om morgenen er indstrømmen størst, mens det modsatte er gældende om eftermiddagen.

- **Erhvervsparkeringen**

Ved fordeling af trafikken mellem ind og udkørsler er det vurderet at trafikken fordele sig med ca. 2/3 på ind- og udkørslerne nærmest Kalkbrænderihavnsgade.

7.2 Kollektiv og cykel trafik

Københavns Kommune har som målsætning at personturerne i de indre dele af byen skal fordeles med 1/3-del biltrafik, 1/3-del kollektiv trafik og 1/3 let trafik. Den forholdsvis lave p-norm på området kombineret med tilgængeligheden til kollektiv trafik underbygger denne målsætning. Derudover kan andre trafikpolitiske tiltag i København eller på landsplan yderligere underbygge målsætningen. Hertil skal nævnes parkeringsafgifter, road-pricing.

7.3 Øvrig trafik

Marmormolen vil indeholde en stor andel af serviceerhverv samt hotel. Sammensætningen af erhvervet kan medføre en del taxa- og turistbuskørsel. Dette er ikke medtaget ovenstående beregning af biltrafik til/fra Marmormolen.

Det vurderes imidlertid at omfanget af denne øvrige trafik vil være begrænset i forhold den samlede biltrafik til/fra området.

7.4 Trafikarbejde

Trafikarbejdet udtrykker antallet af kørte km. Med udgangspunkt i resulterne fra trafikmodelberegningerne kan det samlede trafikarbejde med bil i Regionen samt for den nygenerede trafik beregnes. De trafikmængder, der indgår i beregningerne inkluderer en udbygning 600.000 etagemeter på Nordhavn både i basissituationen

uden udbygning af Marmormole samt for projektforslaget desuden er Nordhavnsvej forudsat anlagt.

Tabel 13 viser trafikarbejdet med bil i modelområdet. Trafikarbejdet er beregnet til at 15 mio. km. pr. år for trafikken til/fra projektforslaget. Dette svarer til en gennemsnitlig rejselængde på 11 km. pr. biltur. Udbygning af Marmormolen samt Langeliniespidsen medfører således at trafikarbejdet stiger med 0,1 % i Regionen.

Tabel 13: Trafikarbejde (mio. km. pr. år)

Samlet trafikarbejde (mio. km. pr år)	
Basis	14.135
Projektforslag	14.152
Trafikarbejde (mio. km. pr år)	
Marmormolen og Langeliniespidsen	17

Anlæg af Nordhavnsvej medfører kun små ændringer i det samlede trafikarbejde i Regionen. Konsekvenserne for trafikarbejdet uden anlæg af Nordhavnsvej er ikke nærmere belyst i nærværende.

7.5 Trafiksikkerhed

Der er nær sammenhæng mellem på den ene side vejtype, trafikmængde og hastighed og på den side antallet af trafikuheld.

På baggrund af den koordinerede uheldsstatistik er sammenhængen mellem uheldstallet, vejtype, trafikmængde og omgivelsesdata opstillet ved de såkaldte AP-værdier. De kryds- og strækningstyper ap-modellerne baseres på er kategoriseret efter randbebyggelsen, antallet af sideveje, antal ben og kanaliseringer i krydsene samt om krydsene er signalregulerede eller ej. Ved at sammenholde trafikmængden på strækninger og kryds kan antallet af uheld med personskade beregnes for en fremtidig situation.

7.5.1 Uheld i Krydset Kalkbrænderihavnsgade – Marmorvej

Antallet af uheld i kryds er bestemt ud fra trafikmængdernes størrelse og krydssets udformning og placering.

Antallet af personuheld er beregnet til 0,22 uheld pr. år. Det vil sige at det er beregnet at der i gennemsnit kan forventes 1 uheld med personskade hvert 4.-5. år.

Mens antallet af person- og materielskadeuheld er beregnet til 0,72 uheld pr. år.

7.6 Barriereeffekt

Den trafikale barriere kan defineres som *den begrænsning en vej udgør i menneskers mulighed for at bevæge sig frit*. Barrieren afhænger bl.a. trafikmængde, andel lastbiler og kørehastigheden.

Barrieren ved at krydse Kalkbrænderihavnsvej er som følge af den tætte trafik *uovervindelig* på den fri strækning. Krydsning af strækningen vil derfor kun kunne ske i sikre krydsninger (signalanlæg, fodgængerfelter) eller niveaufrit. Den ændring i trafikmængden udbygningen af Marmormolen og Langeliniespidsen vil medføre, vil ikke betyde mærkbare ændringer i den trafikale barriere.

Barriereeffekten på Marmorvej vil hovedsagelig bestå af den barriere fodgængere vil opleve ved krydsning af Marmorvej. Der er i skitseforslaget lavet to krydsningsområder på strækningen, hvilket er med til at reducere barriereeffekten.

Ændringen i trafikmængden på Indiakaj og Langelinie Alle vil ikke medføre betydelige ændringer i den trafikale barriere.

7.7 Støjberegninger

Udbygningen af Marmormolen samt Langeliniespidsen medfører øget biltrafik i området. Dette vil give anledning til en ændret støjbelastning i området.

De væsentlige parametre, der har betydning for støjniveauet på et givet sted kan opdeles i tre forskellige typer.

- De første parametre er trafikmængde, trafiksammensætning og hastighed, som karakteriserer støjilden.
- Den anden type af parametre karakteriserer omgivelserne, refleksion, afstand og terrænoverflade samt eventuel afskærmning og har betydning for udbredelsen af støjen og dermed for støjniveauet hos modtageren.
- Endeligt har de meteorologiske forhold over større afstande stor betydning for udbredelsen af støjen.

Det menneskelige øre kan høre forskelle på 2-3 dB. Den mindste ændring, det menneskelige øre kan opfatte, er en ændring på 1 dB, og kun når de to lydniveauer sammenlignes umiddelbart efter hinanden.

I nedenstående tabel er vist eksempler på ændringen i støjbelastningen som følge af ændringer i trafikmængde. Ændringen i støjen som følge af ændring i trafikmængden viser at en fordobling af trafikken medfører en forøgelse på 3,0 dB:

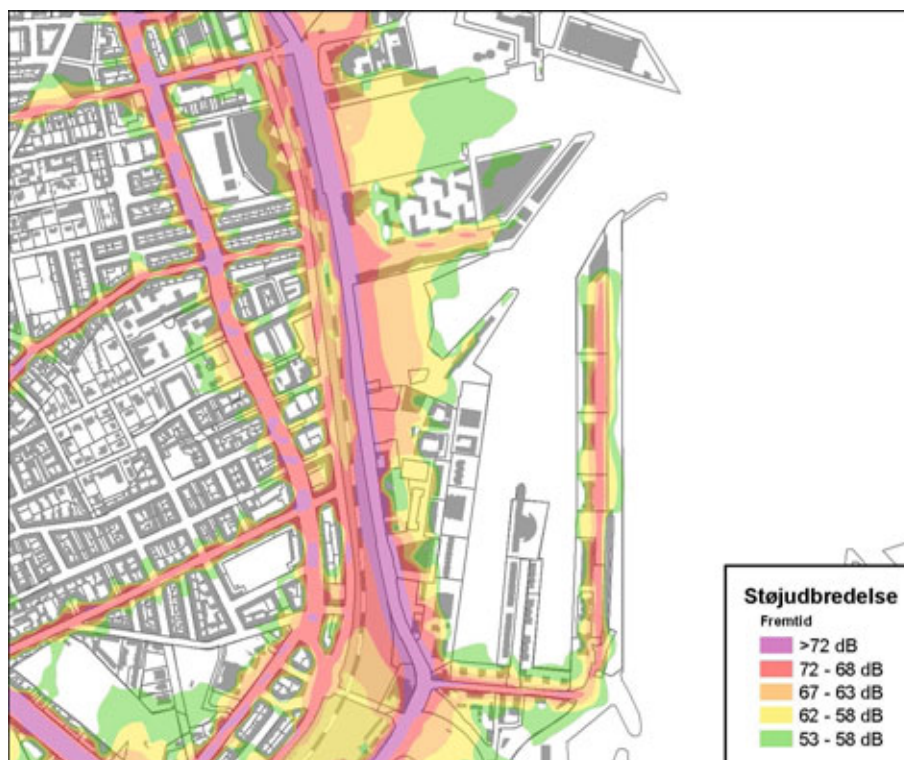
Ændring i trafikmængde	Ændring i støj
25 %	0,9 dB
50 %	1,7 dB
100 %	3,0 dB

Støjbelastningen fra vejtrafikken er beregnet for fremtidsscenariets trafikbelastning, hvor Nordhavnen er udbygget med 600.000 etm. og hvor den genererede trafik fra Marmormolen og Langelinie er tillagt vejnettet. På Marmormolen og Langeliniespidsen er indlagt de forventede bygningskroppe for udbygningerne som erstatning for de eksisterende. Desuden er Nordhavnsvej forudsat anlagt som Vejforslag A.

Figur 15 viser den beregnede trafikstøj i højden 1,5 m over terræn. Resultatet af støjberegningerne er præsenteret grafisk som kort, der viser støjzoner i intervallerne 53-58 dB, 58-63 dB, 63-68 dB, 68-72 dB og > 72 dB.

På Figur 16 er optegnet ændringen i støjbelastningen fra basissituationen til projektforslaget. Det fremgår, at den øgede trafikbelastning på Marmormolen giver anledning til et øget støjniveau på Marmormolen.

Det fremgår endvidere, at der beregnet et fald i støjbelastningen på en del af arealet øst for Marmormolen, f.eks. i Nordbassinet. Faldet skyldes, at den afskærmende effekt de store og høje bygningskroppe har overstiger den forøgelse i støj ekstratrafikken medfører.



Figur 15: Støjzoner ved projektforslaget, angivet som støjniveau 1,5 m. over terræn



Figur 16: Ændringen i støjbelastningen i 1 dB-intervaller.

Den øgede trafikmængde på vejnettet udbygningen af Marmormolen samt Langelinierspidsen giver anledning til er så lille (mindre end 10 % i værste tilfælde) at det ikke vil resultere i hørbare ændringer i støjniveaue i områderne udenfor Marmormolen.

Trafikmængderne uden anlæg af Nordhavnsvej giver ikke anledning til ændring af ovenstående konklusioner.

7.8 Luftforurening og klima

Luftforureningen fra vejtrafikken kan medføre både lokal, regional og global påvirkning af miljøet. Lokalt og regionalt har luftforureningen betydning for menneskers og planters sundhed og globalt i form af klimapåvirkninger. Emissionerne fra vejtrafikken er afhængige af trafikmængde, hastighed og sammensætning af køretøjer på de enkelte strækninger.

7.8.1 Lokal påvirkning

Lokalt vil biltrafikken medføre øget emission af bl.a. NO_x og partikler. Områdets åbne karakter vil dog give gode spredningsforhold, hvorfor grænseværdierne ikke overskrides.

7.8.2 Regional og global påvirkning

Luftforureningen fra vejtrafikken er beregnet for Regionen som de samlede emissioner af de betragtede luftforureningskomponenter i tons pr. år. I Tabel 14 er angivet det samlede energiforbrug samt CO₂ udslip for den trafik der genereres ved projektet. Tabel 15 indeholder opgørelser af det samlede CO, NO_x, partikler, VOC og SO₂-udslip for den trafik der genereres ved projektet.

Tabel 14: Energiforbrug (GJ pr. år) og CO₂-udslip (tons pr. år)

	Basis 2018	Projektforslag	Ændring
Energiforbrug (GJ pr. år)	38.265	38.300	35
CO ₂ -udslip (tons pr. år)	2.807.150	2.809.750	2.600

Tabel 15: Udslip af skadelige stoffer (tons pr. år)

	Basis 2018	Projektforslag	Ændring
CO (tons pr. år)	19.480	19.506	26
NO _x (tons pr. år)	4.096	4.100	4
Partikler (PM10) (tons pr. år)	124	124	0
VOC (tons pr. år)	897	898	1
SO ₂ (tons pr. år)	144	144	0

Anlæg af Nordhavnsvej medfører kun små ændringer i det samlede energiforbrug og udslip af luftforurende stoffer i Regionen. Konsekvenserne i udslip af luftforurende stoffer uden anlæg af Nordhavnsvej er ikke nærmere belyst i nærværende.

7.9 Afværgesforanstaltninger

For at opnå tilfredsstillende og sikker afvikling af trafikken bør etableringen af adgangsvejen til Marmormolen samt vejanlæggene internt på Marmormolen undergå en trafiksikkerhedsrevision for at sikre en optimal trafiksikkerhed for alle trafikantgrupper samt reducere uheldstallet til et minimum.

For at sikre en optimal afvikling bør krydset Kalkbrænderihavnsvej og Marmorvej etableres med en adaptiv signalgruppeplan som kan tage højde for kritiske kølængder.

I forbindelse med anlæg af Nordhavnsvej planlægges etableret et ITS-anlæg på strækningen samt de tilstødende veje. ITS-anlægget skal bl.a. sikre at de opretholdes en optimal trafikafvikling på Nordhavnsvej samt det omkringliggende vejnet.

7.10 Overvågning

Ved hjælp af det planlagte ITS-system kan trafikens omfang og afvikling og trafikens udvikling på bl.a. Nordhavnsvej og det omkringliggende vejnet overvåges.

Trafiksikkerheden og dermed antallet af trafikuheld følges af Københavns Kommune.

Københavns Kommune foretager løbende registrering og kortlægning af støjbelastningen på boliger, institutioner, rekreative arealer mv. udsat for trafikstøj med henblik på at kunne vurdere behovet for at iværksætte afhjælpende støjreducerende foranstaltninger.

Luftkvaliteten i Københavns overvåges løbende ved målinger af DMU på nogle af de mest trafikbelastede strækninger i København, herved kan den generelle udvikling i luftkvaliteten på kommunens vejnet følges.

8. Manglende viden

Generelt er vurderingerne af de trafikale konsekvenser (mængder, sikkerhed, støj og luftforurening) af vejen baseret på trafikmodelberegninger. En trafikmodel er en tilpasset afbildning af virkeligheden. Beregningerne af den fremtidige trafik er derfor behæftet med en vis usikkerhed. I modellen opstilles en række mere eller mindre usikre forudsætninger omkring byudvikling, trafikafvikling, kapacitet og rutevalg mv. som alle er med til at skabe grundlaget for beregningerne af den fremtidige trafik.

Der er foretaget et groft skøn over antallet af lastvogne, der skal borttransportere jord og affald eller bringe materialer til byggepladserne i anlægsfasen. Opgørelsen danner grundlag for vurdering af emissioner mv. Skønnet af antallet af transporter er fastsat på et tidspunkt, hvor projektets endelige omfang og realisering endnu ikke er fastlagt.

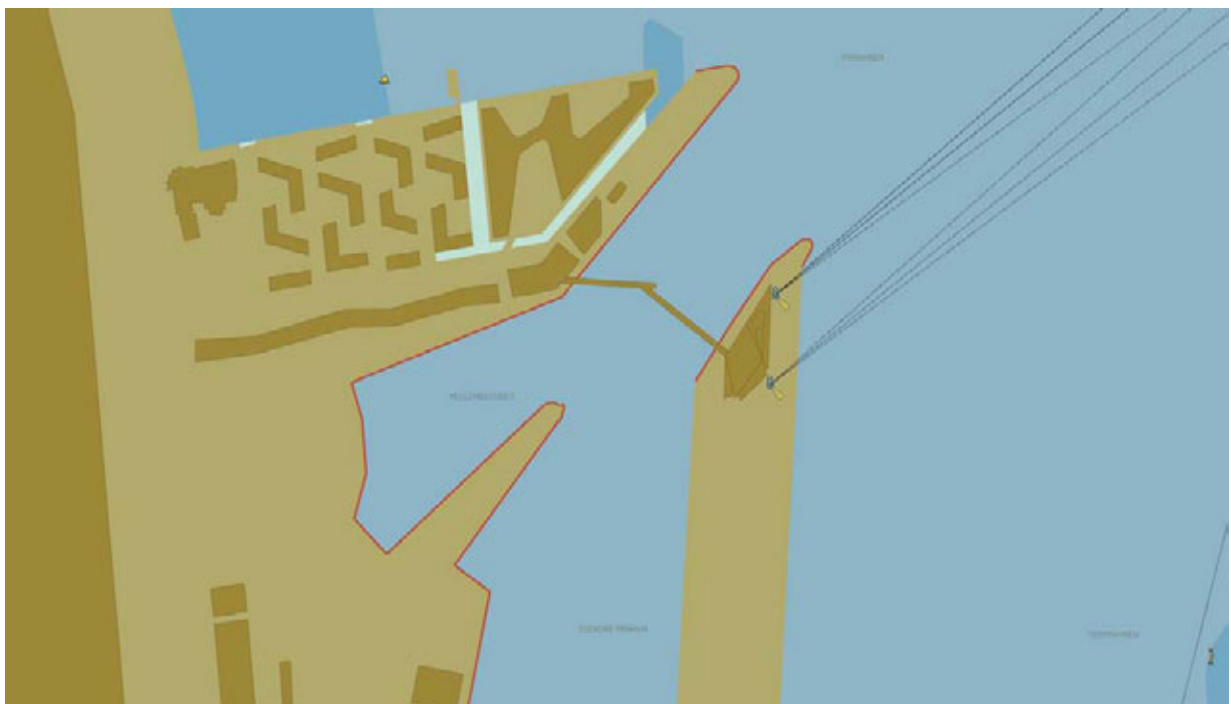
Da disse lastbiltransporter udgør en relativt beskeden del af den samlede trafik på de overordnede veje, spiller usikkerheden ved fastsættelsen af kørselsmængder kun en mindre rolle ved vurderingen af trafikafviklingen. Derimod kan det i relation til en vurdering af forholdene på lokalveje og veje, hvor man i øvrigt ønsker at begrænse den tunge trafik, være ønskeligt at få en mere præcis vurdering af kørselsomfanget.

By & Havn
Marmormolen

Undersøgelse af besejling af Københavns Havn. Evaluering af indflydelse fra ny bygning på ma- nøvrering.

FORCE 108-33868

Rapport nr.1 (2009-03-05)



FORCE TECHNOLOGY

Projekt Nr. og Rapport titel:

FORCE 108-33868

**Undersøgelse af besejling af Københavns Havn.
Evaluering af indflydelse fra ny bygning på ma-
nøvrering.**

Rapport nr. 1

Kontrolleret kopi Nr.

Kunde:

By&Havn

Kundens Ref.:

Hr. Hans Vasehus Madsen

Forfatter(e):

Niels Arndal og Christer Ström

Dato: 2009-03-05

Godkendt af:



1.0	Final version	NIA	PKS	PKS	05-03-09
Revision	Beskrivelse	Af	Checket	Godkendt	Dato

Nøgleord:

Undersøgelse af besejling af Københavns Havn ved Marmormolen under indflydelse af 2 nye bygninger (Tårne). Der anvendes 3 skibe (2 Færger og 1 Ro-Ro skib)

Klassifikation:

Åben

Intern

Konfidentiel

Indholdsfortegnelse	Side
1. Introduktion	1
1.1 Formål	1
2.0 Resume	2
3.0 Konklusioner og observationer	3
3.1 Observationer:	3
3.1.1 DFDS færge skib 3160 ("Oslo færge"):	3
3.1.2 Polens færge skib 3056 ("Polens færge"):	3
3.1.3 Ro-Ro skib 3297 ("Tor Magnolia"):	3
3.2 Konklusioner og anbefalinger.	3
3.2.1 Konklusioner generelt:	3
3.2.2 DFDS færge skib 3160 (Oslo færge):	3
3.2.3 Polens færge skib 3056 (Polens færge):	4
3.2.4 Ro-Ro skib "Tor Magnolia":	4
3.2.5 Anbefalinger generelt:	4
4.0 Simuleringer	5
4.1 Københavns Havn, Marmormolen	5
4.2 Manøvrer	5
4.3 Ændring af moler	5
5.0 Beskrivelse af Skibene	7
5.1 Færge, (Skib 3160), Oslo færge	7
5.2 Færge (Skib 3056), Polens færge	8
5.3 Ro-Ro (Skib 3297), "Tor magnolia"	9
6.0 Matematisk model af Københavns Havn, Marmormolen	10
6.1 Overview	10
6.2 Vanddybder	10
6.3 Land, mærker og ledelinier	10
6.4 Vind	10
6.5 Strøm	10
7.0 Beskrivelse af full-mission Simulator	12
7.1 Simuleringsprocedure, Bro "B"	12
8.0 Dokumentation af Simuleringerne	13
8.1 Geografiske plot af løbene	13
Appendiks A: Plots	
Appendiks B: Skibsbeskrivelser	
Appendiks C: Områdebeskrivelse	
Appendiks D: Vindbeskrivelse	

1. Introduktion

Denne rapport beskriver de simuleringer, som blev udført hos FORCE Technology, Divisionen for Maritim Industri (DMI), fra den 16. februar 2009 til den 18. februar 2009 for By & Havn.

1.1 Formål

- Formålet med simuleringerne var at evaluere besejlingen af havnen ved Marmormolen under indflydelse af 2 nye bygninger (tårne).
- Formålet var desuden, at finde de operationelle grænser for besejlingen af lejerne under 4 forskellige vindretninger (V, Ø, NV, SØ).
- Der blev sejlet med:
 - Skib 3056, Færge, (121.0 m x 21.5 m x 5.15 m/5.15 m)
 - Skib 3160, Færge, (209.7 m x 27.6 m x 6.35 m/6.35 m)
 - Skib 3297, Ro-Ro, (199.8 m x 26.5 m x 7.70 m/7.70 m)

2.0 Resume

Der blev udført simuleringer i 3 dage hos FORCE Technology i Lyngby.

Databasen blev udviklet på grundlag af oplysninger fra By & Havn, Leif Hansen Rådgivende Ingeniører A/S, Vindtunnel målinger fra FORCE Technology og ud fra oplysninger fra eksisterende søkort.

Der blev i alt foretaget 44 sejladser, heraf 1 uden vind og strøm. Der blev simuleret med vind fra Øst, Nordvest, Sydøst og Øst. Der blev simuleret med nordgående og sydgående strøm afhængig af vindens retning.

Vindretningerne, som blev brugt under simuleringerne, er blevet valgt ud fra kriteriet om, at de skulle repræsentere de værst tænkelige for skibet under ankomst eller afgang fra havnen og/eller hyppigst forekommende. Vinden rundt om bygningerne blev målt i FORCE Technology's vindtunnel for de 4 retninger og indlagt i simulatoren.

Der var under simuleringerne mulighed for, at alle kunne komme med deres input / holdninger til de valgte scenarier. Lodserne/Kaptajnerne udfyldte efter hvert løb et skema med kommentarer for det netop udførte løb. Dette skulle give et godt grundlag for fælles accepterede konklusioner. Efter dagens simuleringer blev der opsummeret og konkluderet på sejladserne.

Der var slæbebåde til rådighed under sejladserne.

Følgende deltog i simuleringerne:

Christian Hansen	Lods	DanPilot
Keld Jørgensen	Lods	DanPilot
Poul Erik Toftehøj	Kaptajn	DFDS
Freddy Damgaard	Kaptajn	DFDS
Slawomir Lecki	Kaptajn	Polferries
Christer Ström	Chef Instruktør	FORCE – DMI
Niels Arndal	Senior Projektleder	FORCE – DMI



Fig. 2.1 Situation fra simuleringerne

3.0 Konklusioner og observationer

Konklusionerne er kun relateret til de simulerede skibe under de simulerede vejrforhold. Alle vindhastigheder i rapporten er såkaldt "simulatorvind". Simulatorvind svarer til vind i 10 m højde over en periode på 10 min. Diskussion af simulatorvind/real vind er angivet i Appendiks D. Konklusion og anbefalinger bygger på et begrænset antal simuleringer.

3.1 Observationer:

3.1.1 DFDS færge skib 3160 ("Oslo færge"):

Der er fortaget 14 simuleringer med denne færge.

Indsejling foretages gennem passage af de ydre moler, vending i bassinet ved Langeliniekaen hvorefter der bakkes ind til Oslo færgelejet. Ved afgang sejles der direkte fra lejet og ud gennem molerne.

3.1.2 Polens færge skib 3056 ("Polens færge"):

Der fortaget 19 simuleringer med denne færge.

Indsejling foretages gennem passage af de ydre moler, vending i bassinet ved Langeliniekaen hvorefter der bakkes ind til Polens færgeleje. Ved afgang sejles der direkte fra lejet og ud gennem molerne.

3.1.3 Ro-Ro skib 3297 ("Tor Magnolia"):

Der fortaget 11 simuleringer med dette Ro-Ro skib.

Indsejling foretages gennem passage af de ydre moler, vending i bassinet ved Langeliniekaen hvorefter der bakkes ind til Ro-Ro lejet. Ved afgang sejles der direkte fra lejet og ud gennem molerne.

3.2 Konklusioner og anbefalinger.

3.2.1 Konklusioner generelt:

Passage af bygningerne er ikke et problem, idet den del af sejladsen kan håndteres både ved ankomst og afgang.

Den forlængede mole skaber ingen problemer, men Kaptajnerne skal være opmærksom på at den er der.

Overalt for alle skibe kan der sejles forbi bygningerne ved vindhastigheder svarende til, hvad der gøres i dag.

Strategien for ankomst og afgang skal måske ændres men dette er ikke anderledes end hvis der skulle flyttes til nyt leje. Bygningerne bliver ikke bygget "over night", hvilket betyder at Kaptajnerne gradvist vil kunne forme den nye strategi og vænne sig til forholdene efterhånden som bygningsarbejdet skrider frem.

3.2.2 DFDS færge skib 3160 (Oslo færge):

Vindbegrænsninger for dette skib er 13 m/s for alle testede retninger.

3.2.3 Polens færge skib 3056 (Polens færge):

Vindbegrænsninger for dette skib er 18 m/s for alle testede retninger.

3.2.4 Ro-Ro skib "Tor Magnolia":

Vindbegrænsninger for dette skib er 15 m/s for alle testede retninger lettest for E og W.

3.2.5 Anbefalinger generelt

Det anbefales at hjørnet på "Marmormolen" affændres eller der laves en Duc'albe, således, at de kan bruges til at lægge an på, hvis det skulle blive nødvendigt. Se nedenstående figur.



Fig. 3.1 Affændring eller Duc'albe på hjørne af Marmormole

4.0 Simuleringer

4.1 Københavns Havn, Marmormolen

Området omkring Marmormolen vil være ramme for den kommende FN-By i København. Marmormolen og spidsen af Langelinie udbygges med i alt op til 200.000 m², hvoraf de 30.000 m² etageareal er beliggende på Langelinie. Den nye plan for Marmormolen giver Østerbro en helt ny adgang til havn og vand.

Marmormolen, Marmorvej og Marmorkaj er opkaldt efter Den Ankerske Marmorforretning, der etablerede sig i 1895 som den første industrivirksomhed i Frihavnen. Virksomheden videreføres i dag under navnet Stenex ved spidsen af Marmorkaj. Det meste af marmorværket blev dog ryddet i 1980'erne.

Molen rummer i dag et verdenslager for FN's børnehjælpsorganisation UNICEF. Lageret bruges også af en række andre FN organisationer. Molen rummer også Lodsstation.



Fig. 4.1 Fra simulator.

4.2 Manøvrer

Der blev udført simuleringer i vindhastigheder fra 0 til 15 m/s fra retningerne W, E, NW og SE. Strømmen var op til 2 knob.

Ved ankomst svajer skibene ud for "Redmolen" hvorefter de bakker ind til deres respektive lejre.

Ved afsejling sejles der ret ud, som der altid gøres idet der ikke noteredes nogen stor forskel på om bygningerne er der eller ikke.

4.3 Ændring af moler

I det nye layout af Marmormolen er molen blevet forlænget i forhold til den gamle mole, således at den strækker sig længere op mod "Redmolen".

Se nedenstående figur.



Fig. 4.2 Nye mole i forhold til den gamle mole (sort linie).

5.0 Beskrivelse af Skibene

Skibene til simuleringerne er blevet udvalgt på baggrund af de færger og Ro-Ro skibe der be-sejler lejerne i dag i mellembasinet og udvalgt blandt tilgængelige skibe i FORCE Technology's store skibsdatabase. Beskrivelse af skibene og standardmanøvrer er vist i Appendiks B.

5.1 Færge, (Skib 3160), Oslo færge

Type of ship Condition Ship No.		Cruise Ferry Service 3160
Displacement	m ³	22961
Length between Perpendiculars	m	188.2
Length overall	m	209.7
Breadth moulded	m	27.6
Depth moulded	m	7.5
Draught fore/aft	m	6.35 / 6.35
Wetted Surface	m ²	5788
Frontal wind Area	m ²	850
Lateral wind Area	m ²	5772
Block Coefficient based on Lpp	-	0.696
Trim by the Stern	%	0
Metacentric Height	m	-5.1
LCB, % of LPP forw. of LPP/2	%	1.74
Radius of Inertia, % of LPP	%	25.0
Type of Engine		Diesel
Number of Propellers		2
Type of Propellers		CP
Direction of Rotation		Inwards
Number of Blades		4
Propeller Diameter	m	4.90
Distance from CL	m	6.00
Pitch Ratio at 0.7R		1.05
Area Ratio		0.55
Shaft Power (ahead) total	kW	2 x 5940
Number of Rudders		2
Type of Rudders		Rotor
Position		6.0 m from CL
Area of Rudder	m ²	16.9
100 x total rudder Area/LBP x T		2.83
Turning Velocity of Rudder (two Pumps)	deg/s	5.0
Max. rudder Angle	deg	70
Anchor Weight	kg	4650
Chain Weight	kg/m	134
Number of bow Thrusters		2
Nominal bow thruster Power	kW	2 x 1580 ~ 2 x 21 t
Number of stern Thrusters		0

5.2 Færge (Skib 3056), Polens færge

Type of ship Condition Ship No.		Ferry Service 3056
Displacement	m ³	7640
Length between Perpendiculars	m	109.0
Length overall	m	121.0
Breadth moulded	m	21.5
Depth moulded	m	6.50
Draught fore/aft	m	5.15 / 5.15
Wetted Surface	m ²	2499
Frontal wind Area	m ²	408.5
Lateral wind Area	m ²	1966
Block Coefficient based on Lpp	-	0.633
Trim by the Stern	%	0.0
Metacentric Height	m	2.52
LCB, % of LPP forw. of LPP/2	%	-2.48
Radius of Inertia, % of LPP	%	25
Type of Engine		Diesel
Number of Propellers		2
Type of Propellers		CP
Direction of Rotation		Inwards
Number of Blades		4
Propeller Diameter	m	3.05
Pitch Ratio at 0.7R		1.20
Area Ratio		0.55
Shaft Power (ahead) total	kW	2 x 8.500
Number of Rudders		2
Type of Rudders		Spade
Position		In slipstream
Area of Rudder	m ²	2 x 7.55
100 x total rudder Area/LBP x T		2.67
Turning Velocity of Rudder (two Pumps)	deg/s	2.33
Max. rudder Angle	deg	35
Anchor Weight	kg	434.2
Chain Weight	kg/m	91.7
Number of bow Thrusters		2
Nominal bow thruster Power	kW	2 x 750 ~ 2 x 10 t
Number of stern Thrusters		0

5.3 Ro-Ro (Skib 3297), "Tor magnolia"

Type of ship Condition Ship No.		RoRo Ship Loaded 3297
Displacement	m ³	22326
Length between Perpendiculars	m	190.29
Length overall	m	199.80
Breadth moulded	m	26.50
Depth moulded to upper Deck	m	16.95
Draught fore/aft	m	7.70/7.70
Wetted Surface	m ²	5600
Frontal wind Area	m ²	804
Lateral wind Area	m ²	4248
Block Coefficient	-	0.575
Trim by the Stern,	%	0
Metacentric Height	m	1.6
LCB, % of LPP forw. of LPP/2	%	-4.02
Radius of Inertia, % of LPP	%	25.0
Type of Engine		Diesel
Number of Propellers		1
Type of Propellers		CP
Direction of Rotation		Left Handed
Number of Blades		4
Propeller Diameter	m	6.10
Pitch Ratio at 0.7R		1.11
Area Ratio		0.55
Shaft Power (ahead) total	kW	20.070
Number of Rudders		1
Type of Rudders		Semi-spade, twisted
Position		Behind Propeller
Area of Rudder	m ²	19.17
100 x total rudder Area/LBP x T		2.02
Turning Velocity of Rudder (two Pumps)	deg/s	5.45
Max. rudder Angle	deg	45
Anchor Weight	kg	6029
Chain Weight	kg/m	125.9
Number of bow Thrusters		2
Nominal bow thruster Power	kW	2 x 1100 ~ 2 x 15 t
Number of stern Thrusters		2
Nominal stern thruster Power	kW	2 x 880 ~ 2 x 12 t

6.0 Matematisk model af Københavns Havn, Marmor- molen

Dette afsnit giver en generel beskrivelse af den matematiske model af Københavns Havn, Marmor-
molen.

6.1 Overview

Den matematiske beskrivelse af havnen er baseret på søkort og havnetegninger.

Beskrivelsen af havnen indeholder følgende:

- Landkonturer, moler, kajer
- Broer
- Vanddybder
- Strøm
- Bølger
- 3D grafisk definition

3D beskrivelsen er baseret på søkort og tegninger. Billeder er vist i Appendiks C.

6.2 Vanddybder

Vanddybder er i den matematiske model angivet som dybdepunkter, og programmet interpolerer mellem disse for at finde dybden på skibets position. Dybder kommer fra søkort og surveys for området. Det skal bemærkes at for Ro-Ro skibet blev der lagt 1 m til vandybden i kortet idet skibet ellers ville gå på grund pga. skibet dybgang.

Dybder er vist i Appendiks C.

6.3 Land, mærker og ledelinier

Land, mærker og ledelinier er taget fra søkort og havnekort.

Land, mærker og ledelinier er vist i Appendiks C. Den eksakte position af mærkerne er centreret på den lille figur, som har forskellig udseende som følge af type, farve og form.

6.4 Vind

Definitionen af vinden, som bliver brugt i simulatoren, er baseret på vindtunnel tests for skibene og er konverteret til en konstant vind, der virker på hele skibets vindareal. En detaljeret beskrivelse af vinddefinitionen findes i Appendiks D.

Der er desuden lavet vindkort for retningerne E, W, NW og SE. Disse vindkort er for Marmor-
molens vedkommende baseret på vindtunnelmålinger af vindens passage rundt om de nye bygninger (tårne). Se Appendiks C for vindkort for de 4 retninger.

6.5 Strøm

Strømmen i og ved Københavns Havn er skabt af vind og tidevand. Strømmen i simulatoren er lavet som et middelstrømskort, som det er muligt at skalere op og ned i forhold til de valgte konditioner. Strømmen er lavet på baggrund af oplysninger fra tidligere studier.

Strømfelterne er givet som et net af punkter med hastighed og retning.

Til simuleringerne var udarbejdet et strømkort med nordgående strøm (kommende fra SSØ) og et strømkort med sydgående strøm (kommende fra NØ). Denne kan i simulatoren skaleres op eller ned i hastighed.

Strøm er vist i Appendiks C.

7.0 Beskrivelse af full-mission Simulator

7.1 Simuleringsprocedure, Bro "B"

Simulatoren (Bro B), i nuværende 3D konfiguration, bliver betjent af navigatøren, som står inde på den opbyggede skibsbro (mock-up) foran en buet skærm, som viser et 140 graders udsyn gennem broens vinduer.

Simulatoren er udstyret med alle relevante instrumenter, der kan findes på en rigtig bro, herunder bl.a. radar, ekkolod, doppler log og gyrokompas. Baseret på de informationer, som navigatøren får, kan han kontrollere maskiner, ror og thrustere vha. analoge håndtag. Skibet vil bevæge sig i "real time" så responstider, bevægelser m.m. vil være korrekte.

En DMI operatør, placeret i kontrolrummet eller på broen giver informationer om vind, strøm, bølger til simulatoren. Han starter og stopper simuleringen, bestemmer skalaer for display, plots og print af resultater. Han kan også holde øje med simuleringen via videokameraer.

Hvis slæbebåde skal bruges, kan han ligeledes styre disse.

Alle simuleringer bliver logget elektronisk således, at de kan blive afspillet senere, sekund for sekund, hvorved det kan ses, hvad der er sket under simuleringerne. Dette inkluderer også tidsserier af et stort antal parametre såsom hastighed, rorvinkel, thrusters, propelleromdrejninger m.m. Dette giver mulighed for at undersøge hvert løb i detaljer på et senere tidspunkt.



8.0 Dokumentation af Simuleringerne

8.1 Geografiske plot af løbene

De simulerede løb er vist som plots i Appendiks A. Hvert plot indeholder landkonturer og dybdekurve svarende til 7.2 m. Herunder er vist en liste over udførte løb.

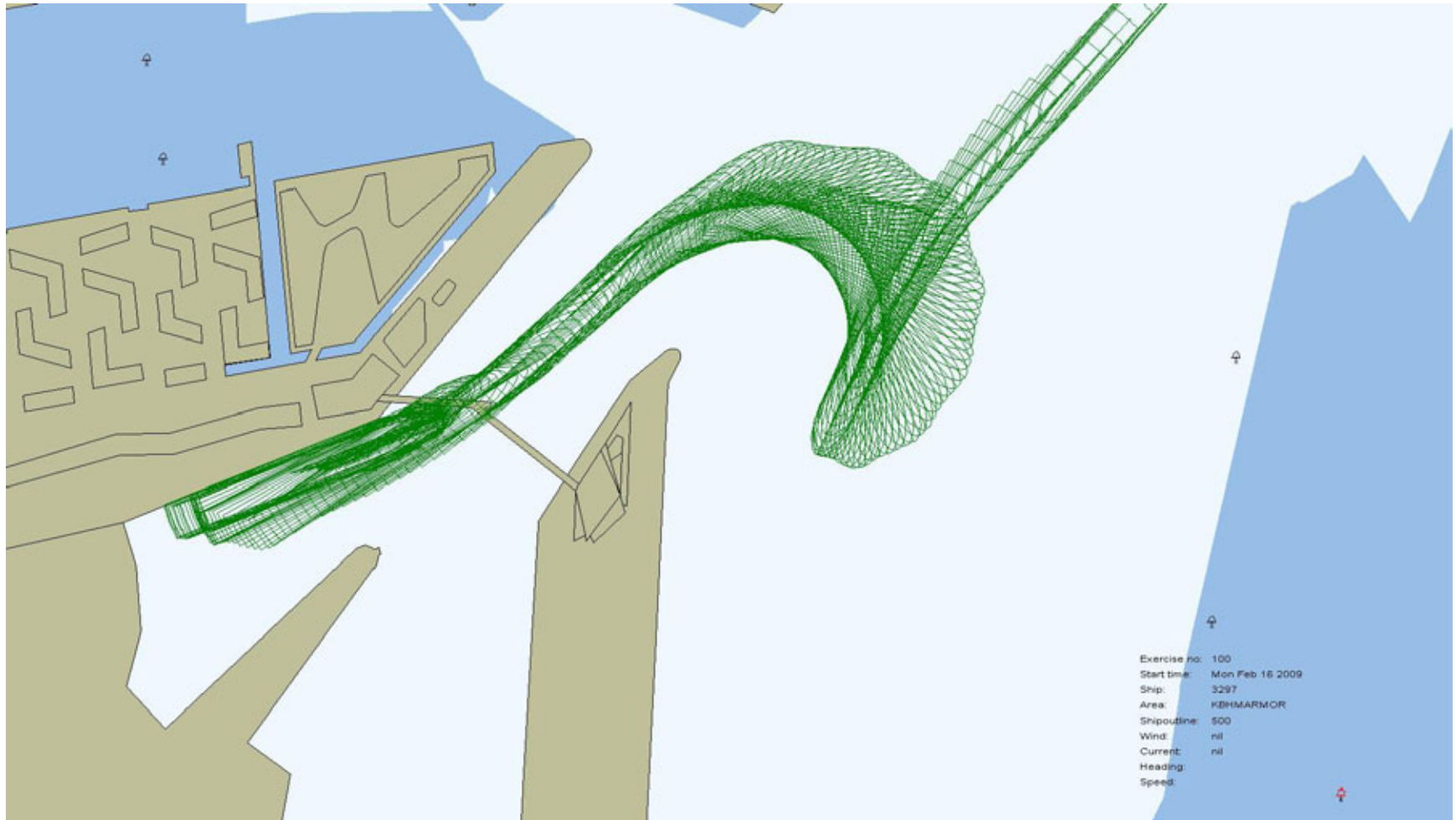
Run	Vind		Terminal	Skib	Remarks
Nr.:	Fra	Styrke m/s			
100	Nil	N/A	Ro-Ro	3297	
101	NW	10	Ro-Ro	3297	
102	NW	15	Ro-Ro	3297	
103	NW	18	Ro-Ro	3297	
103_1	NW	20	Ro-Ro	3297	One tug connected
104	SE	10	Ro-Ro	3297	
105	SE	15	Ro-Ro	3297	
106	SE	18	Ro-Ro	3297	
107	E	10	Ro-Ro	3297	
108	E	15	Ro-Ro	3297	
109	W	10	Ro-Ro	3297	
200	NW	6	DFDS	3160	
201	NW	10	DFDS	3160	
202_1	NW	15	DFDS	3160	
202_2	NW	15	DFDS	3160	Maskine brugte 4 x 6000 KW
203	NW	18	DFDS	3160	
204	SE	10	DFDS	3160	
205	SE	15	DFDS	3160	
206	SE	18	DFDS	3160	
207	E	10	DFDS	3160	
208	E	15	DFDS	3160	
209	W	15	DFDS	3160	
210	W	10	DFDS	3160	
211	W	15	DFDS	3160	
212	SE	15	DFDS	3160	
300	NW	10	Polens	3056	
301	NW	15	Polens	3056	
302	NW	18	Polens	3056	
302_1	NW	5	Polens	3056	
303	NW	20	Polens	3056	
304	SE	10	Polens	3056	
305	SE	15	Polens	3056	
305_1	SE	15	Polens	3056	
306	SE	18	Polens	3056	
307	E	15	Polens	3056	
308	E	20	Polens	3056	Log failed
309	W	15	Polens	3056	
310	W	20	Polens	3056	
311	W	15	Polens	3056	
312	W	20	Polens	3056	
313	SW	20	Polens	3056	Log failed
314	E	20	Polens	3056	

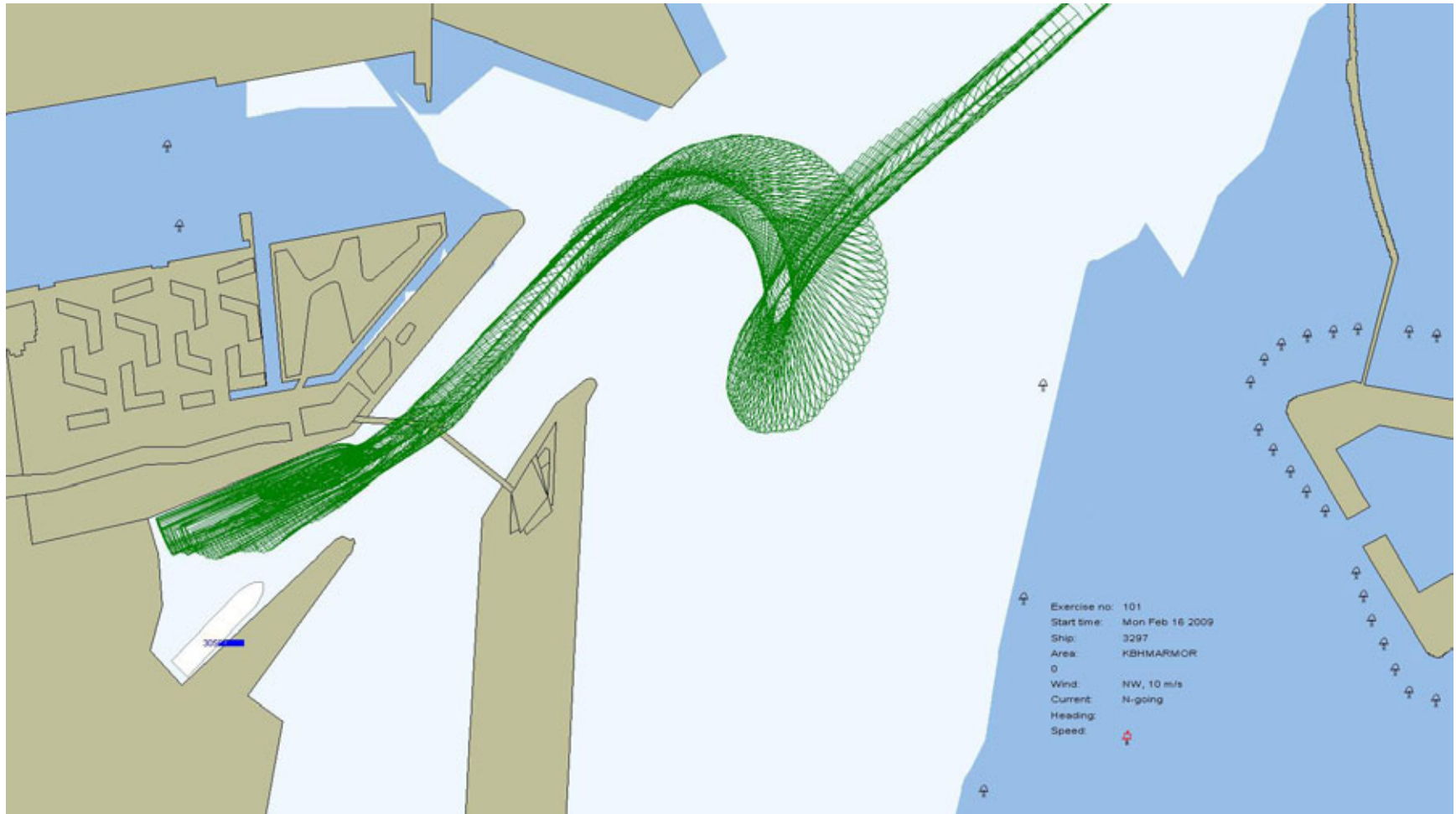
315	E	20	Polens	3056	
316	NW	15	Polens	3056	

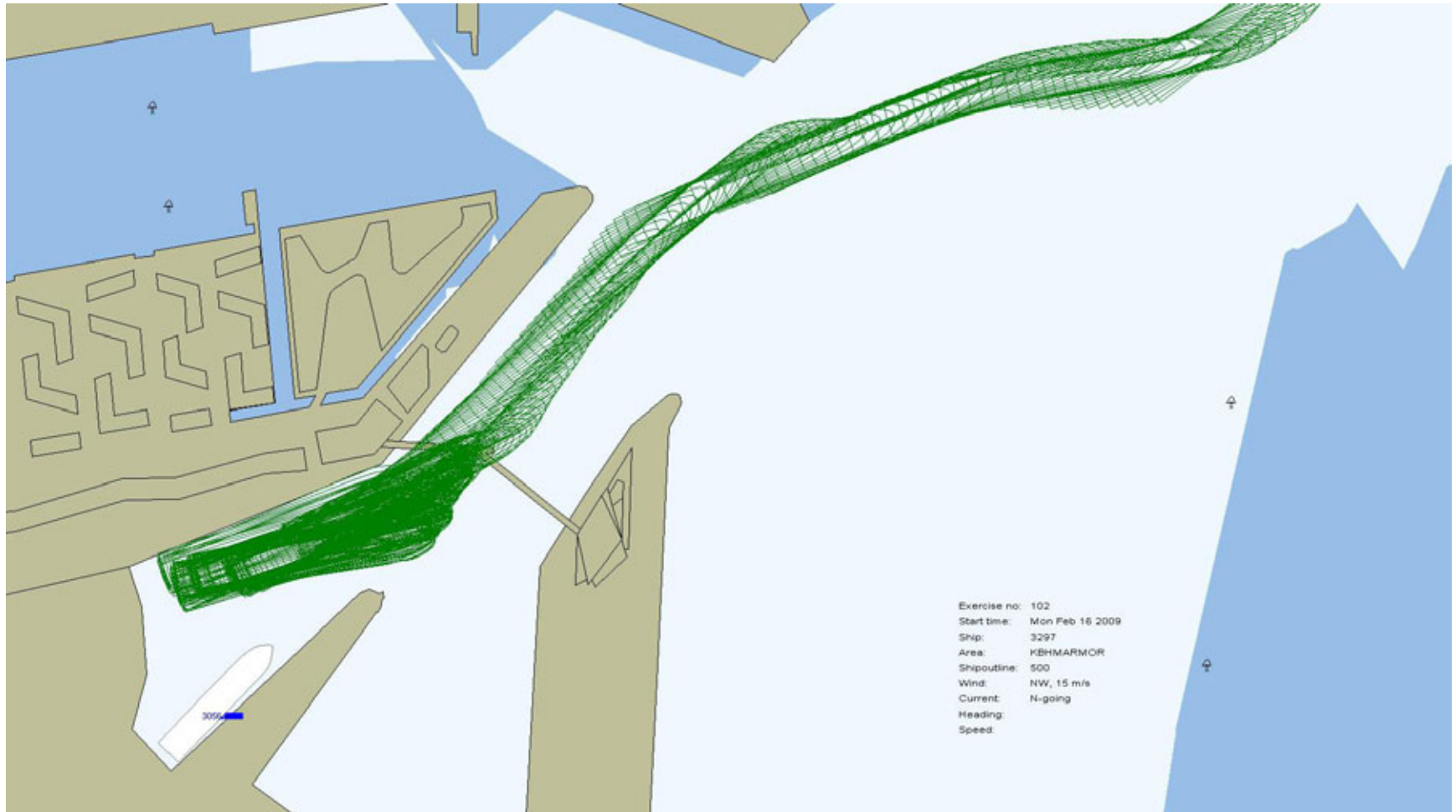
Appendiks A

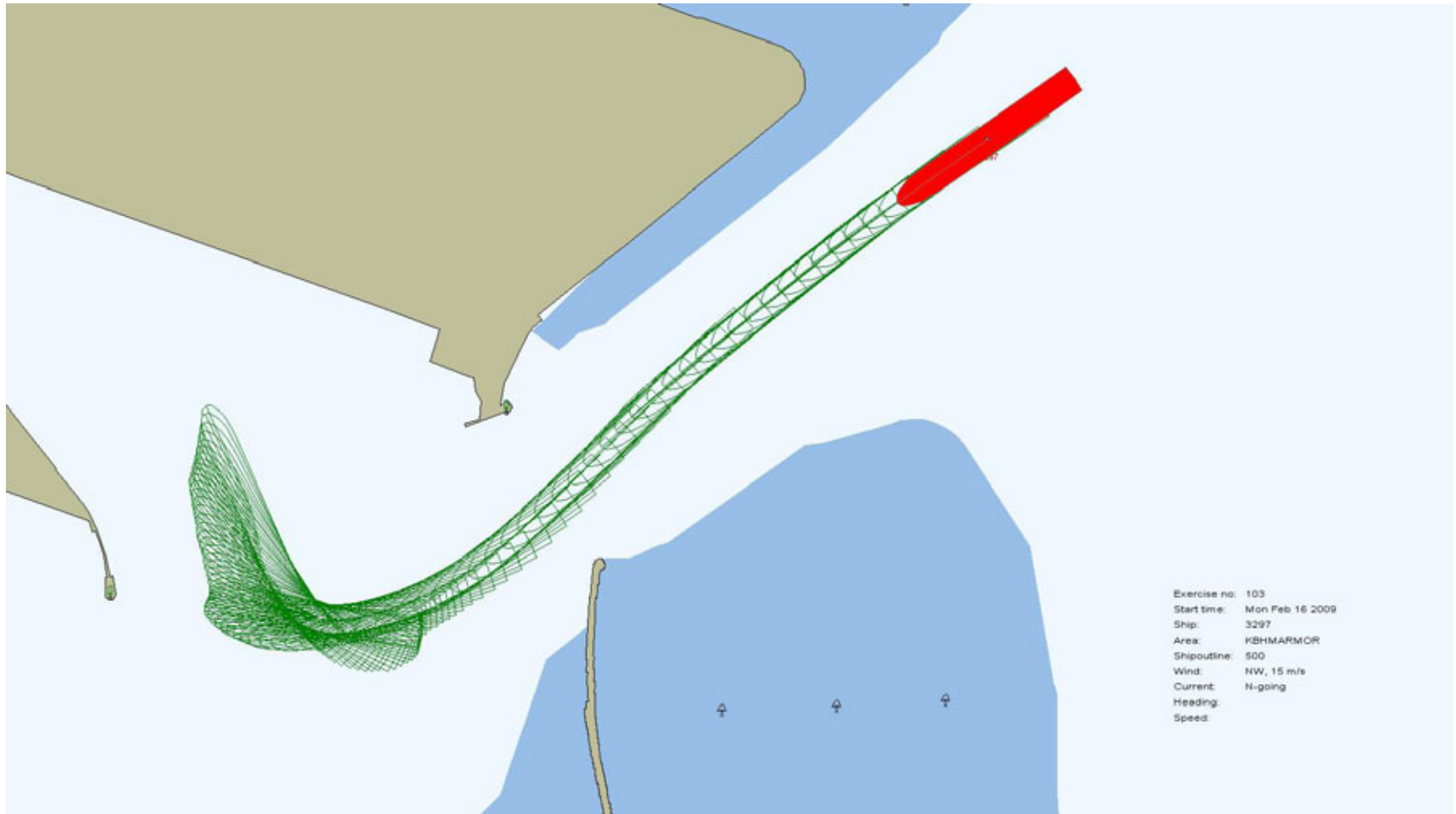
Plots af løb

Run Plots 3297
Tor Magnolia
Ro-Ro skib

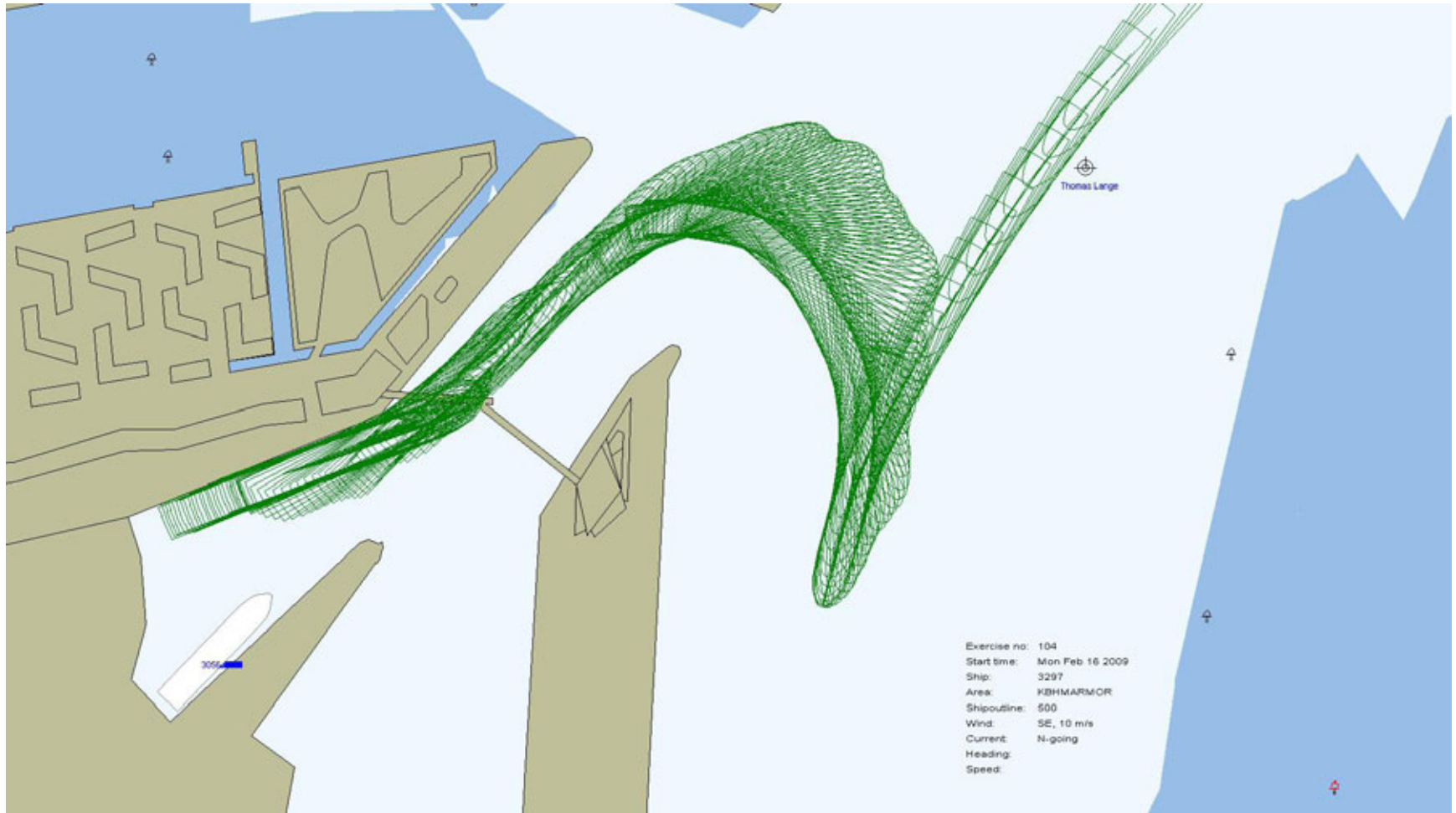


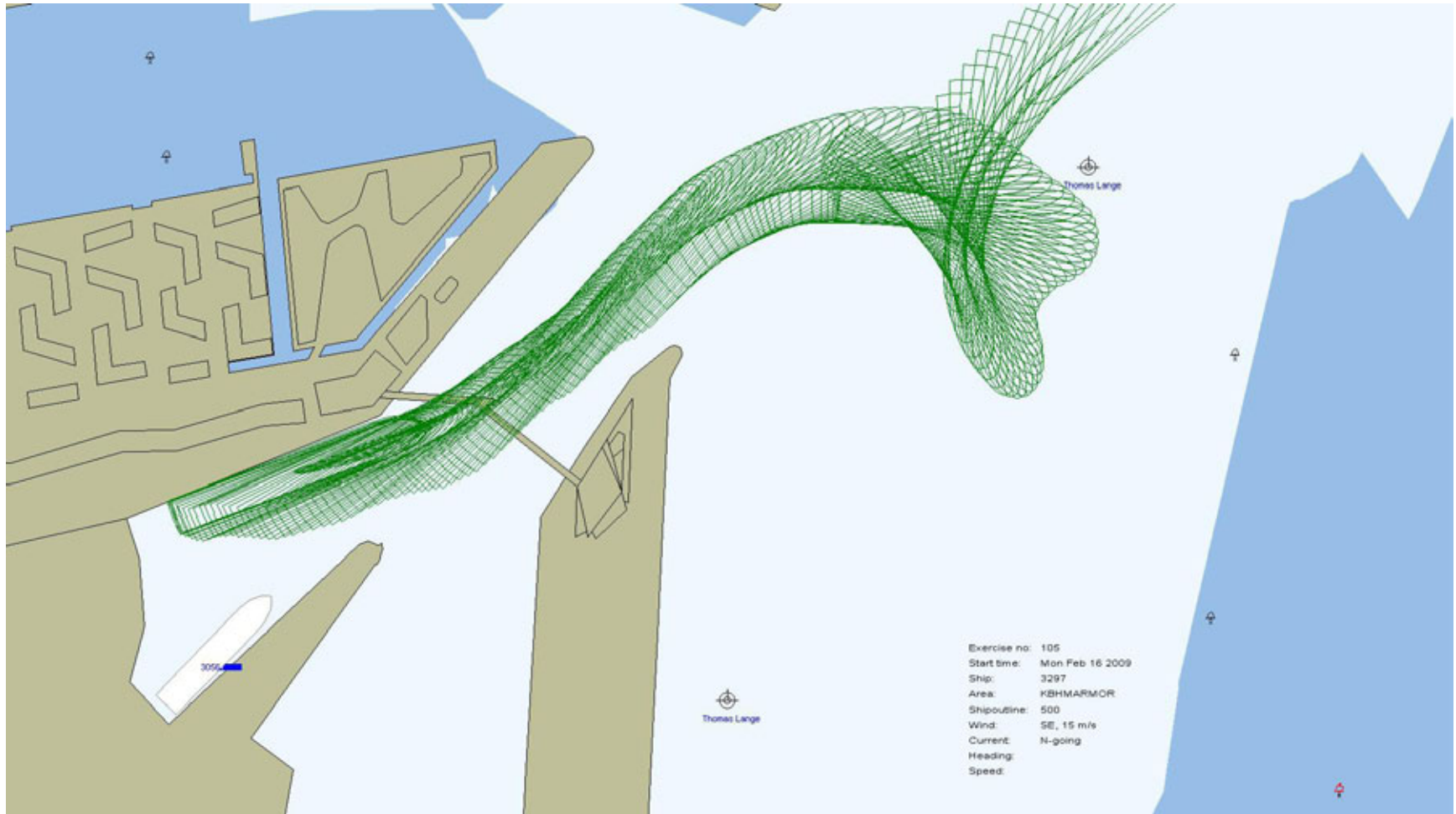


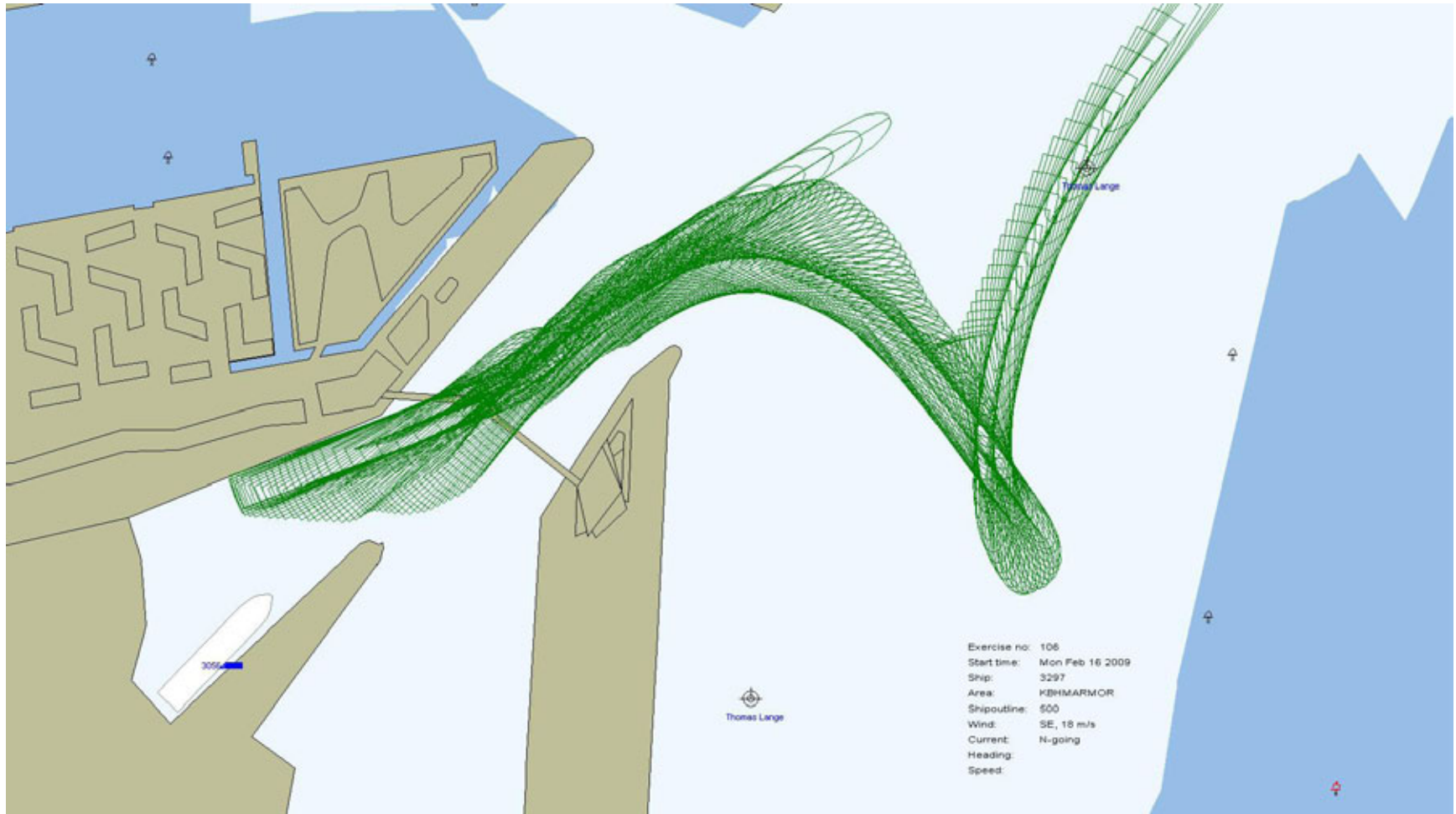




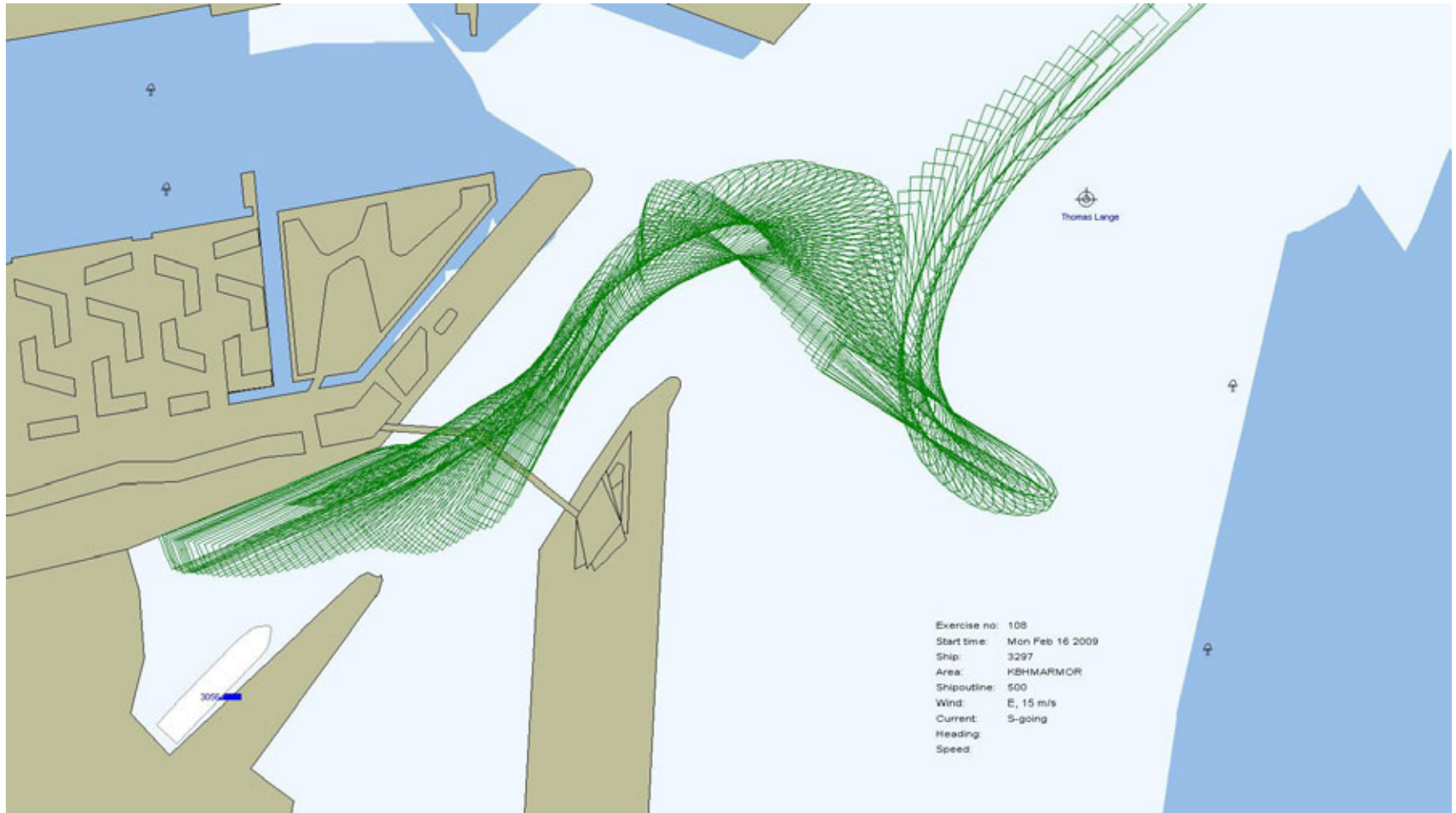


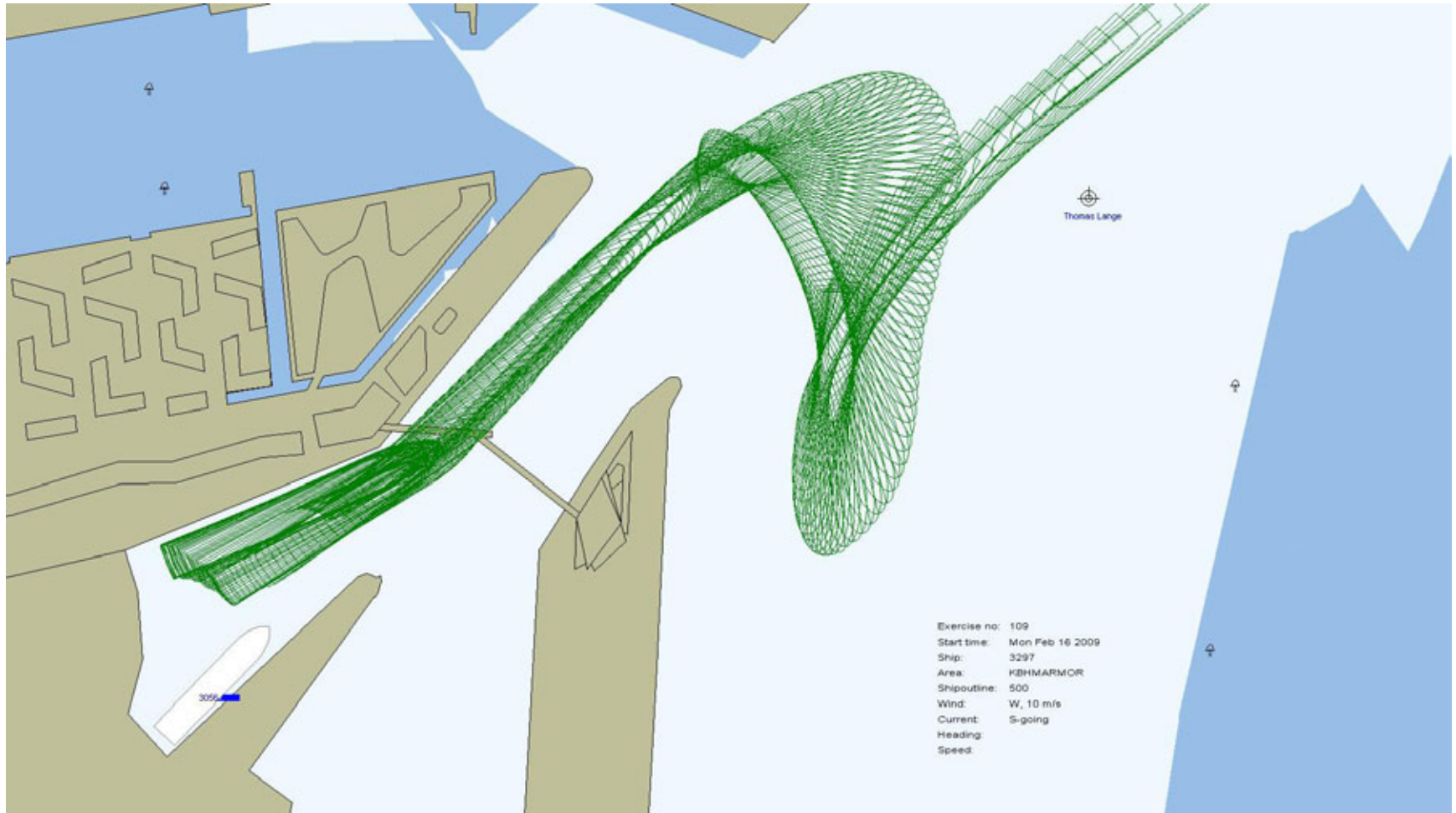


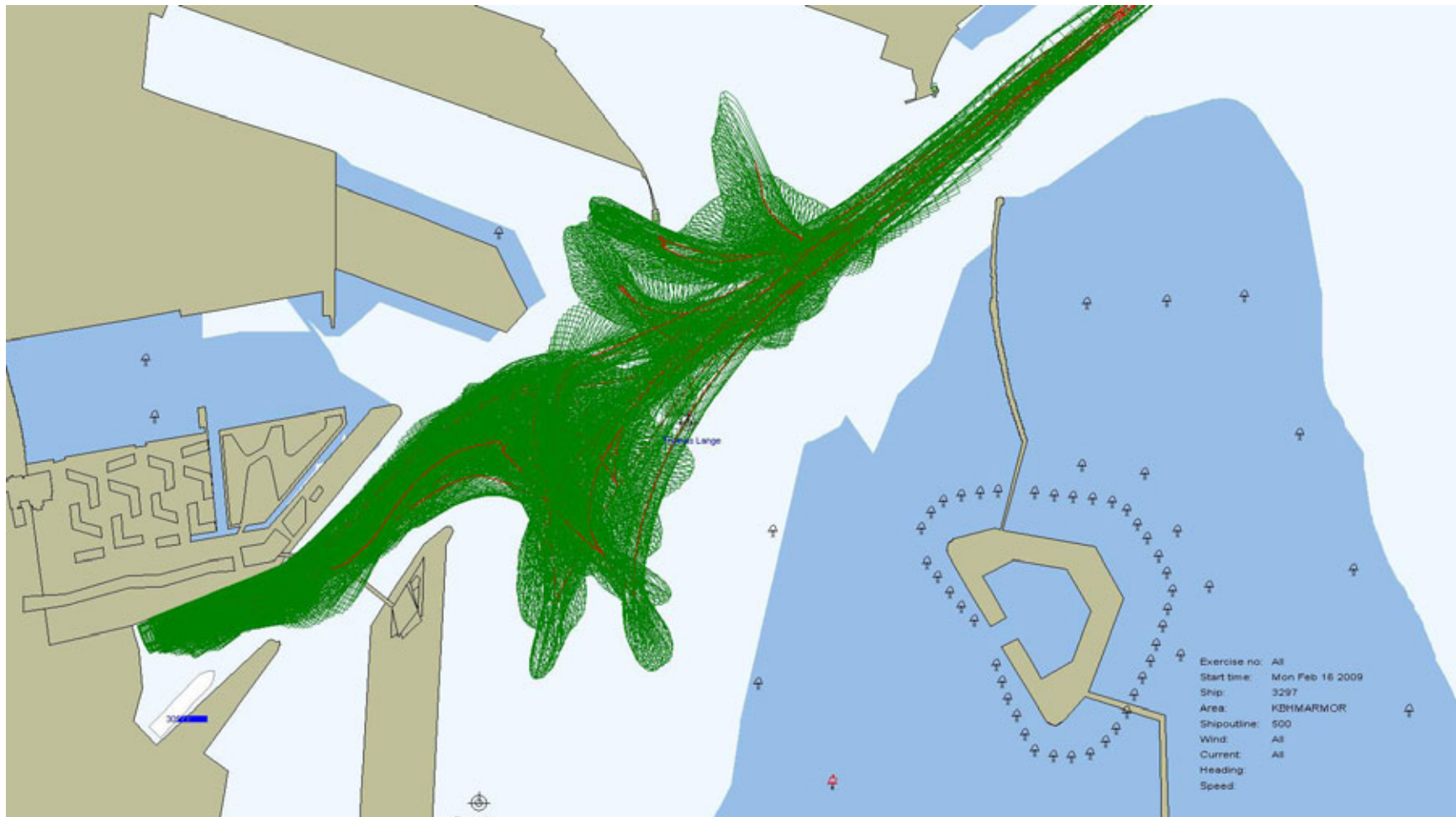








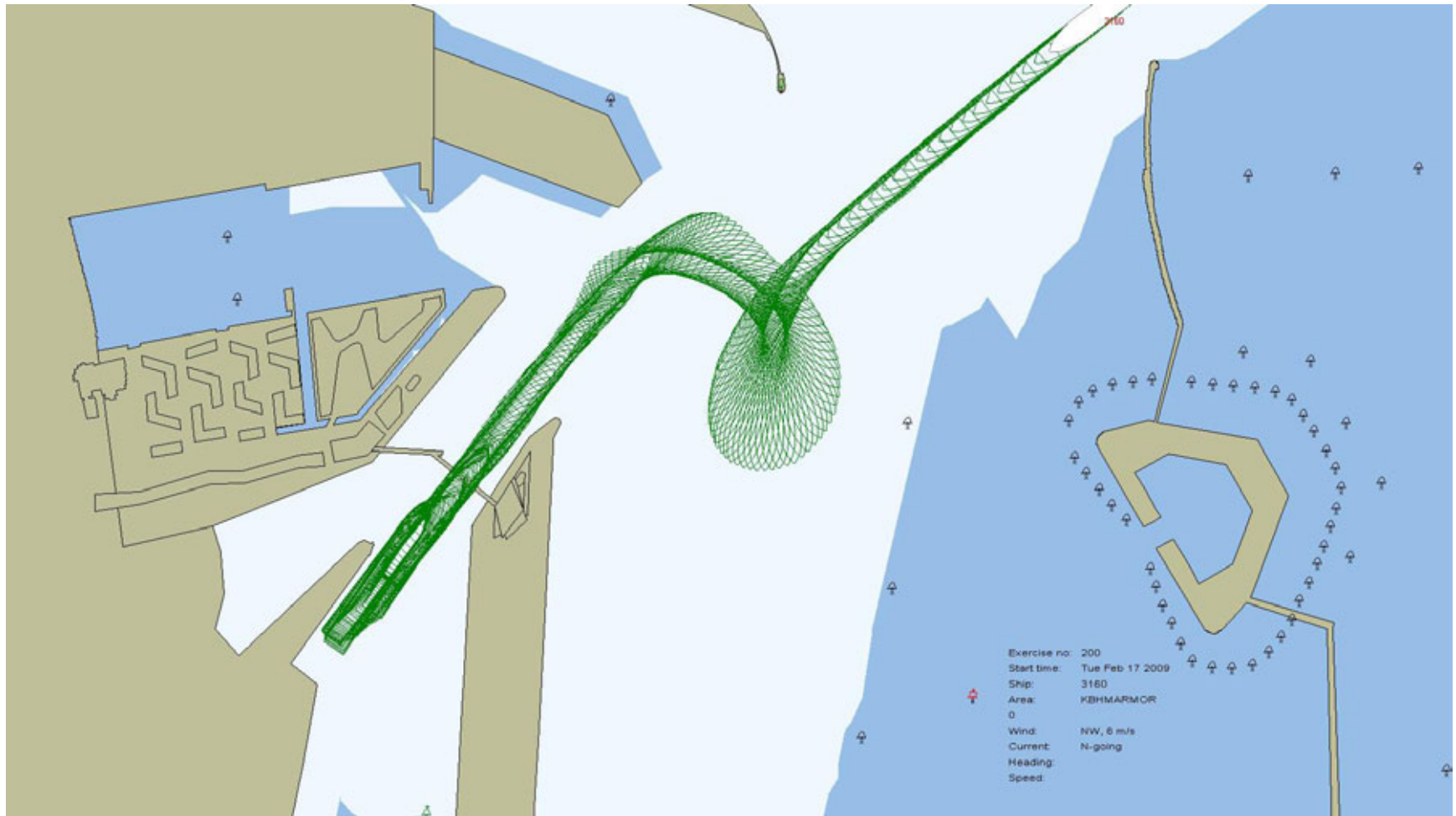


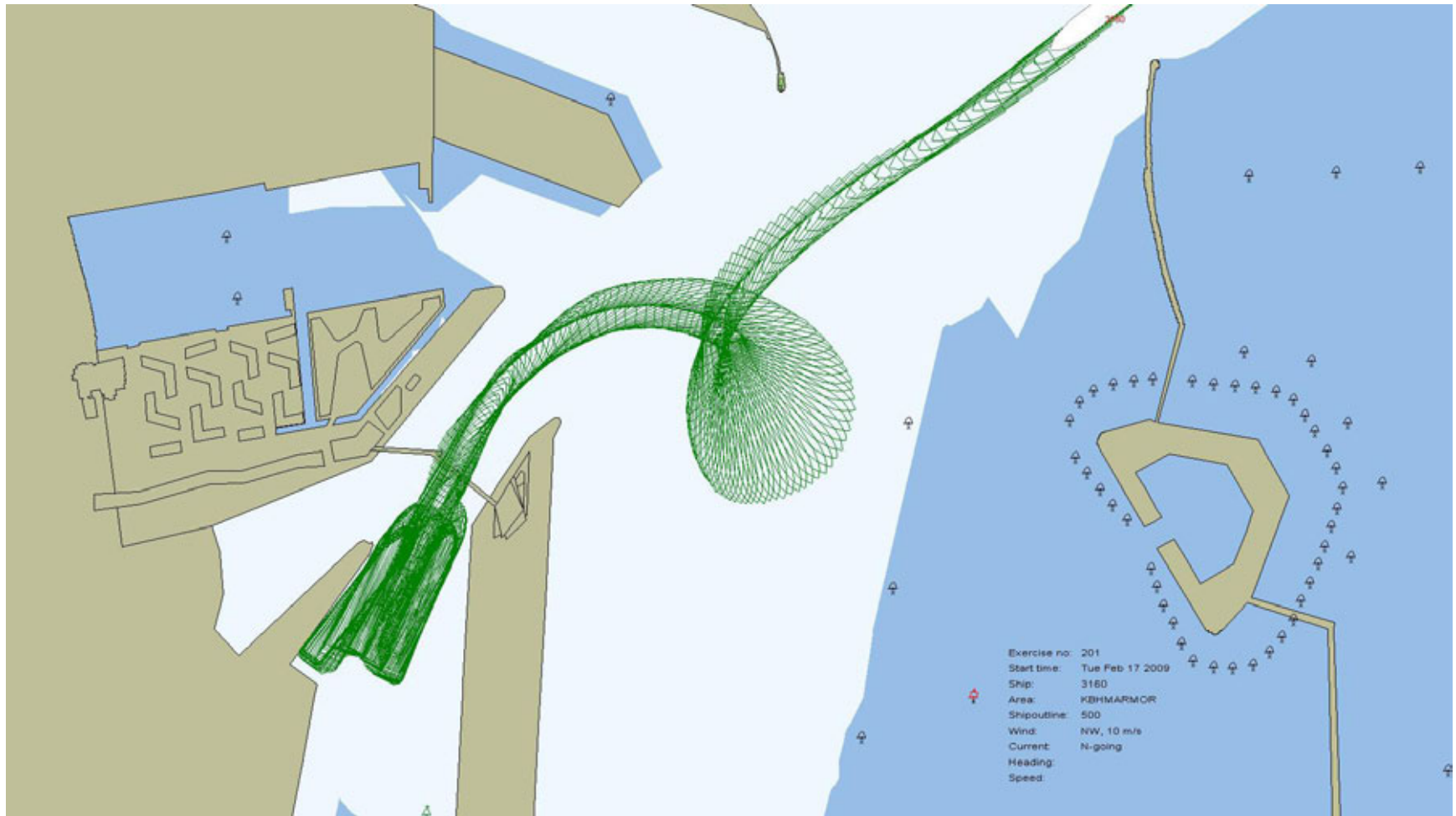


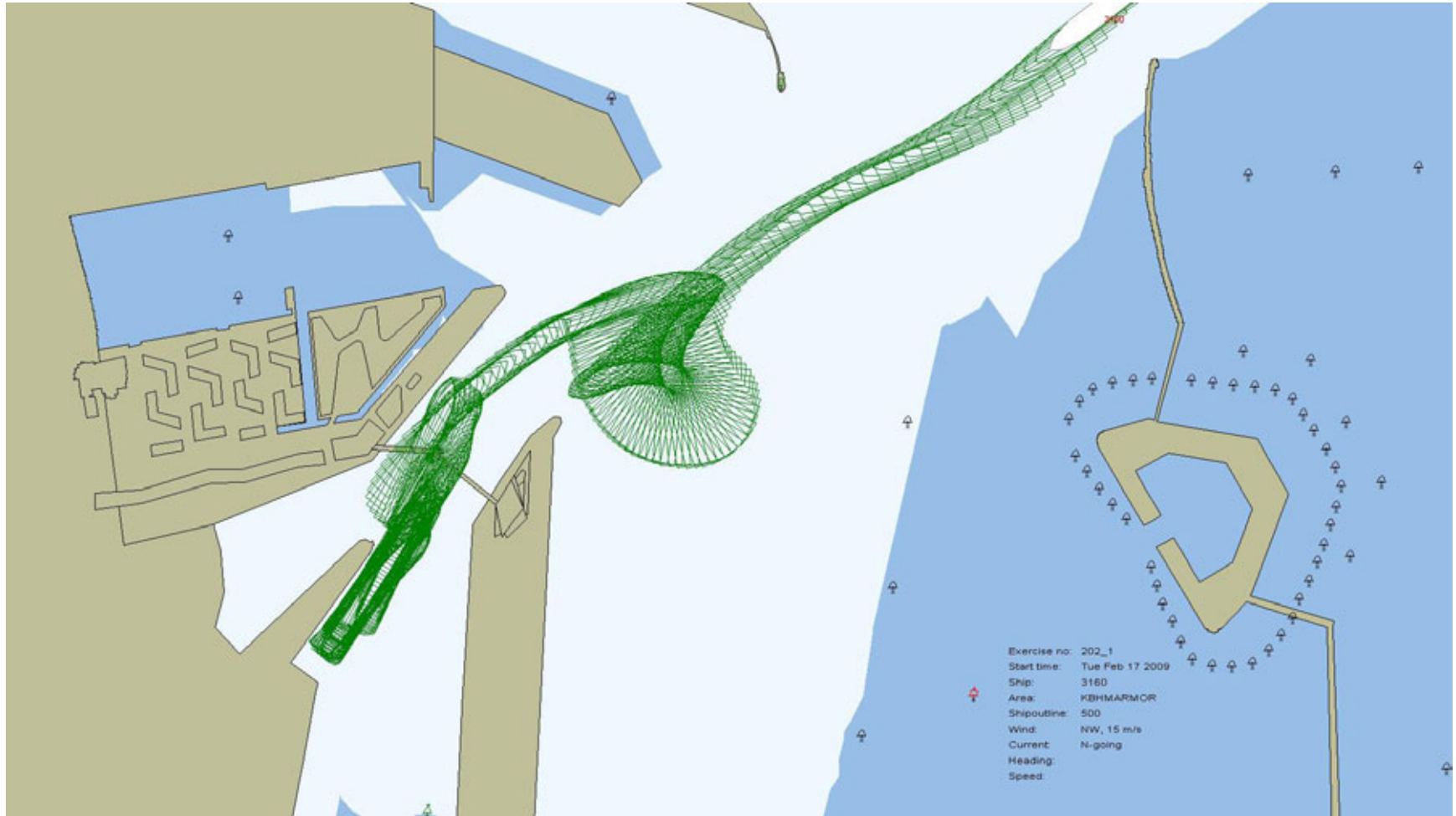
Alle løb samlet for skib 3297 (Ro-Ro skib). Grøn er skibets outline og rød er skibet midtpunkt.

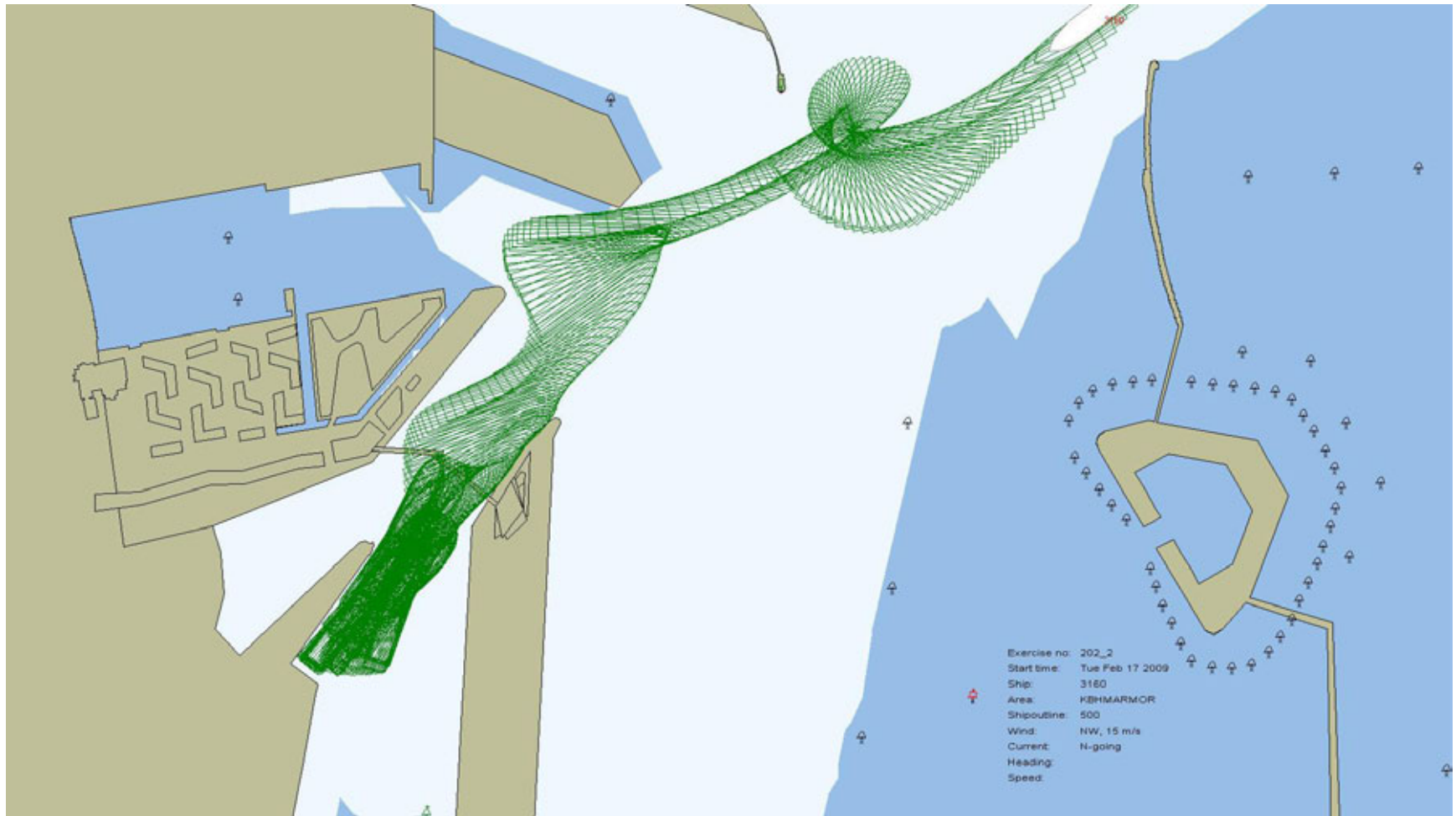
Run Plots 3160

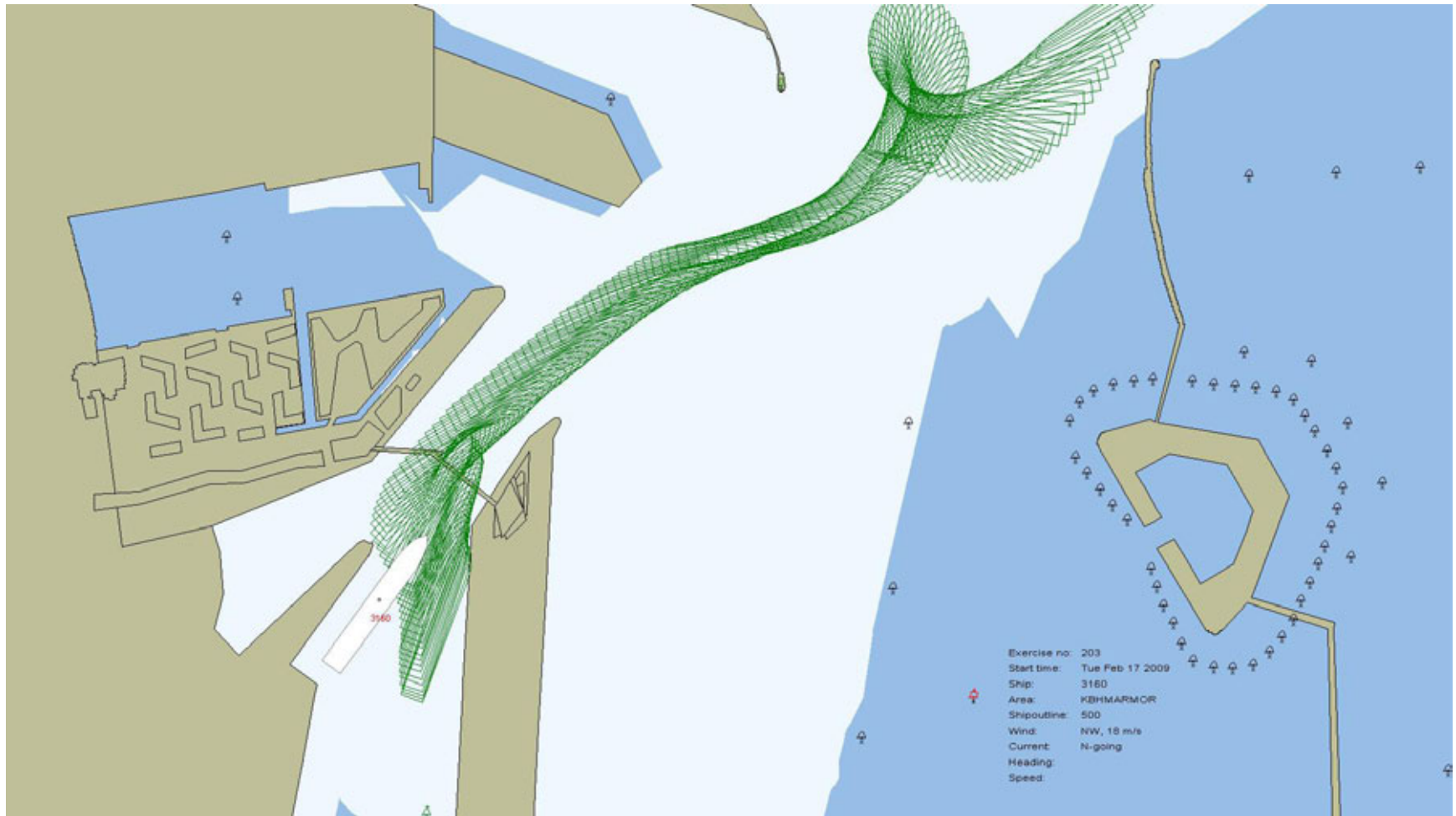
DFDS Færge

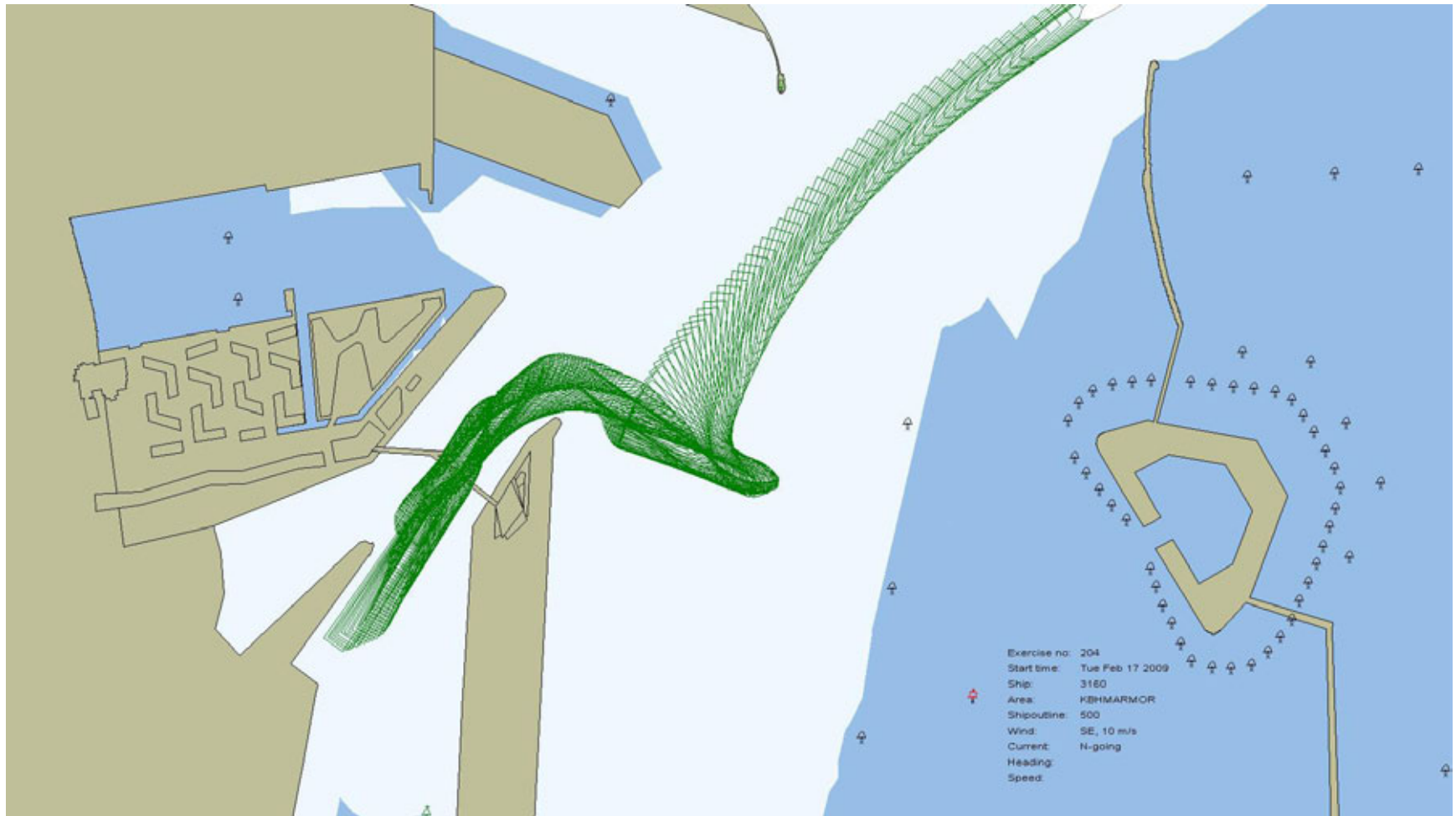


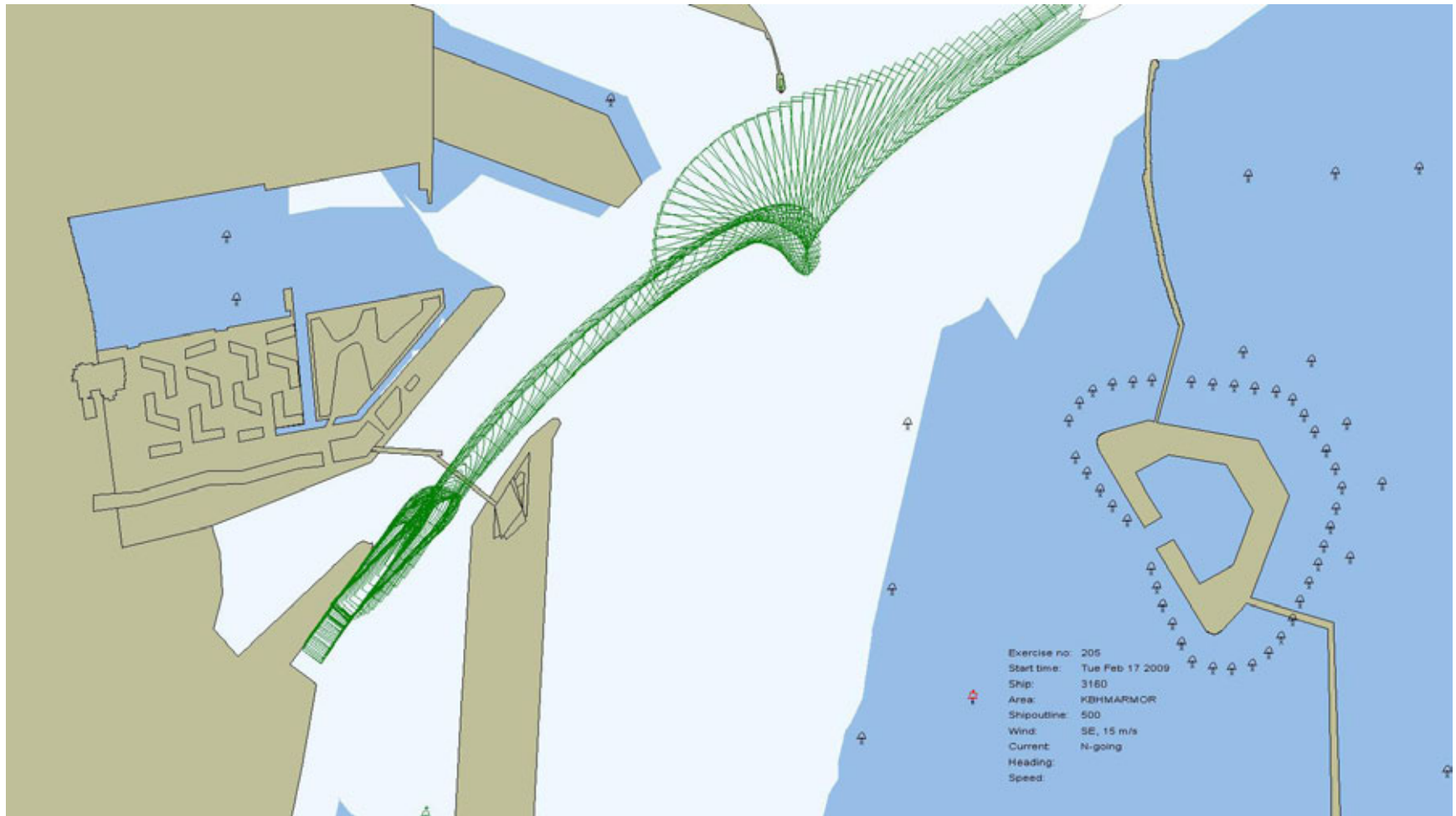


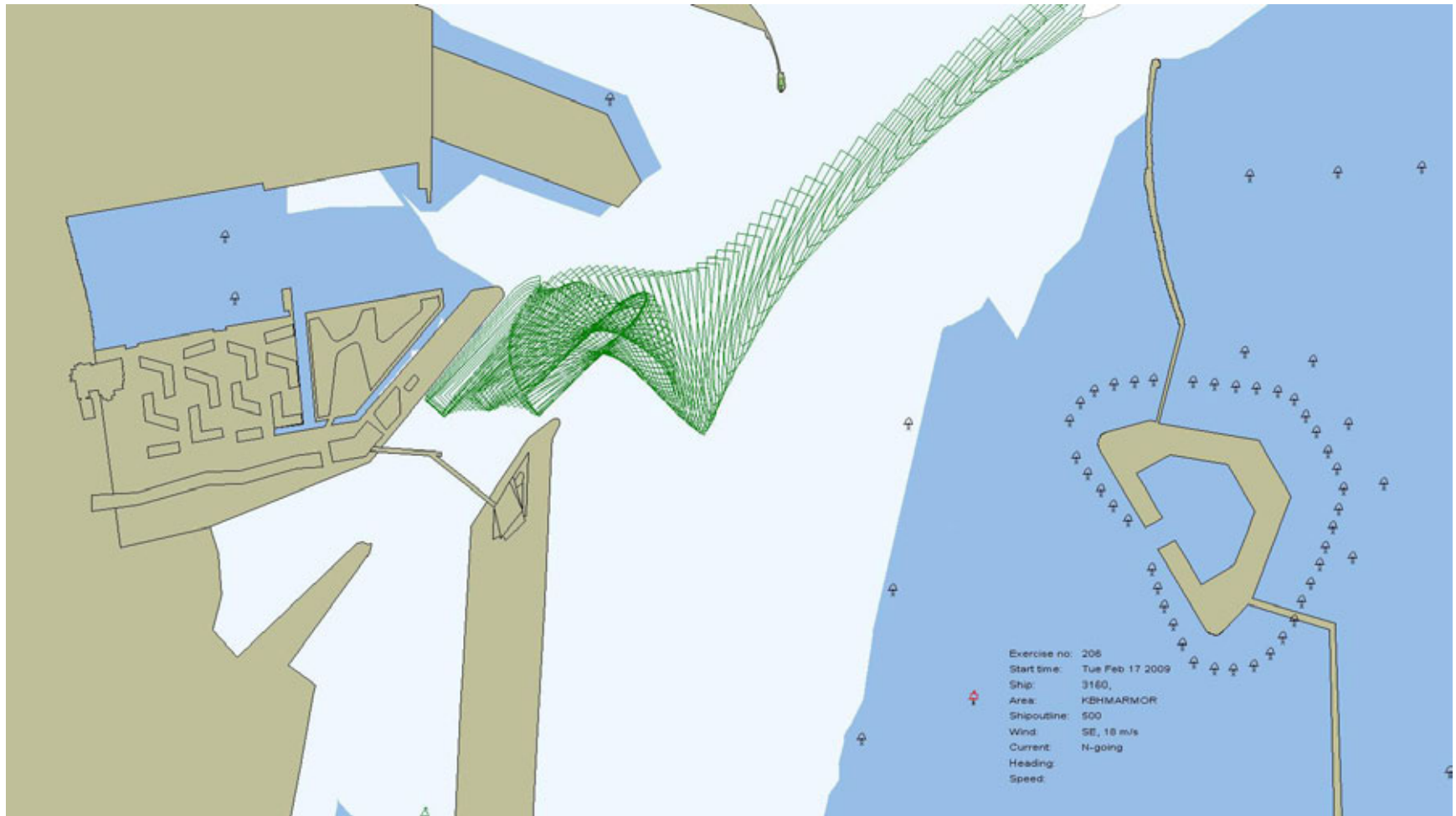


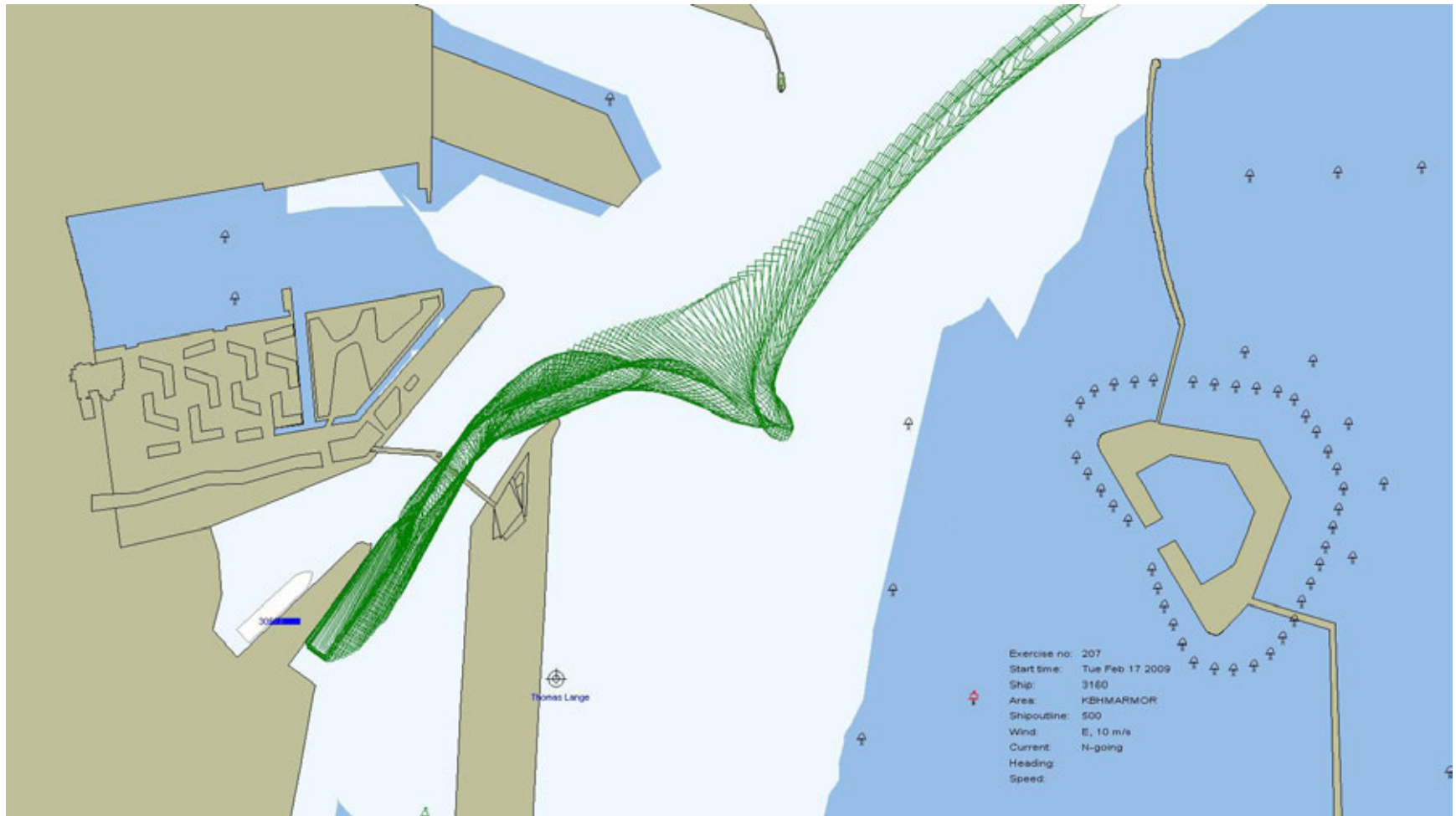


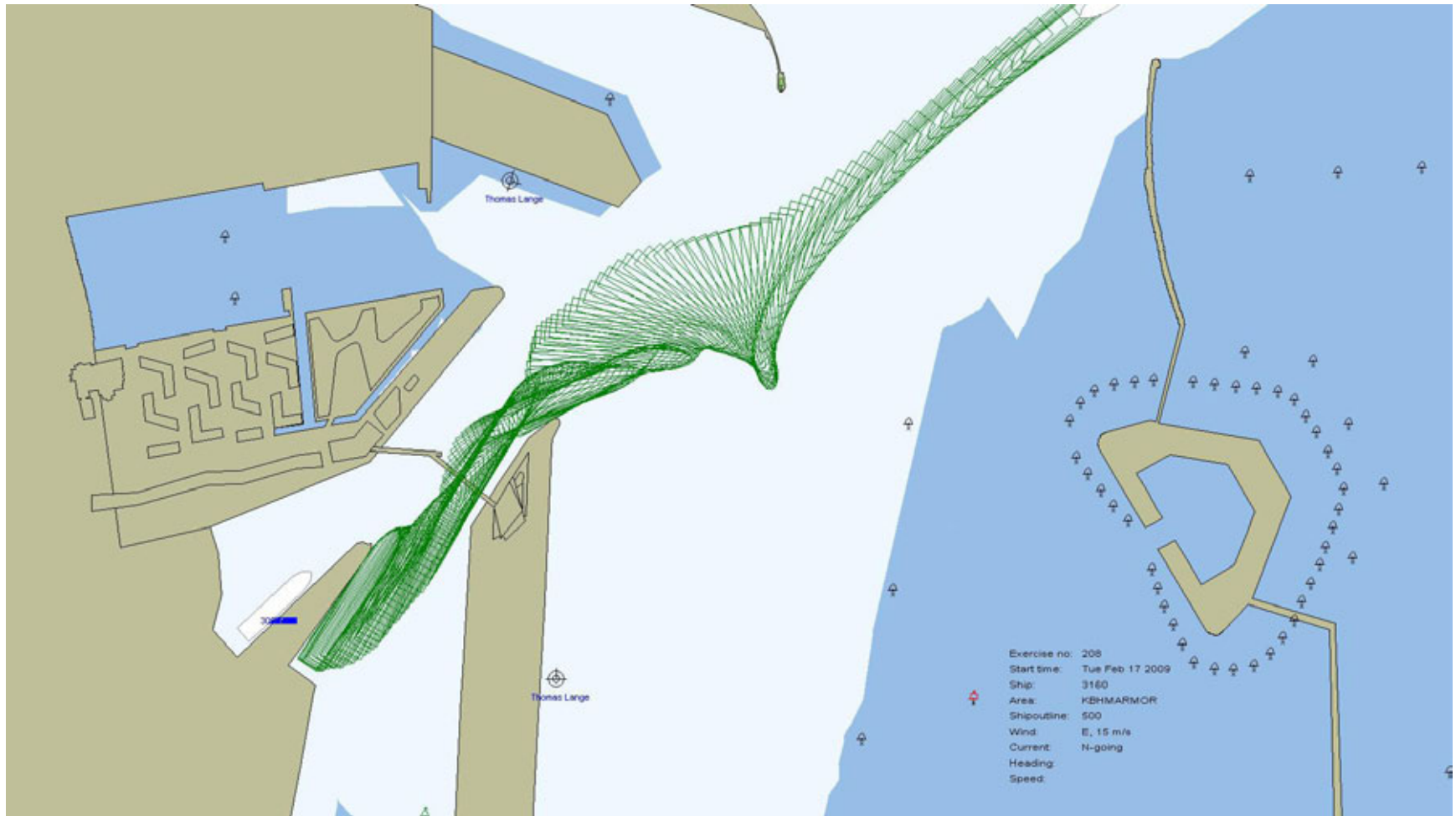


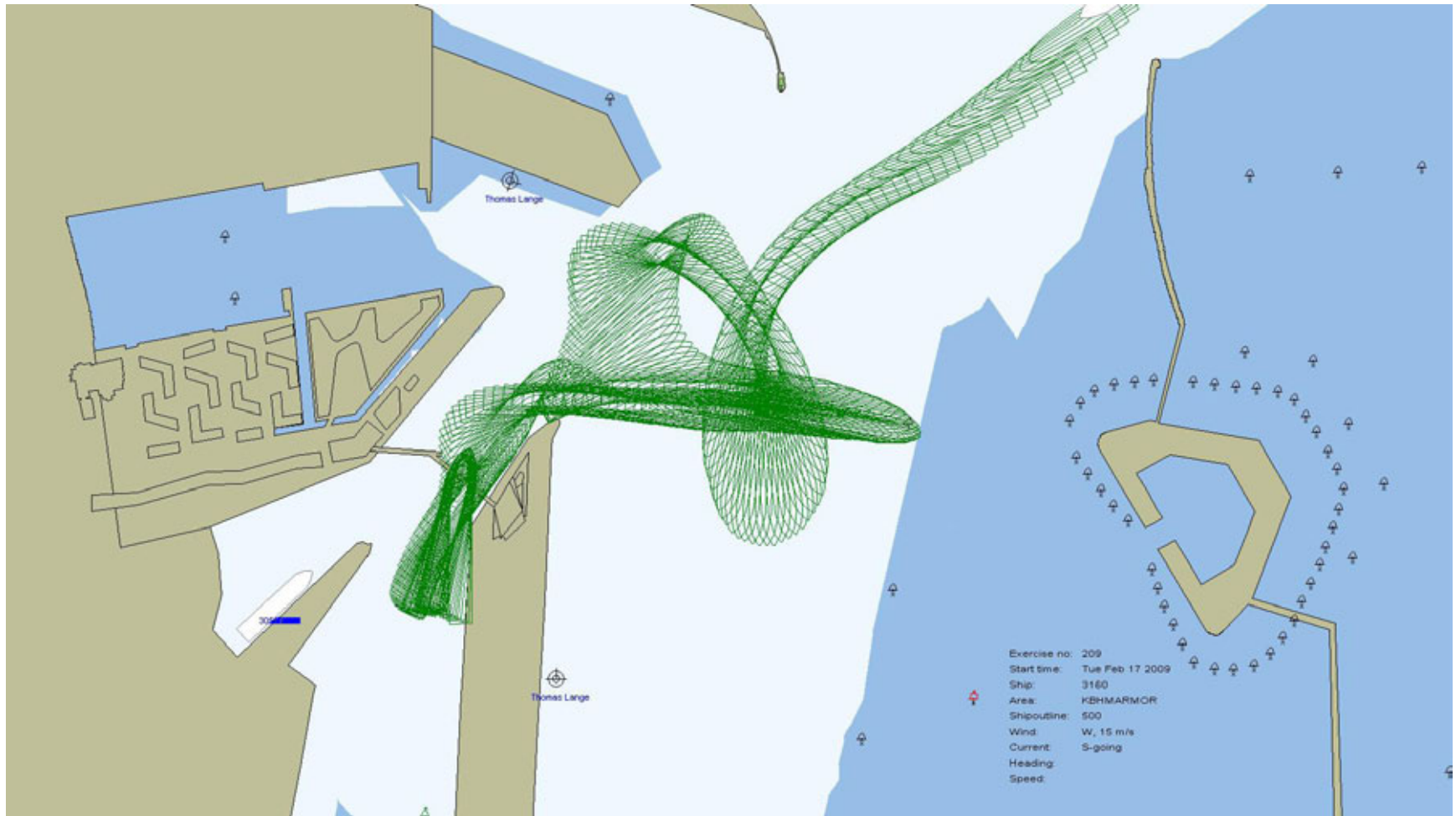


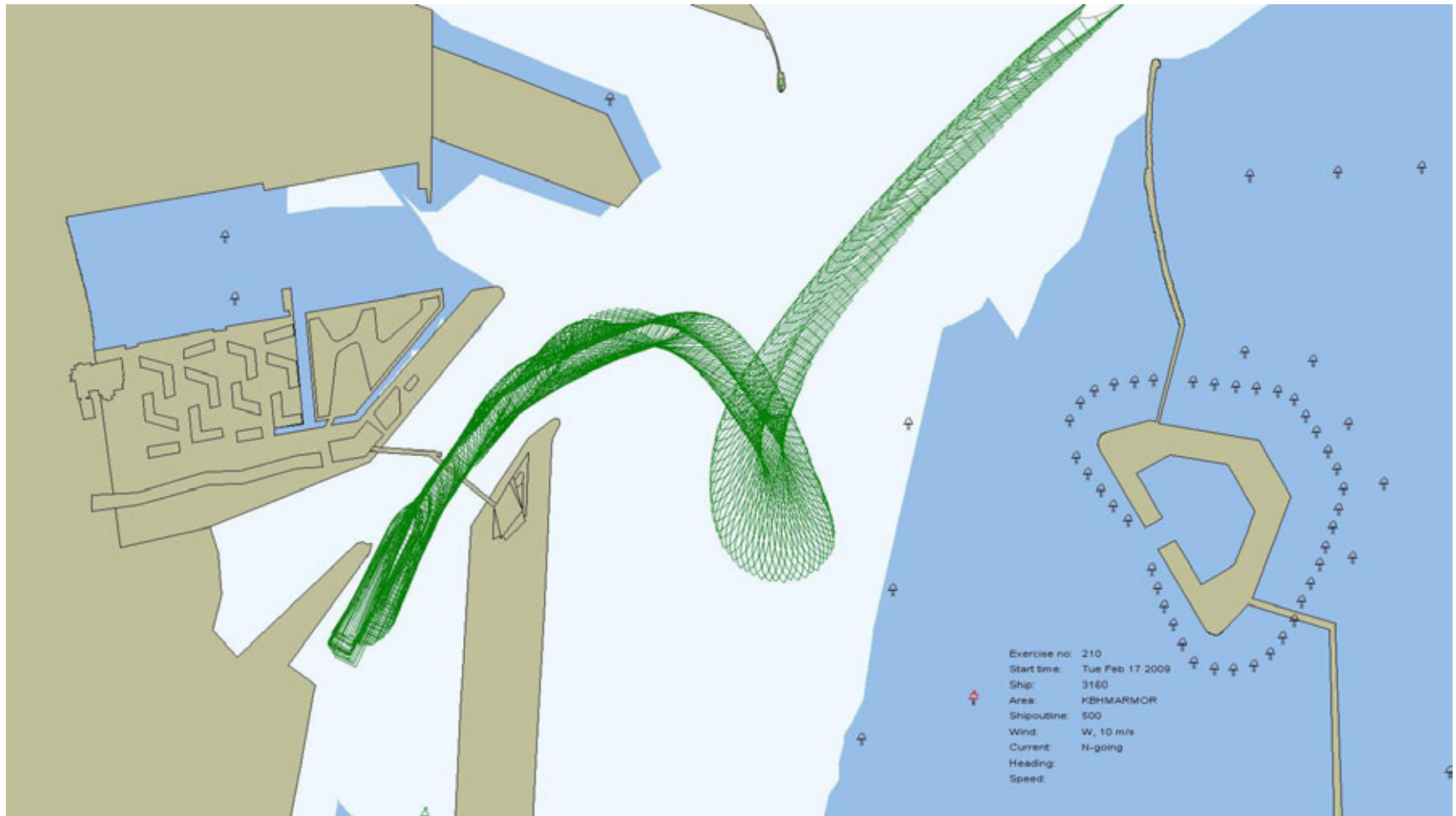


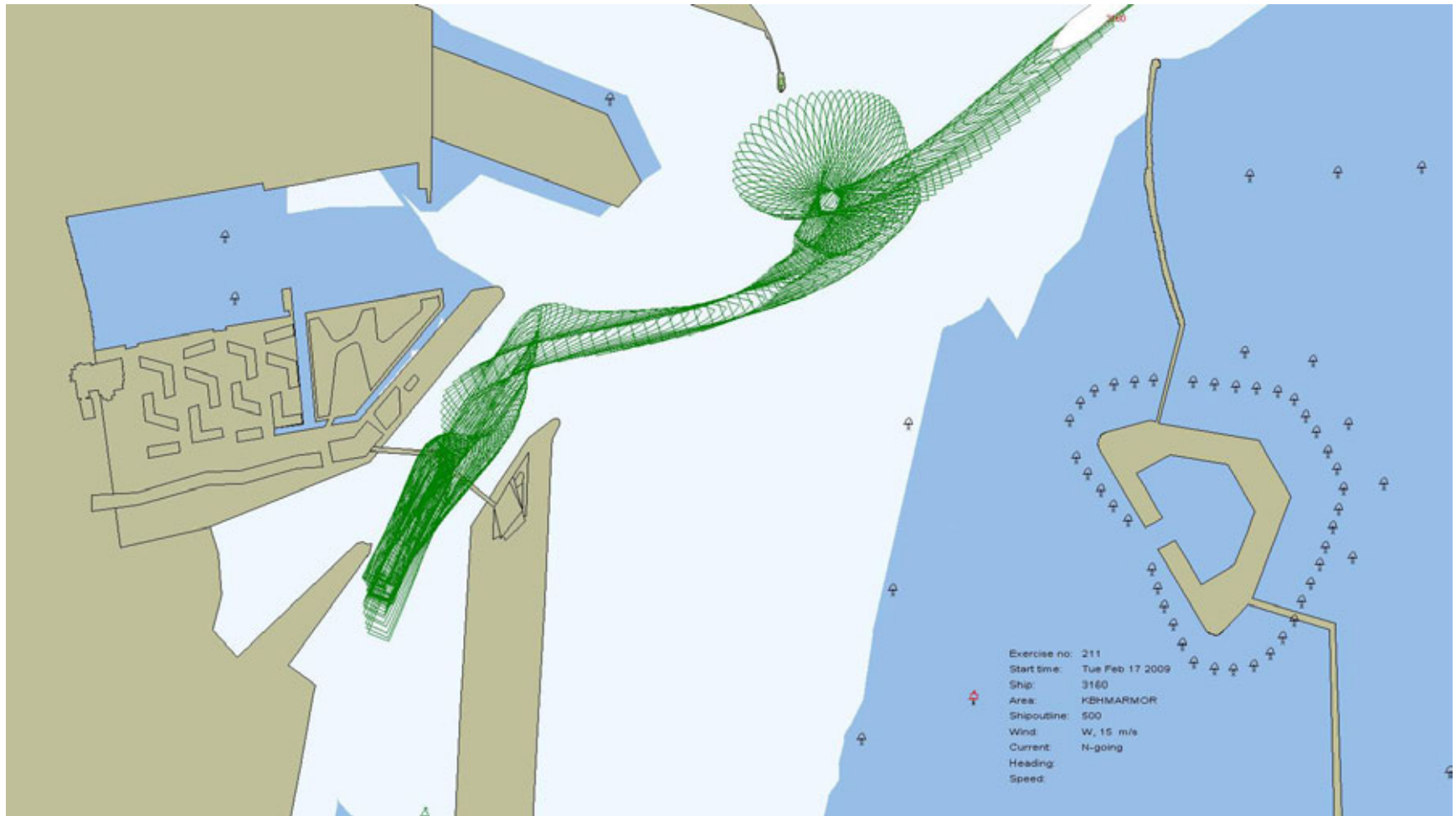


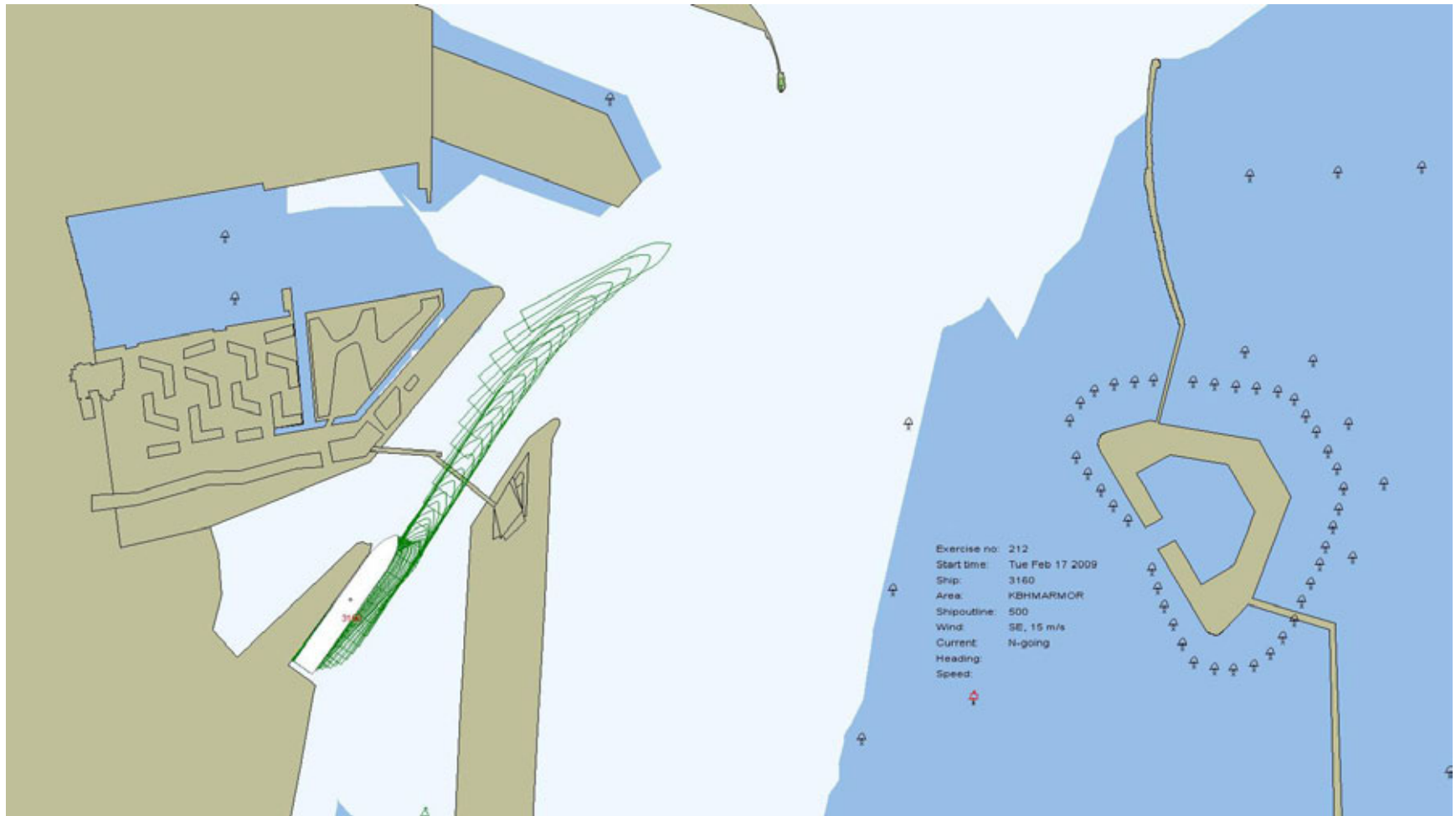


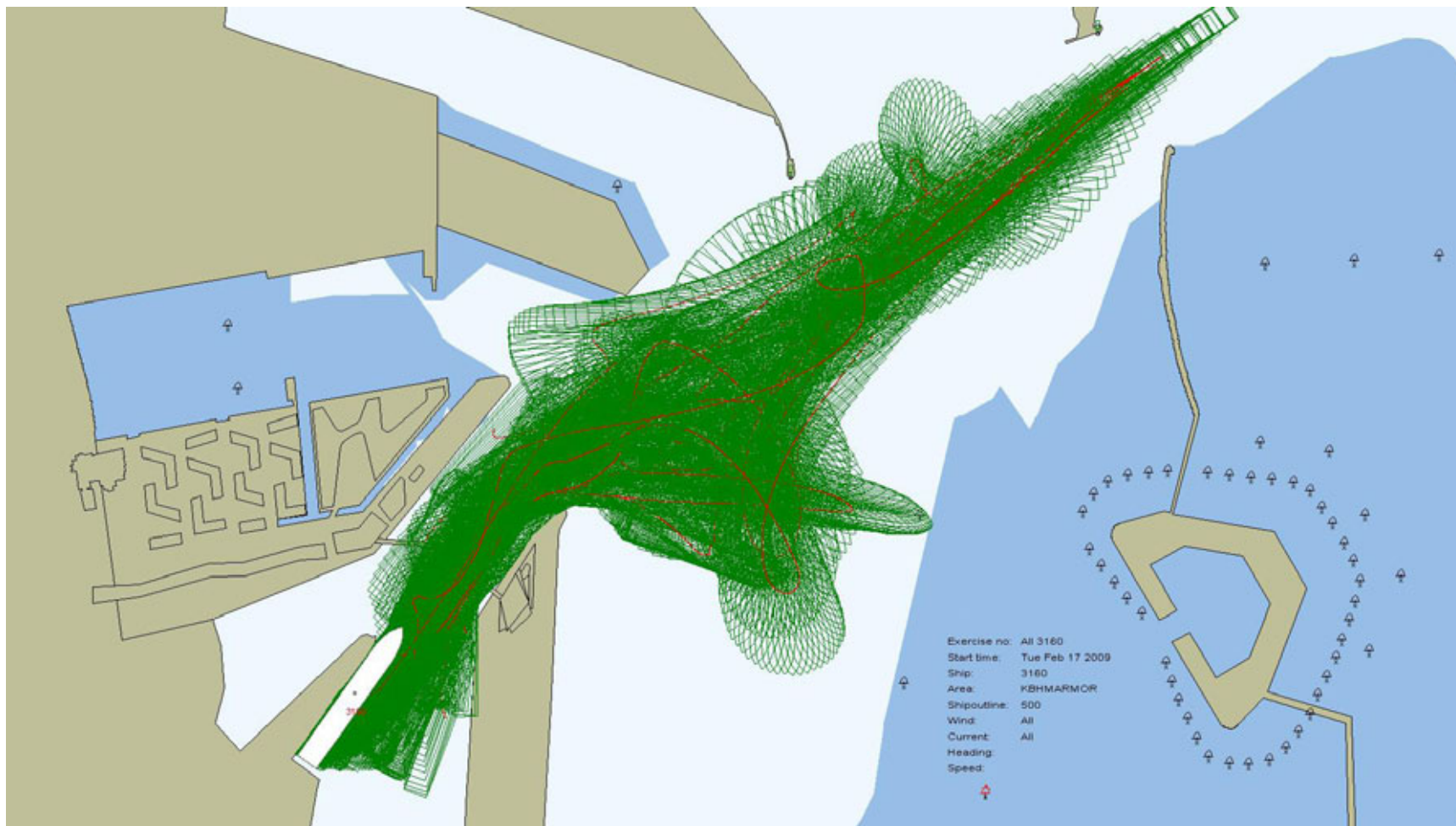






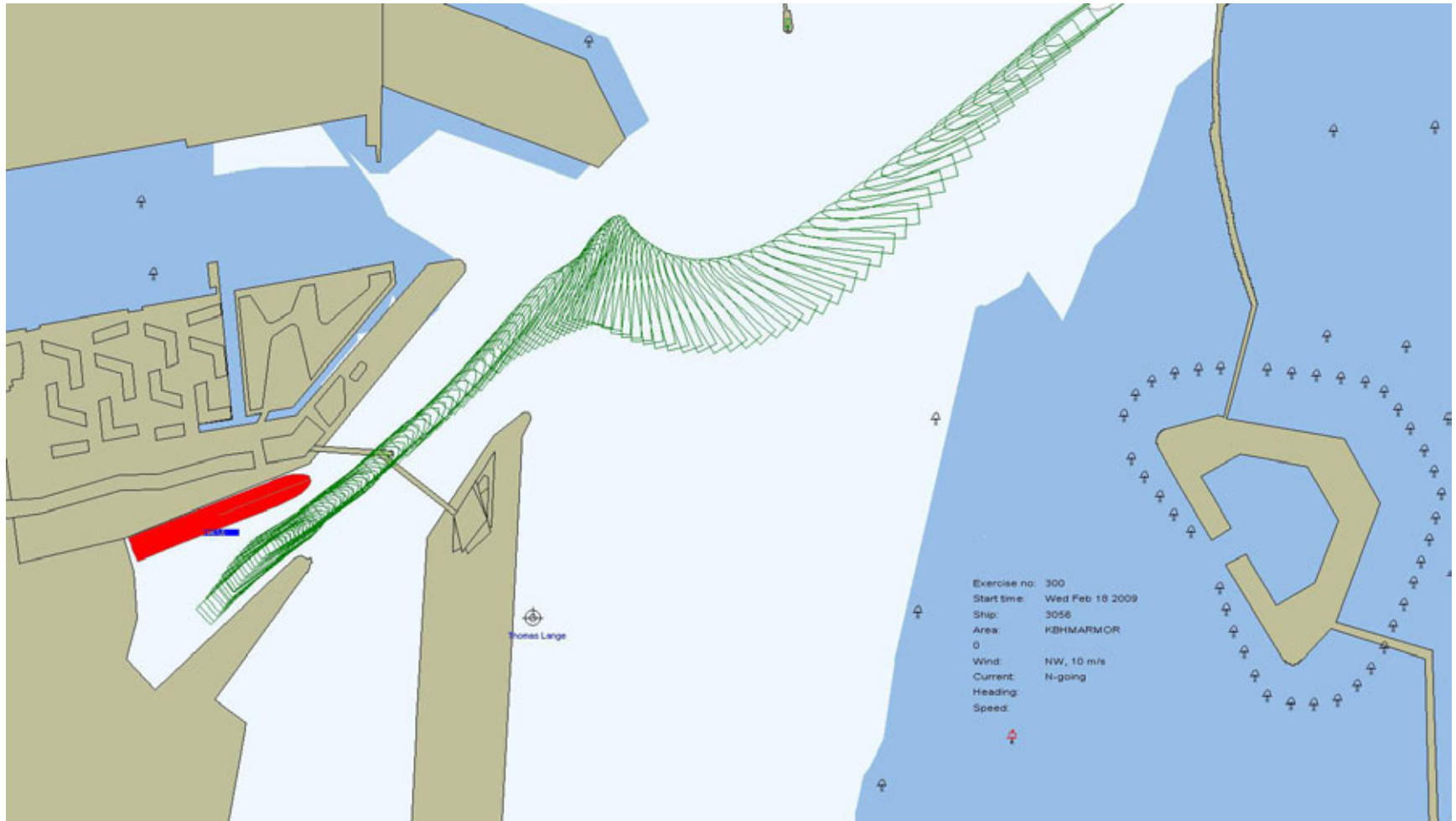


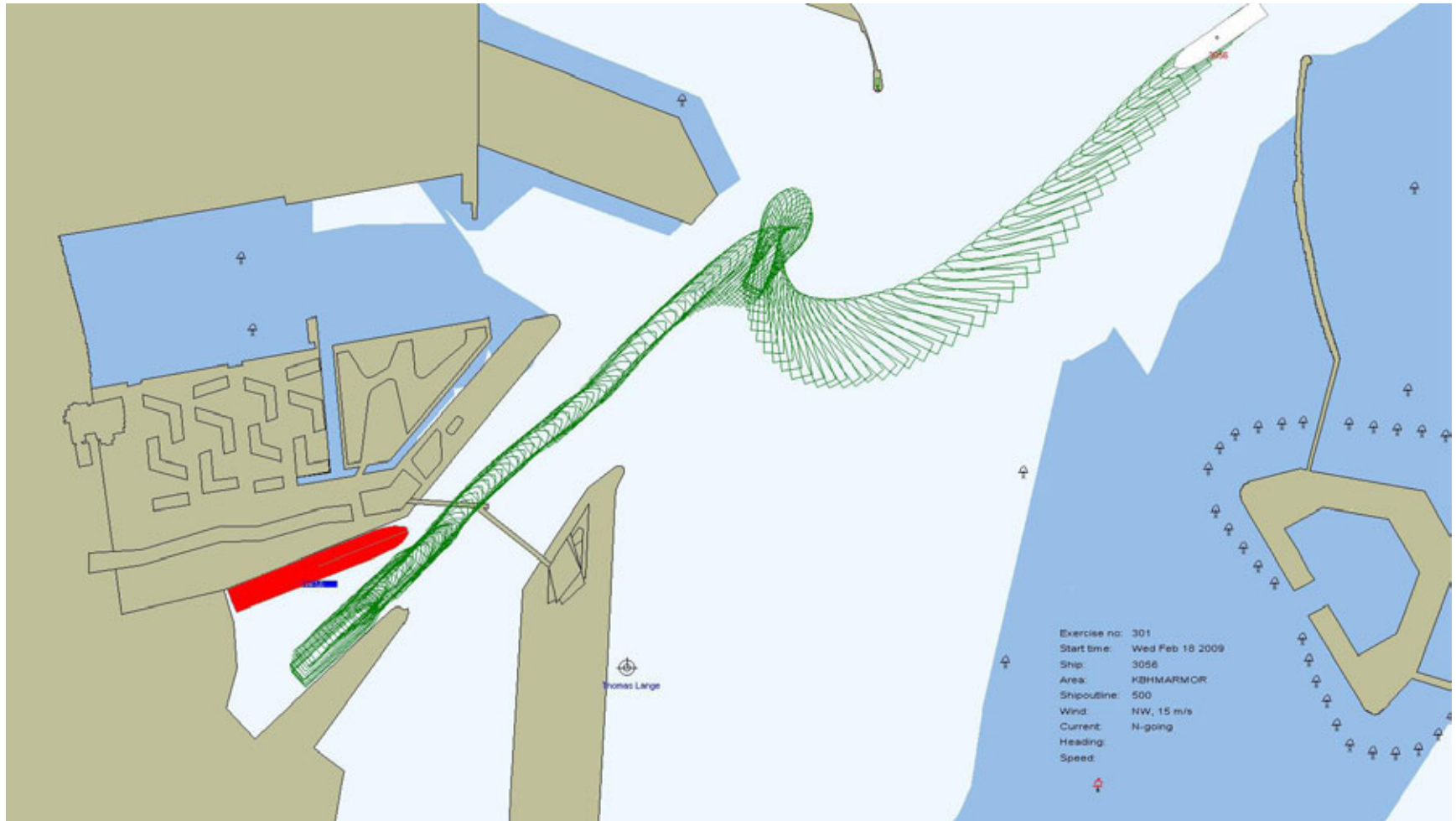


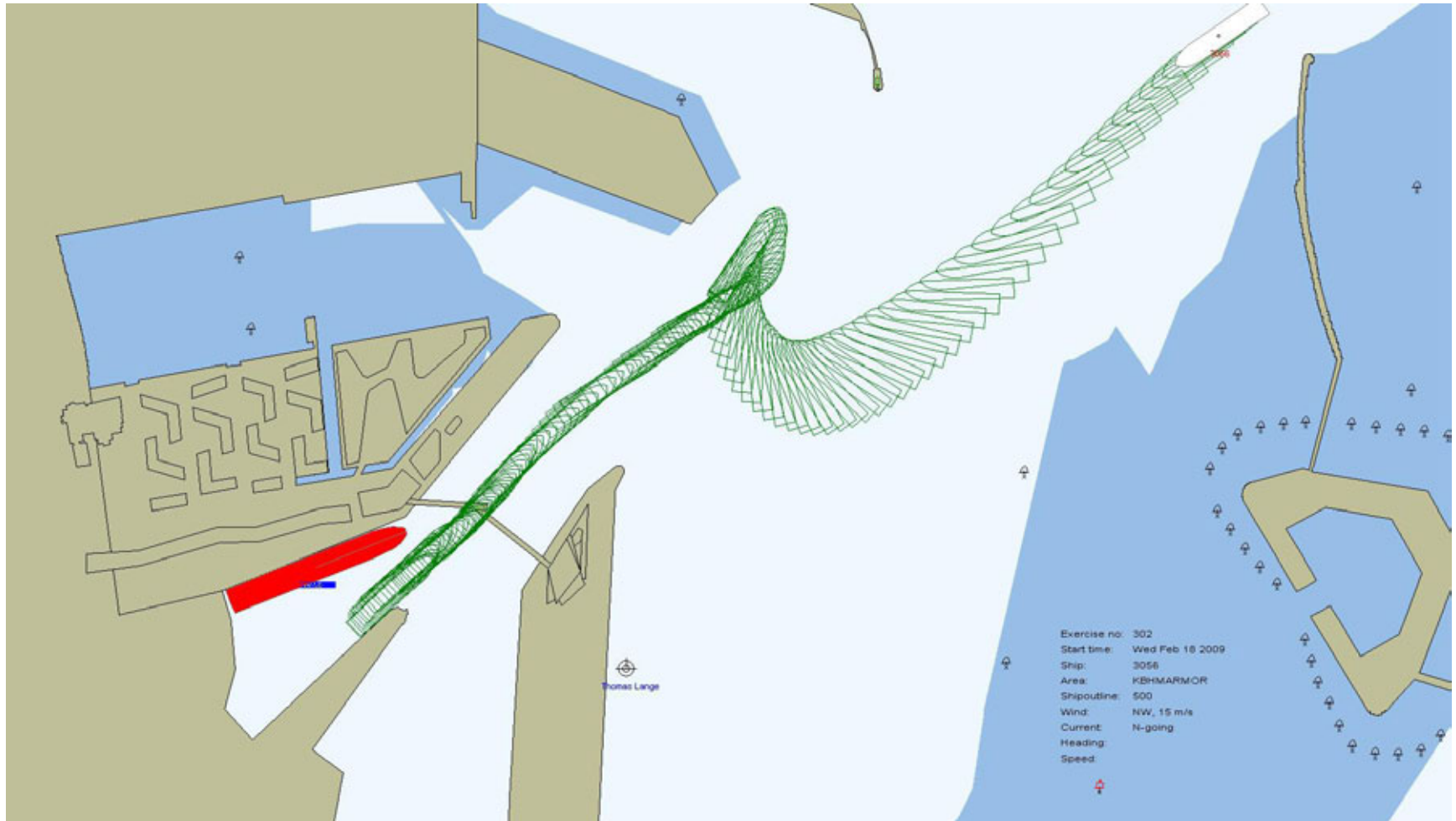


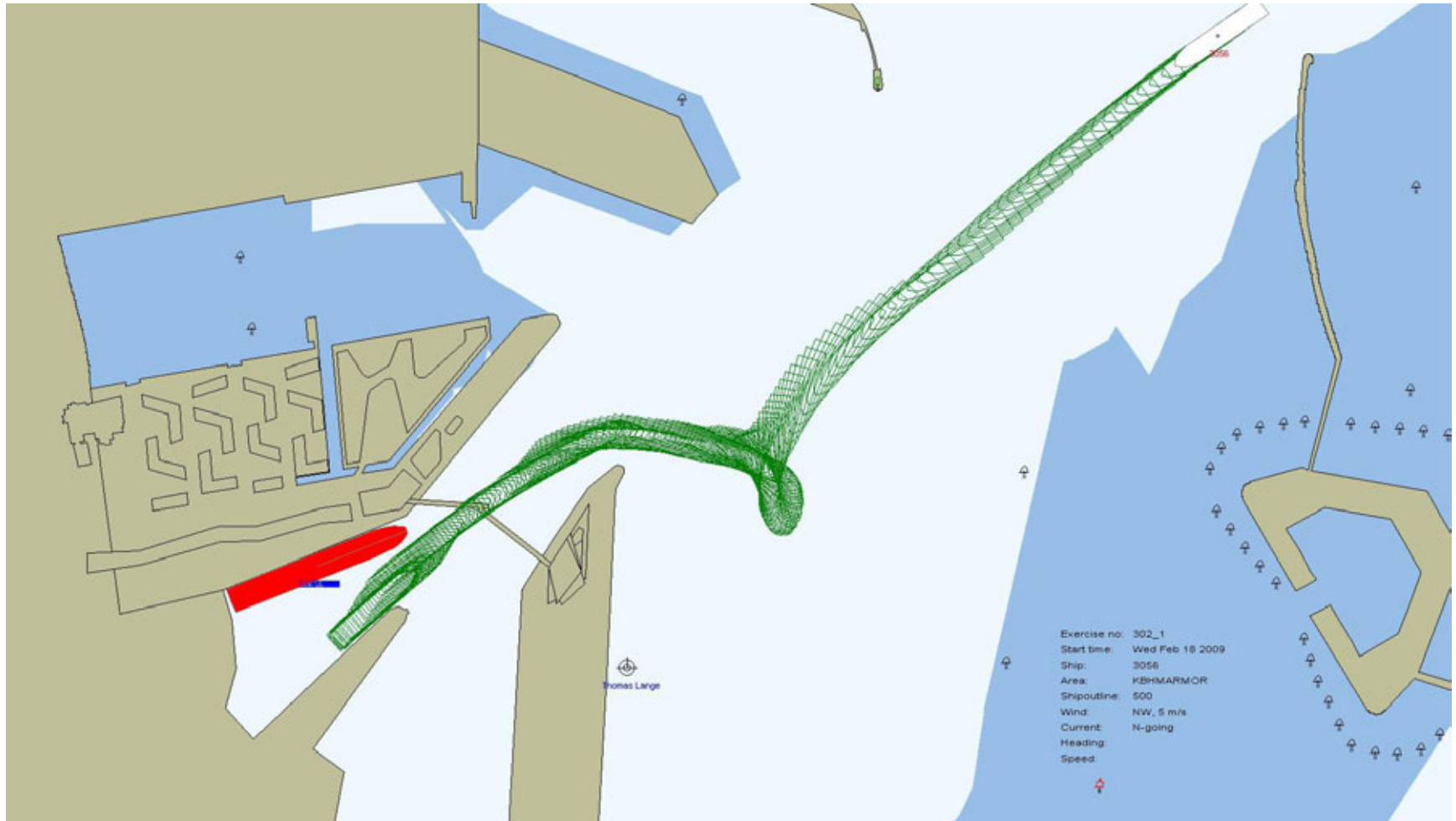
Alle løb samlet for skib 3160 (Olso færge). Grøn er skibets outline og rød er skibet midtpunkt.

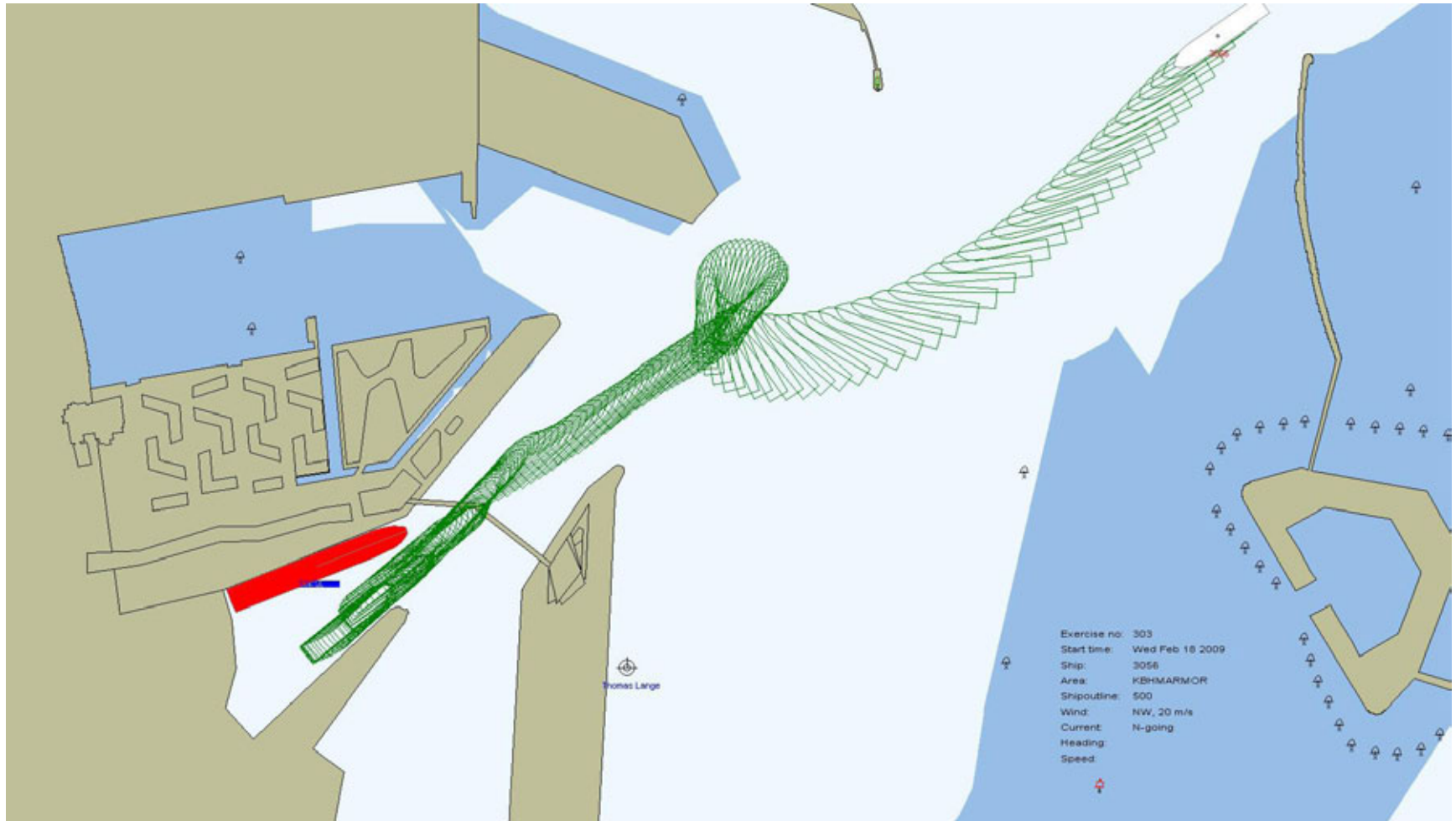
Run Plots 3056
“Polens Færge”

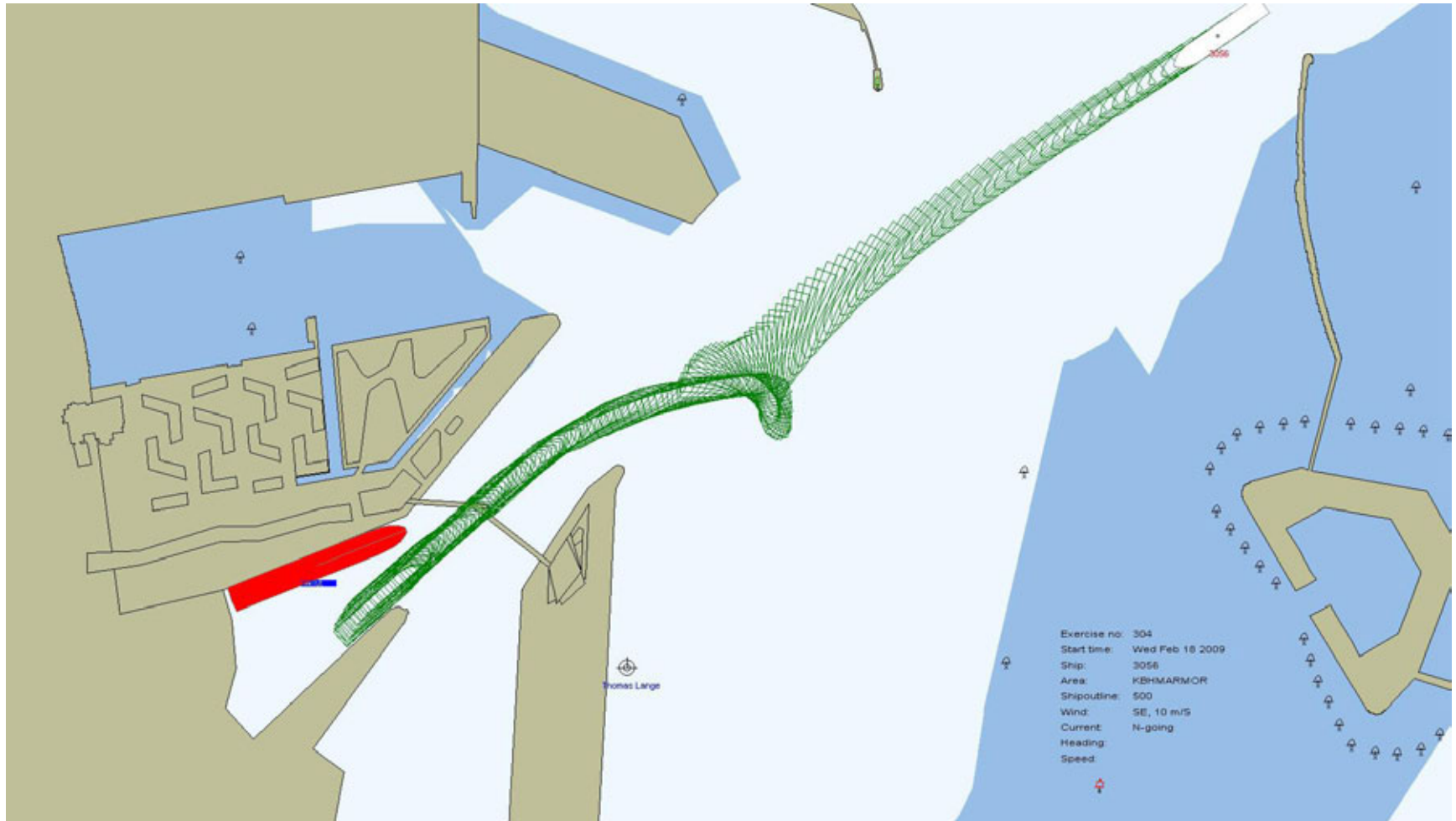


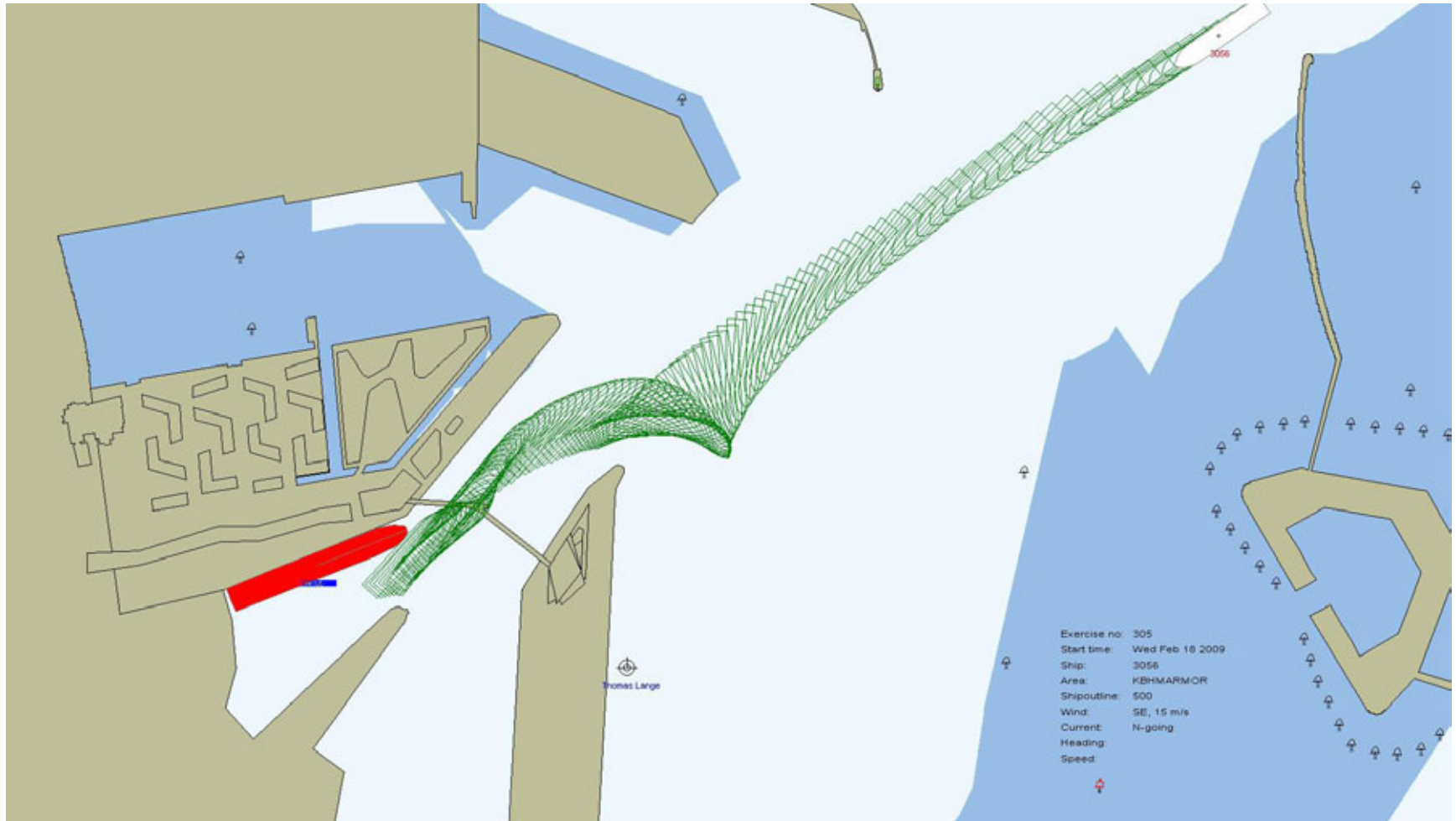


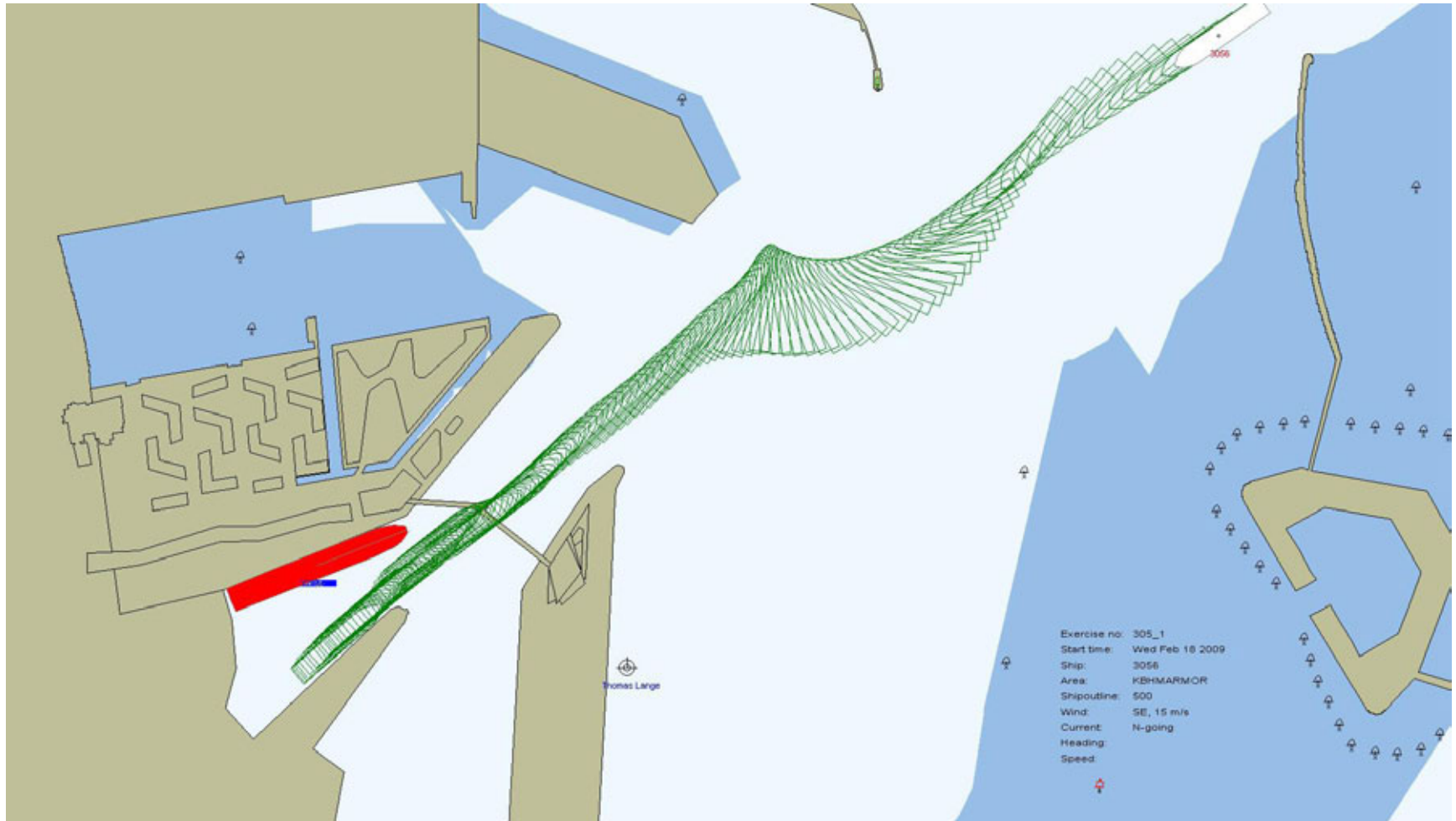


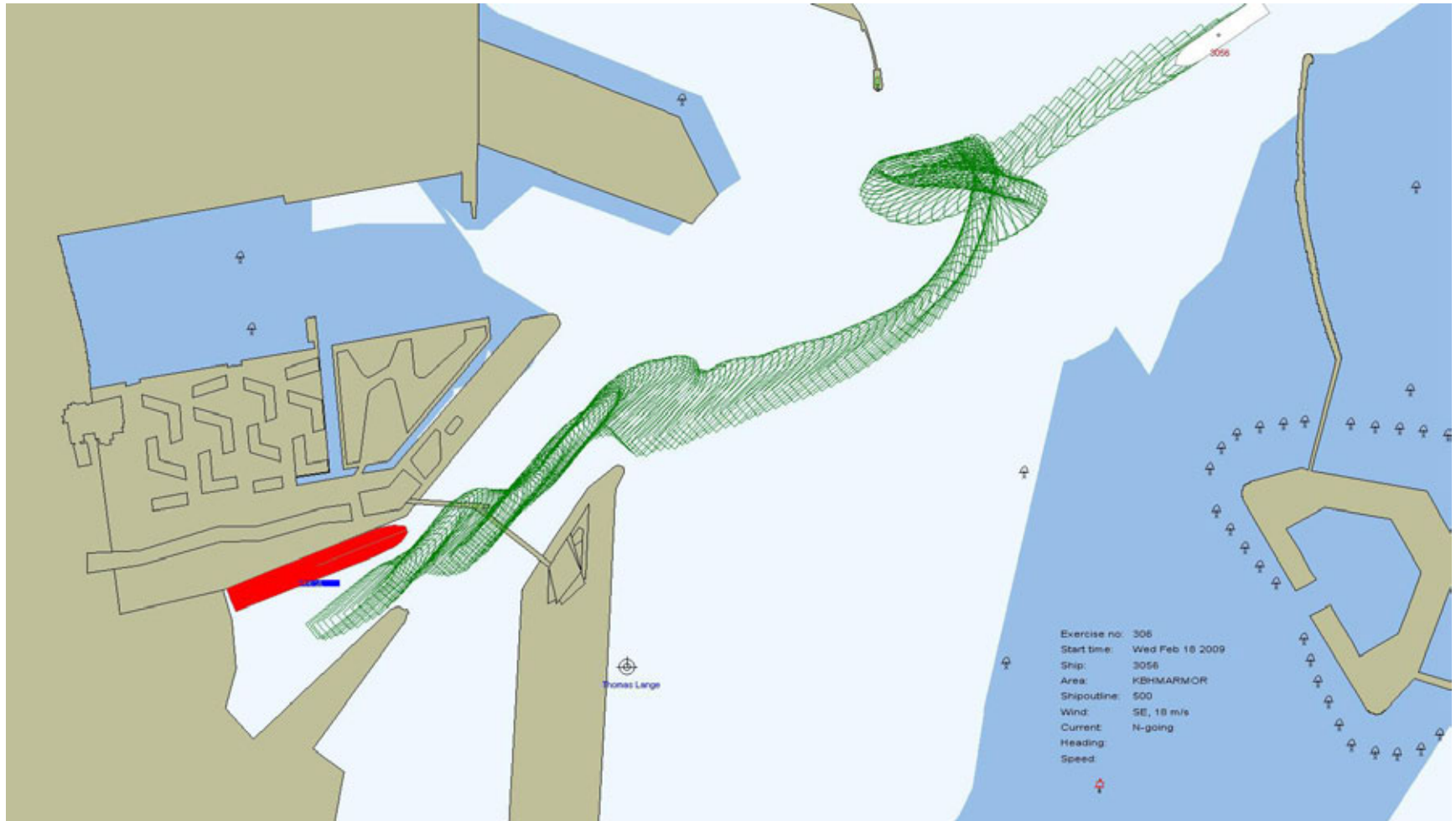


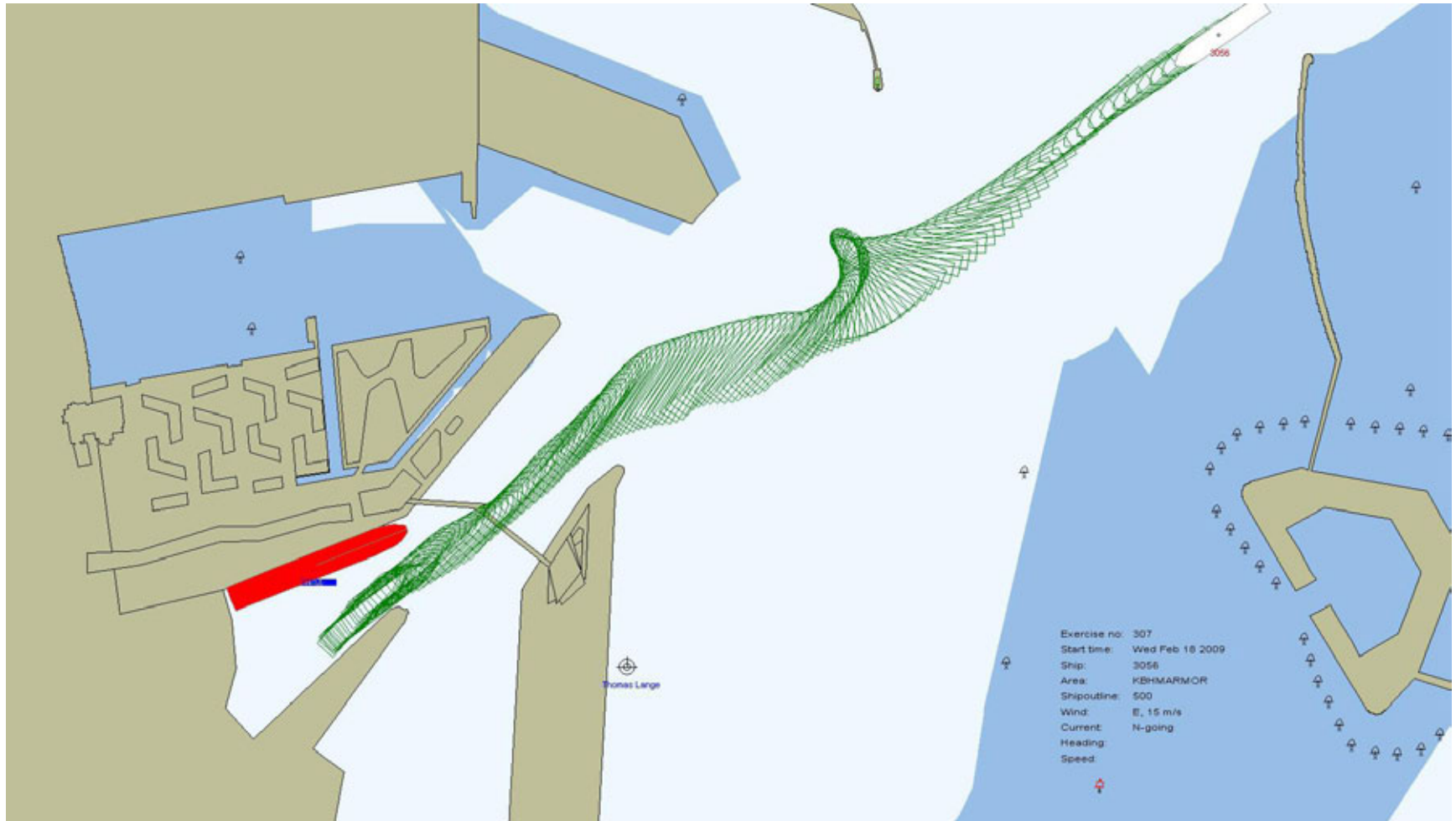




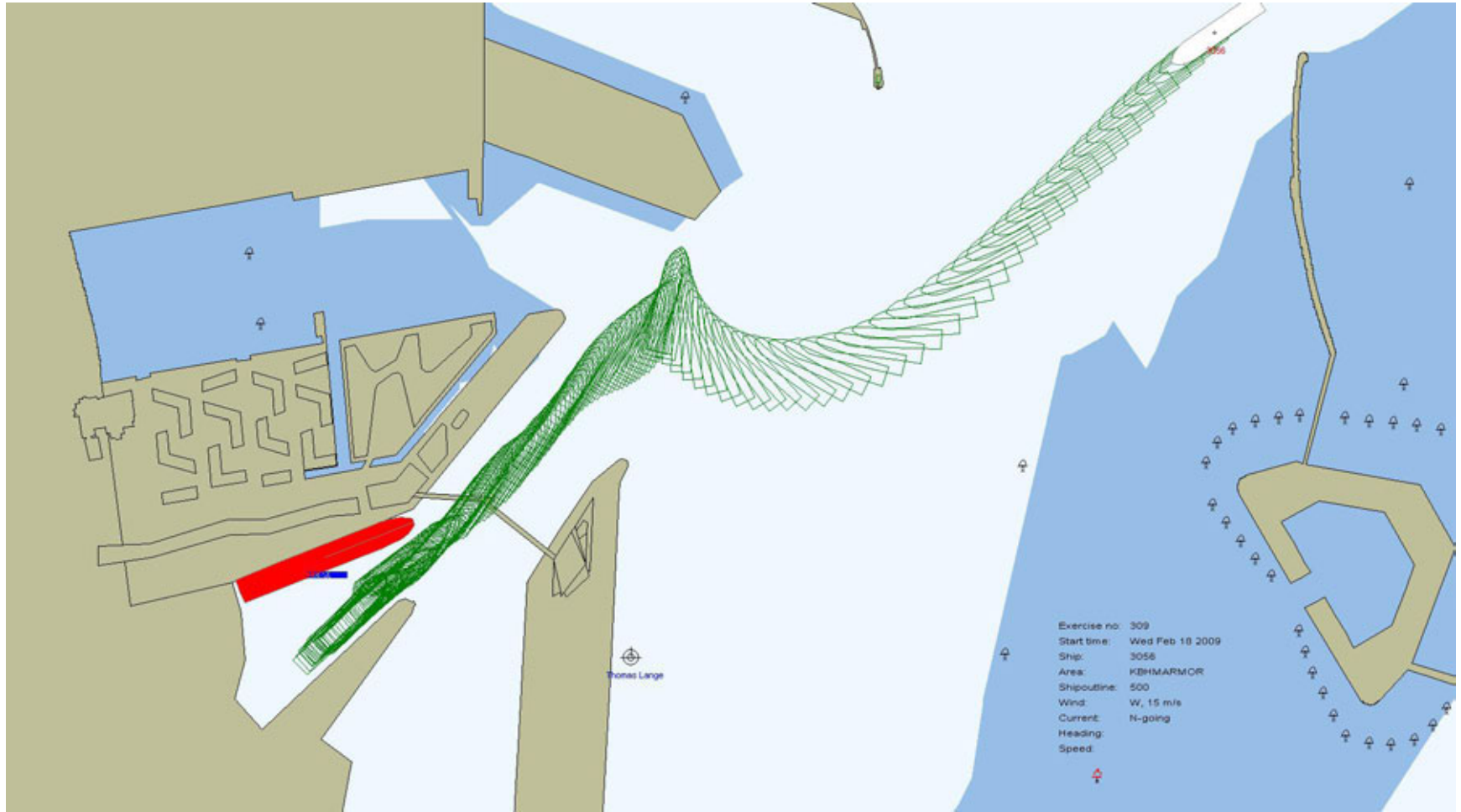


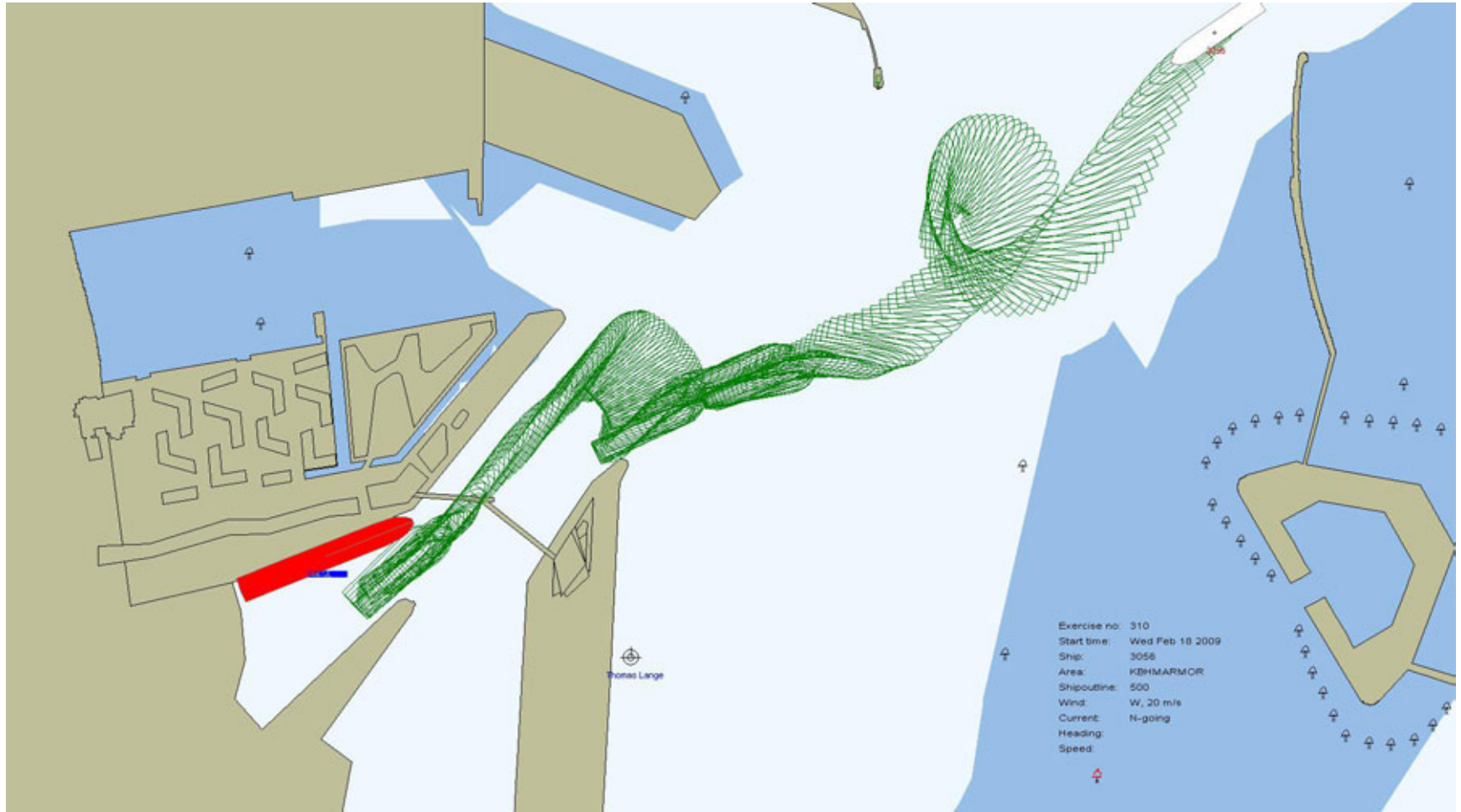


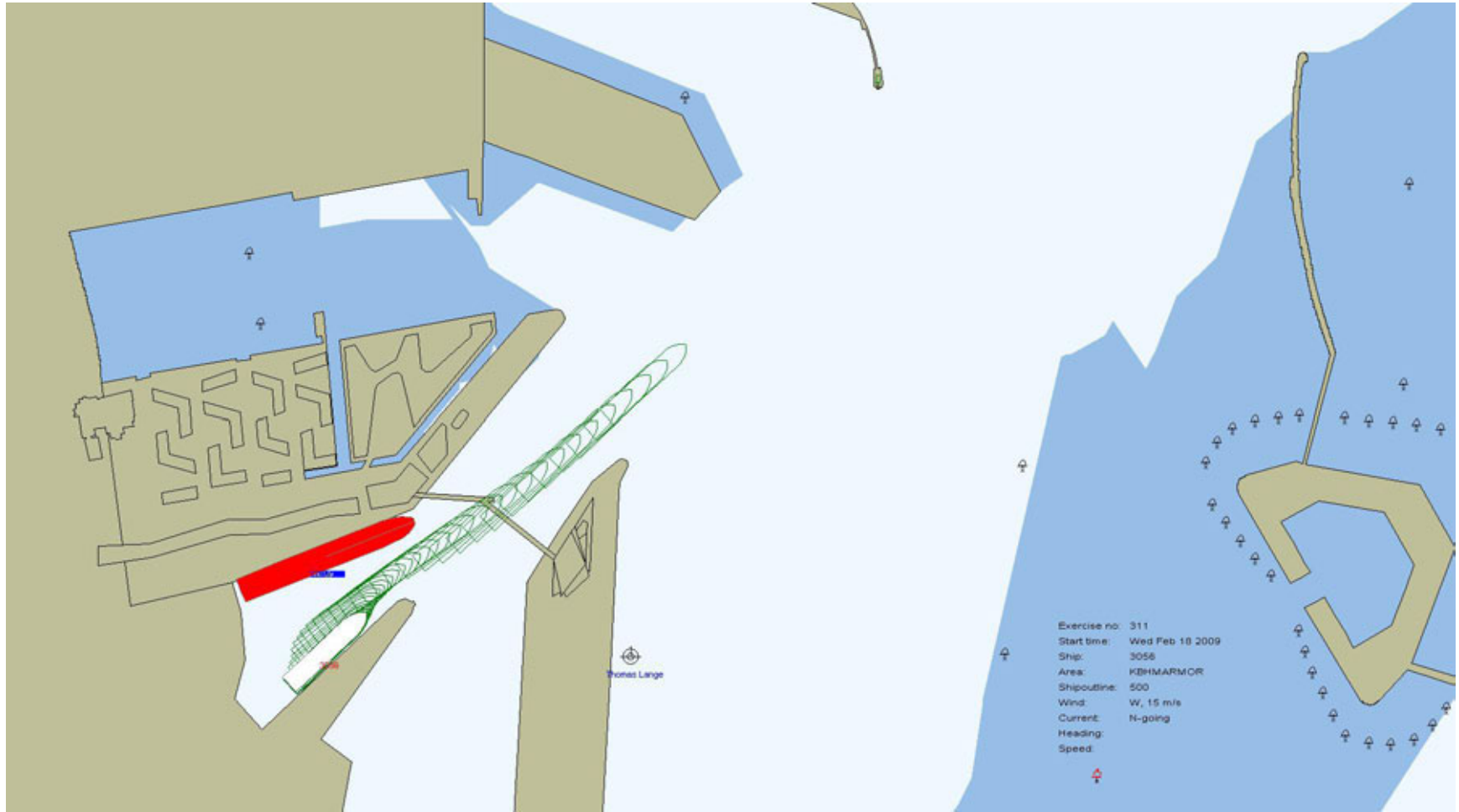




RUN 308 log failed

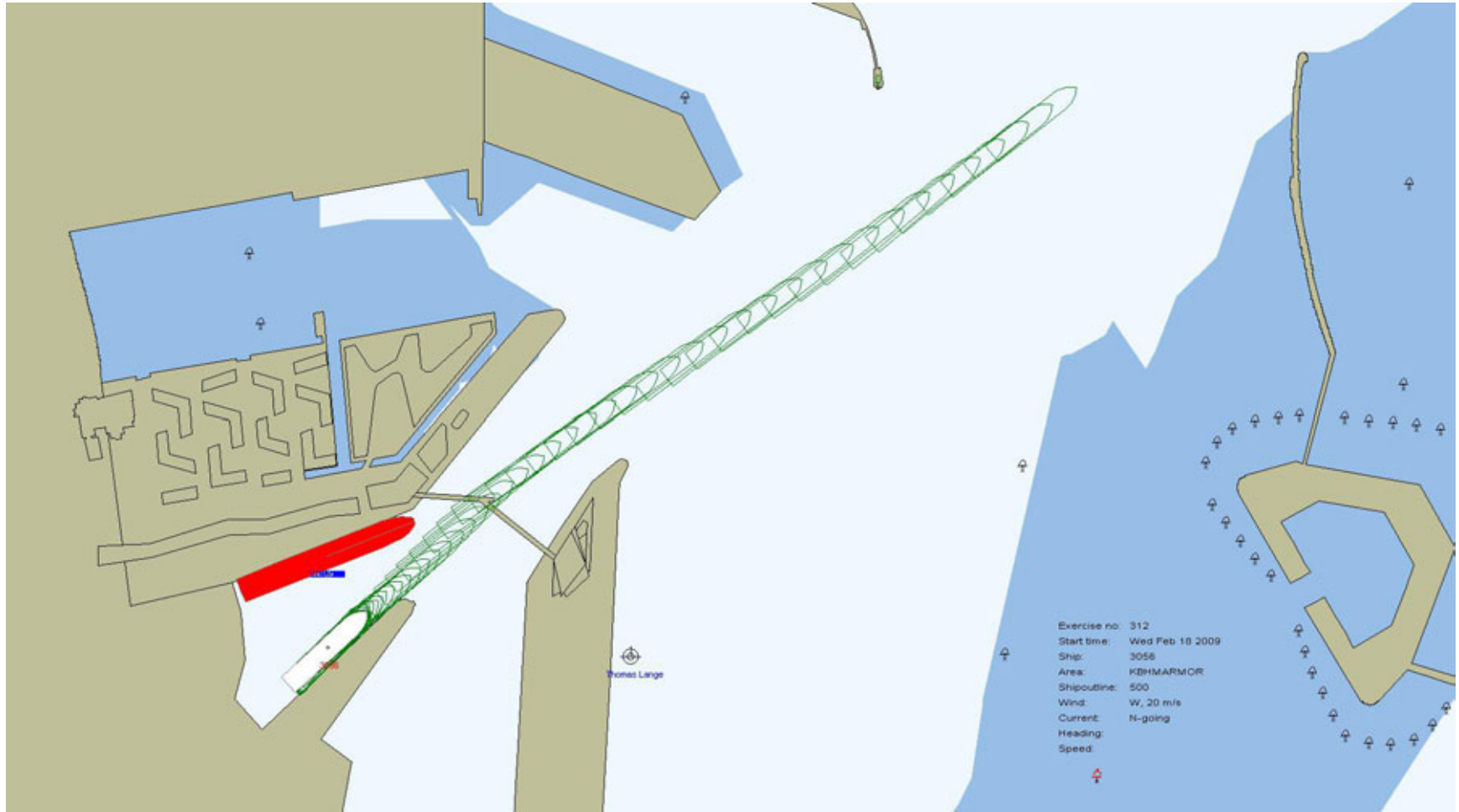




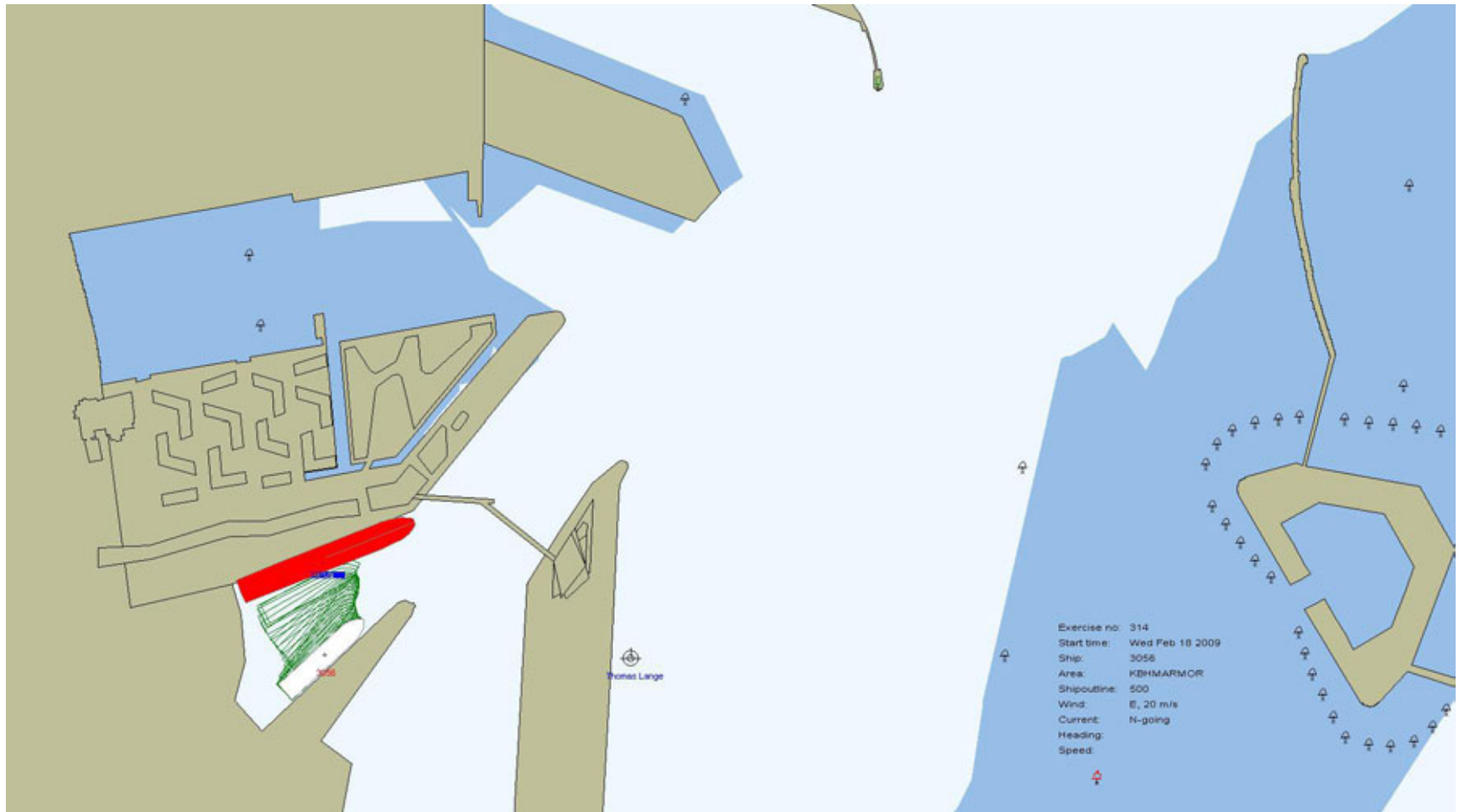


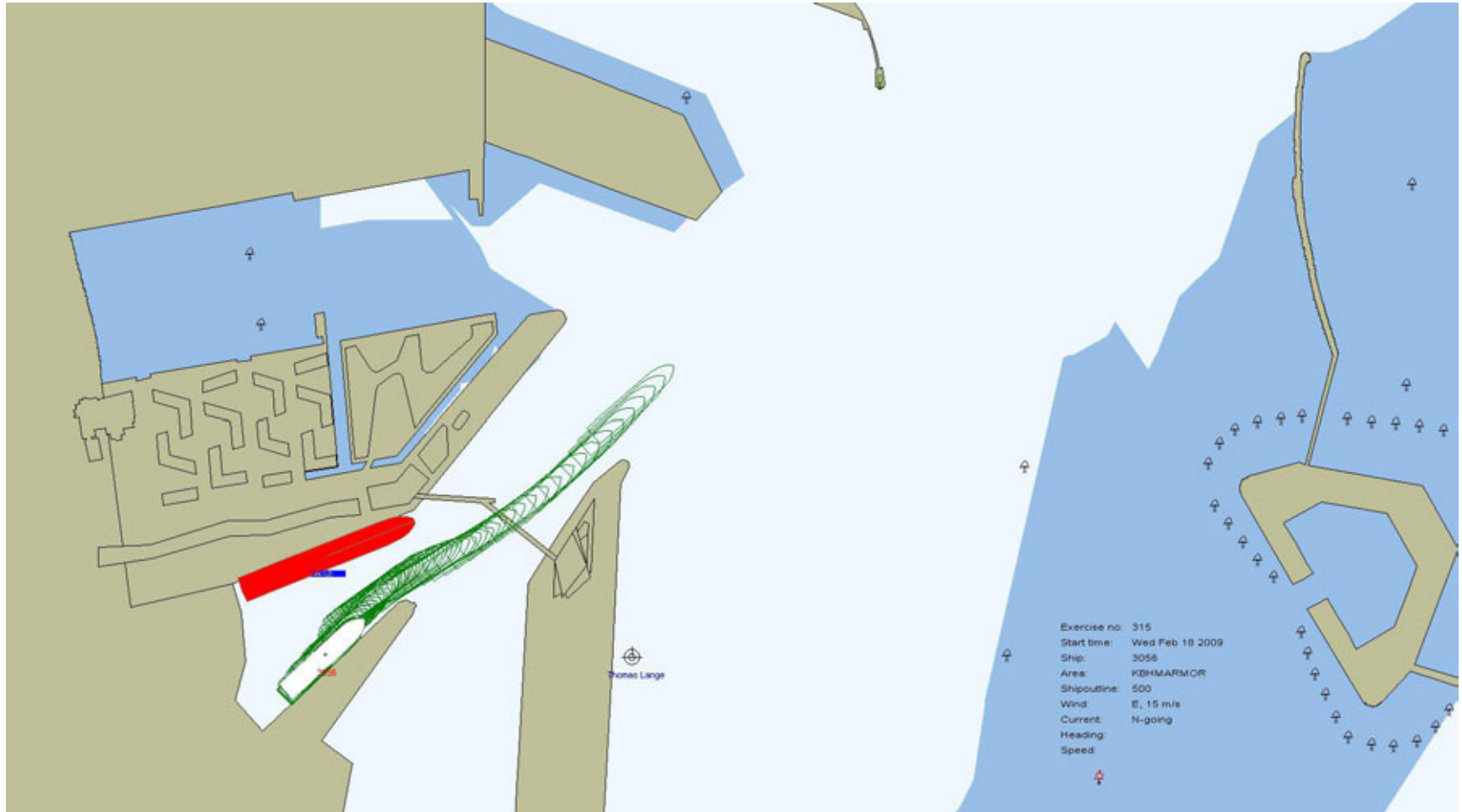
Exercise no: 311
Start time: Wed Feb 18 2009
Ship: 3056
Area: KBHMARMOR
Shipoutline: 500
Wind: W, 15 m/s
Current: N-going
Heading:
Speed:

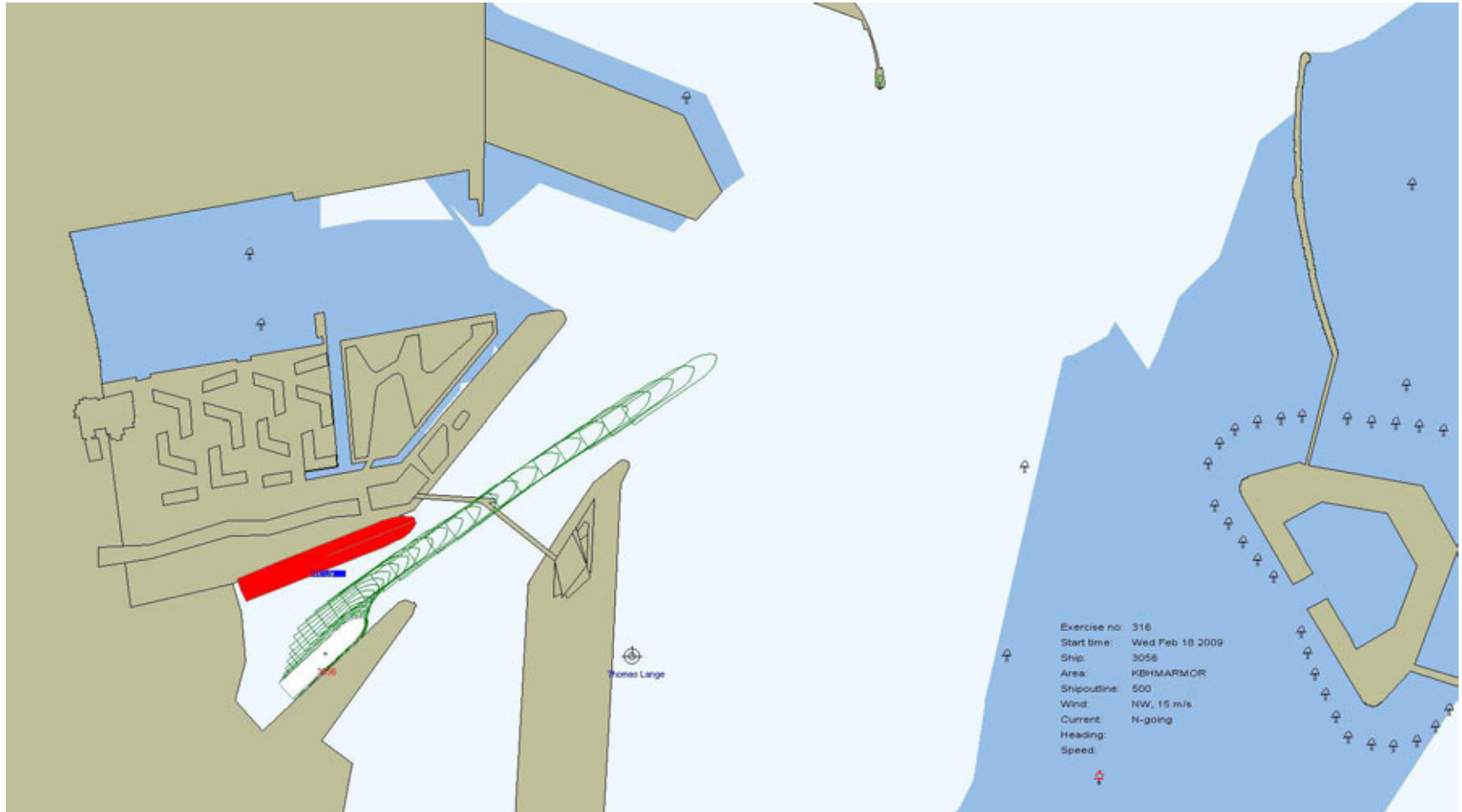




RUN 313 log failed

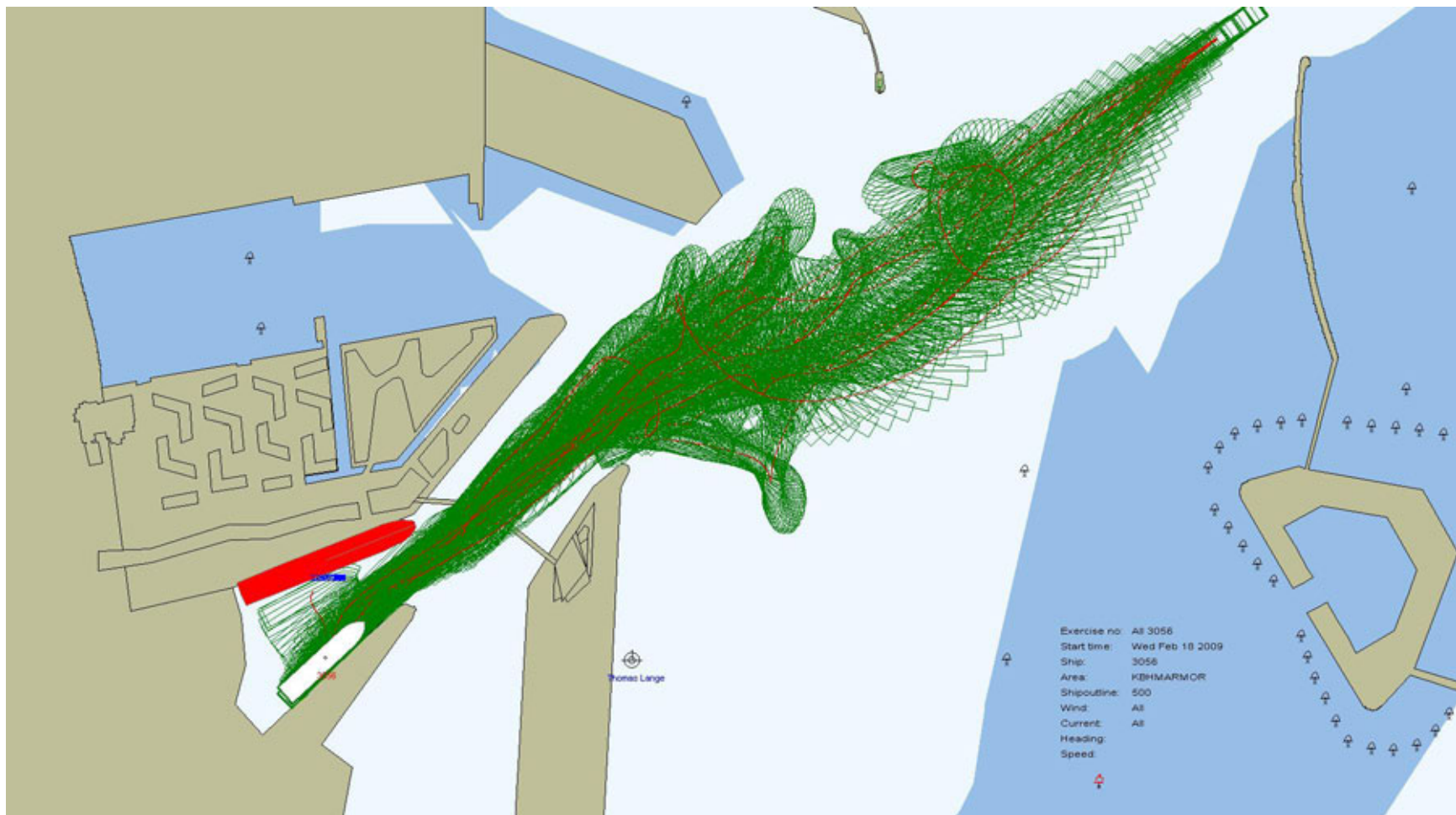






Exercise no: 316
Start time: Wed Feb 18 2009
Ship: 3056
Area: KBHMARMOR
Shipoutline: 500
Wind: NW, 15 m/s
Current: N-going
Heading:
Speed:





Alle løb samlet for skib 3056 (Polens færge). Grøn er skibets outline og rød er skibet midtpunkt.

Appendiks B

Skibsbeskrivelser:

3160, Færge, Oslo færge

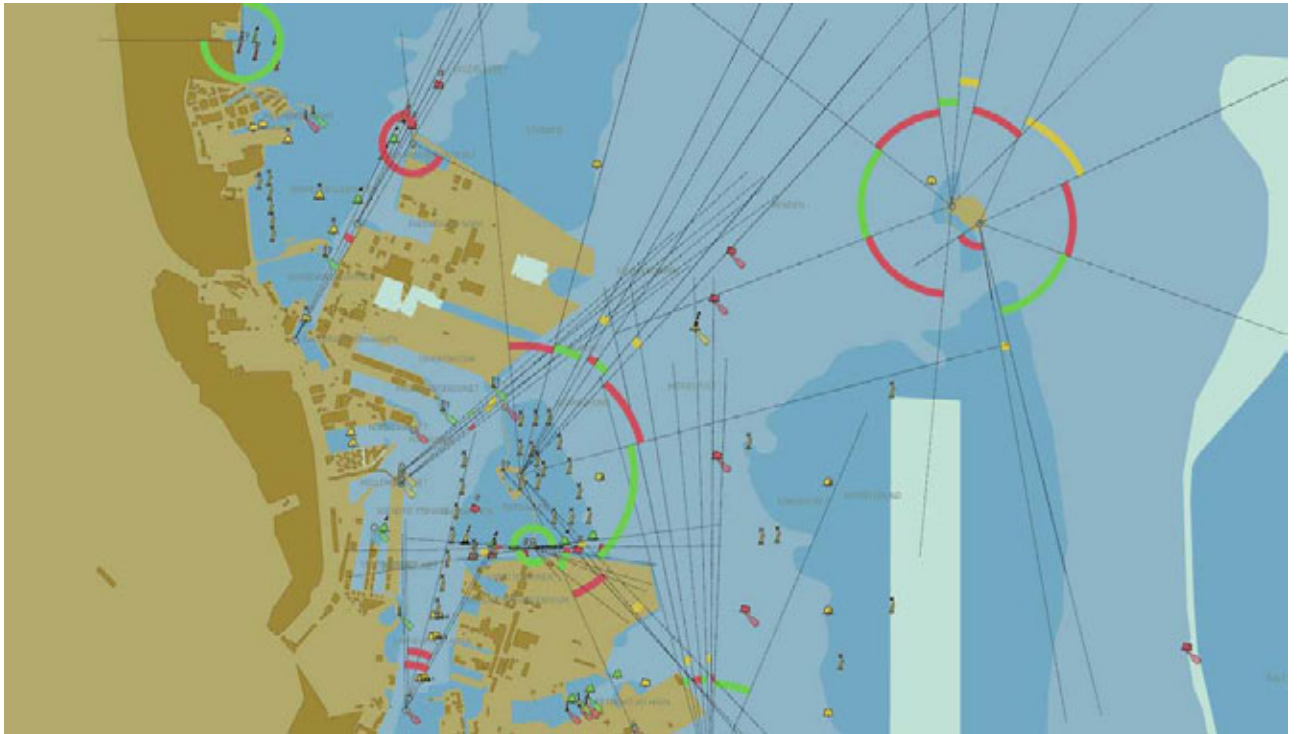
3056, Færge, Polens færge

3297, Ro-Ro, "Tor Magnolia"

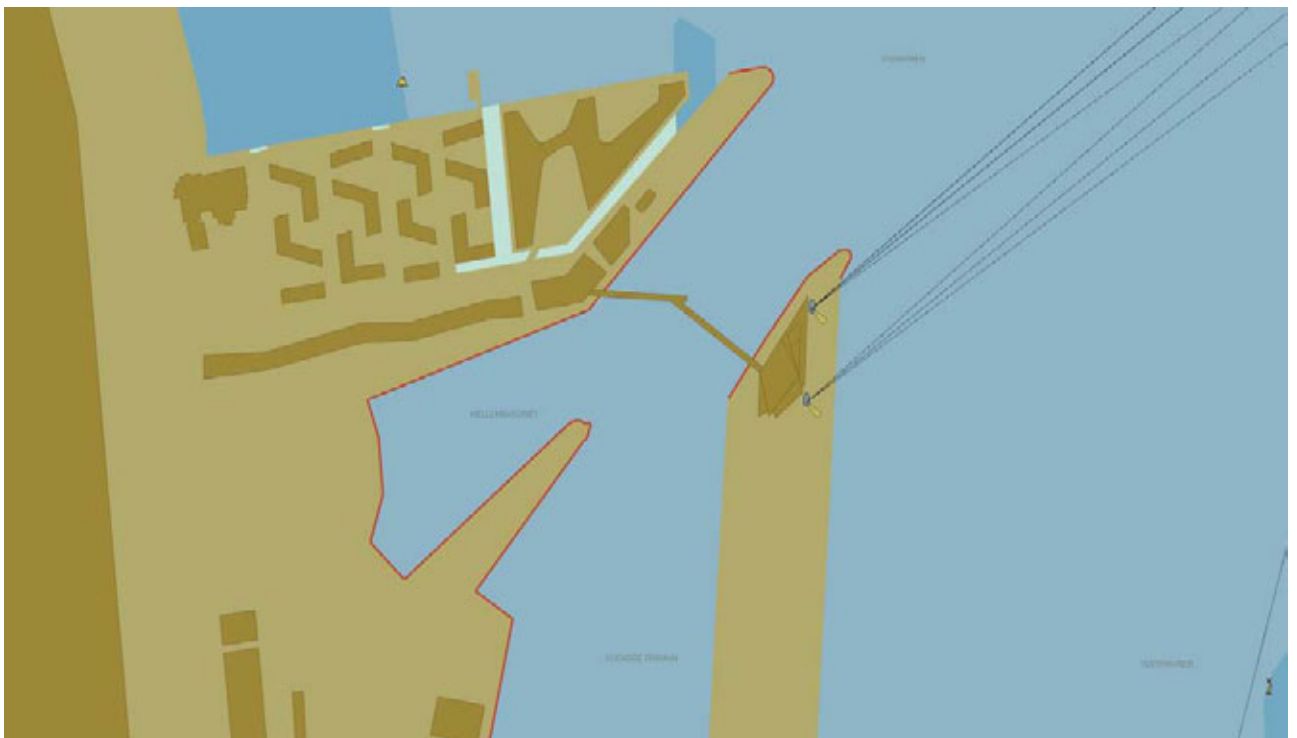
Appendiks C

Områdebeskrivelse:

Københavns Havn
Marmormolen, 2009



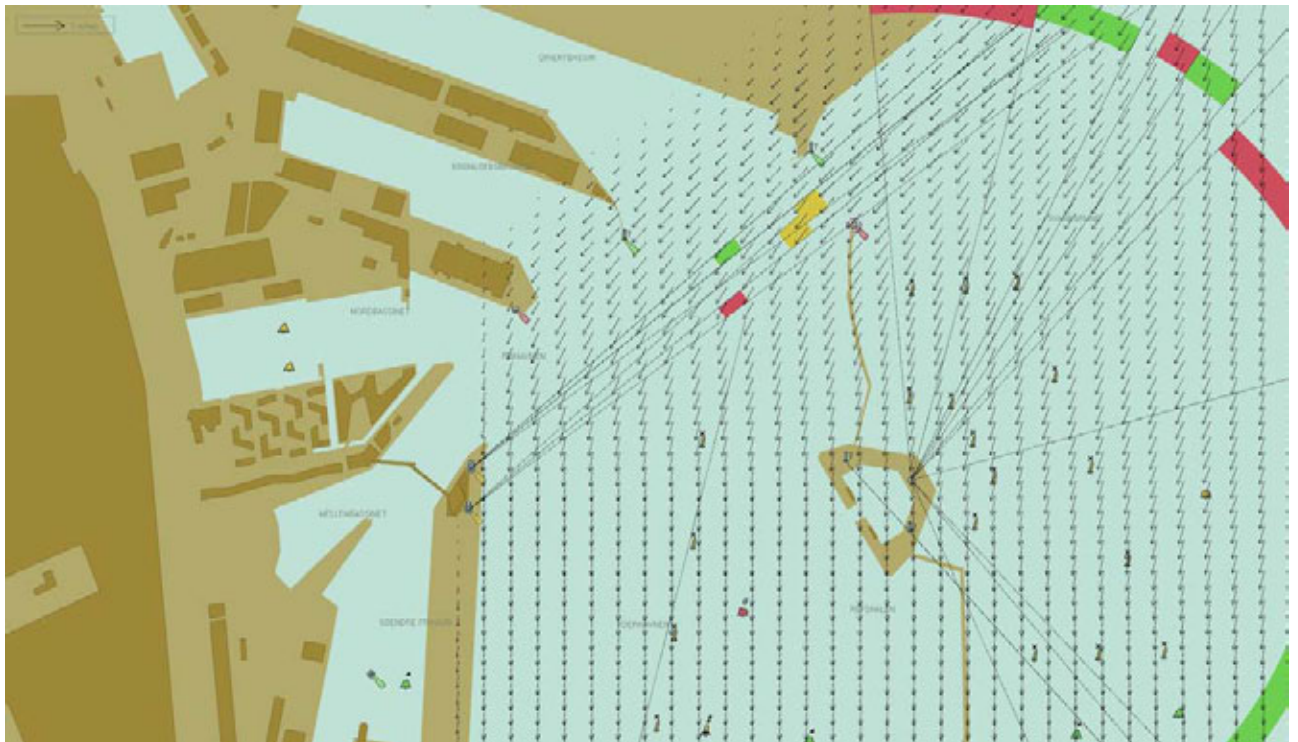
Københavns Havn Overview



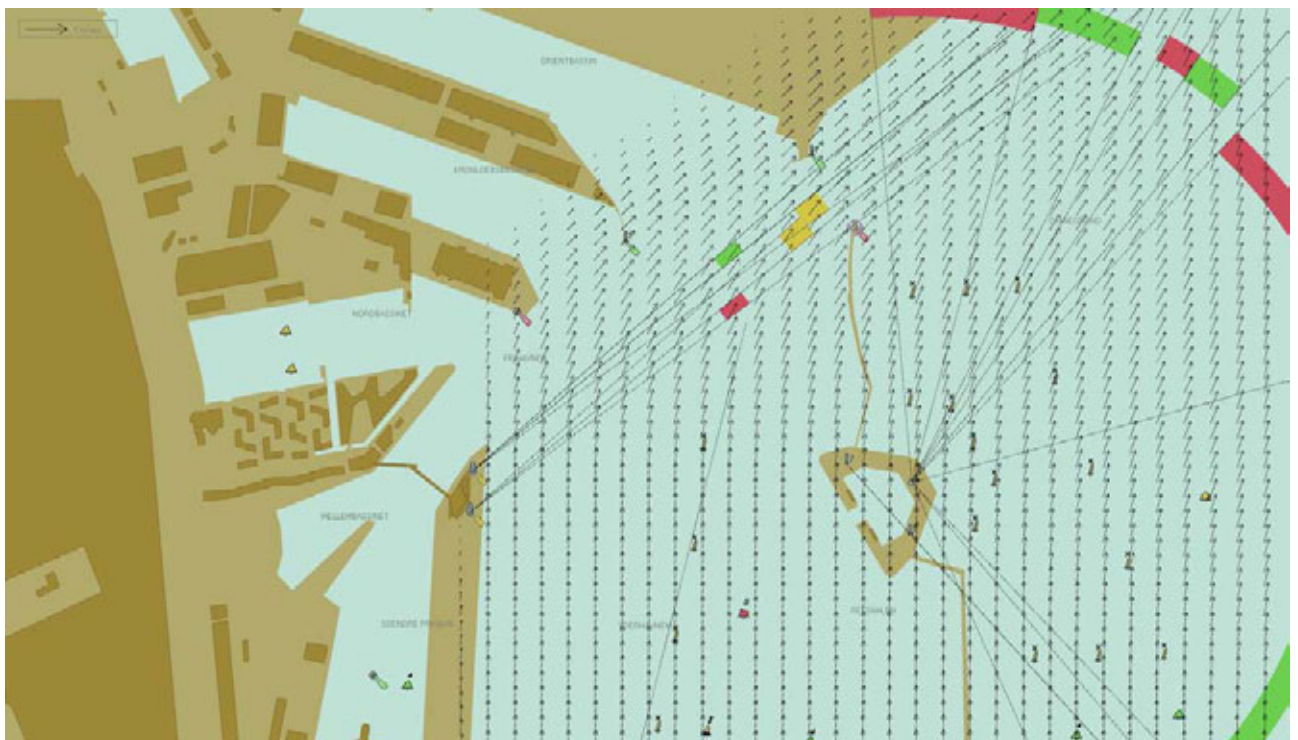
"Marmormolen" med nye bygninger



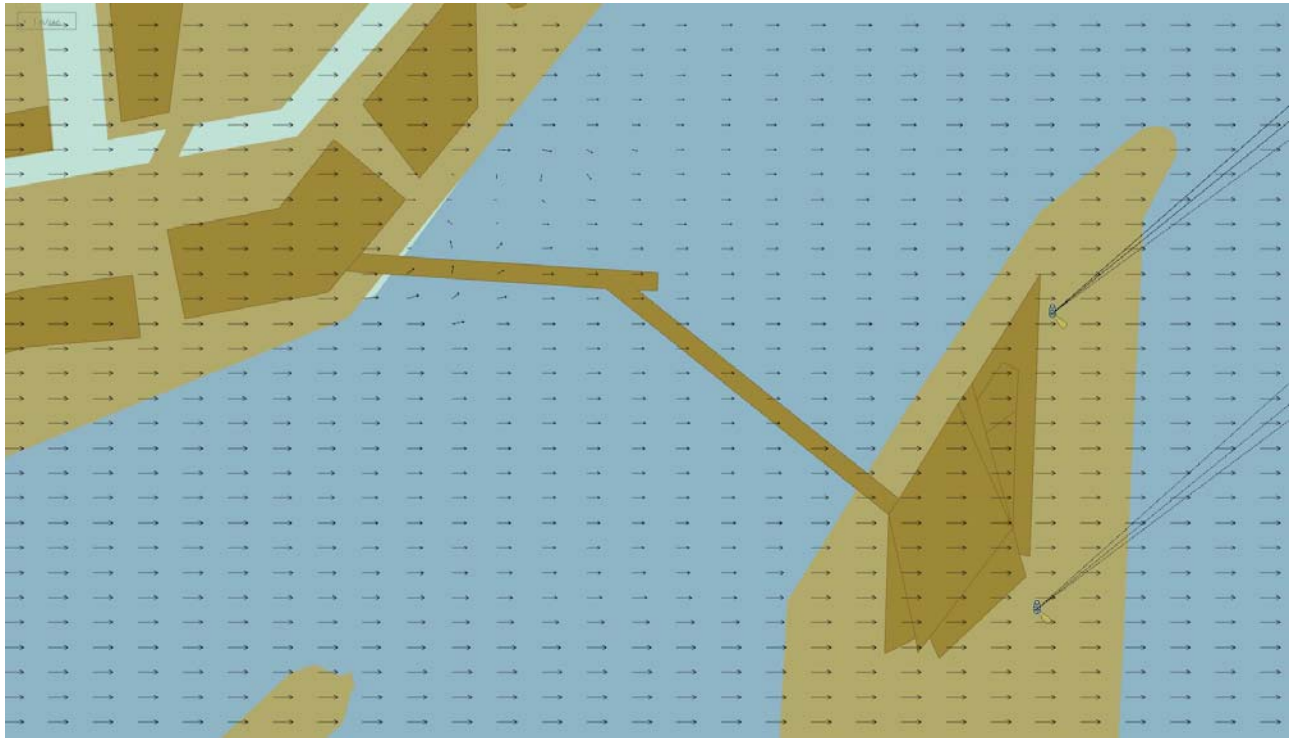
Dybder 2, 5, 9, 10, 15, 20 m



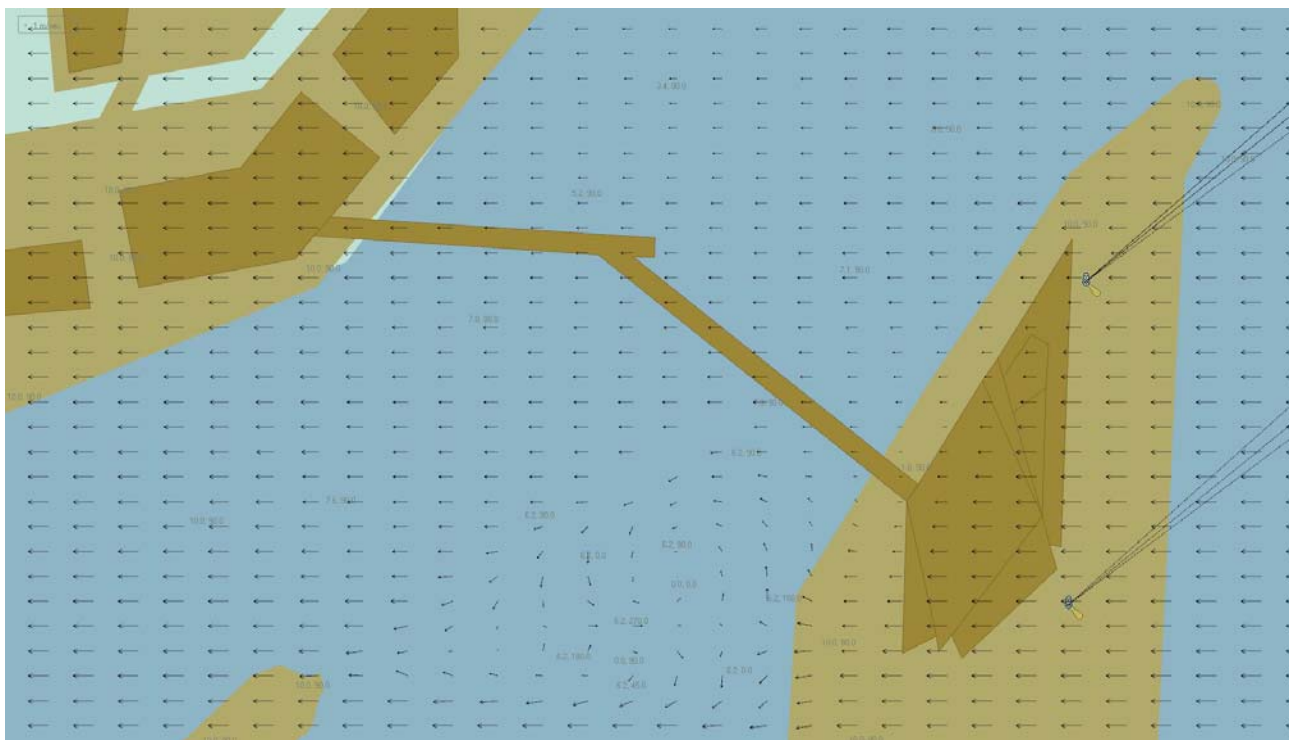
Sydgående strøm. Pil i øverste højre hjørne indikerer 1 m/s



Nordgående strøm. Pil i øverste højre hjørne indikerer 1 m/s



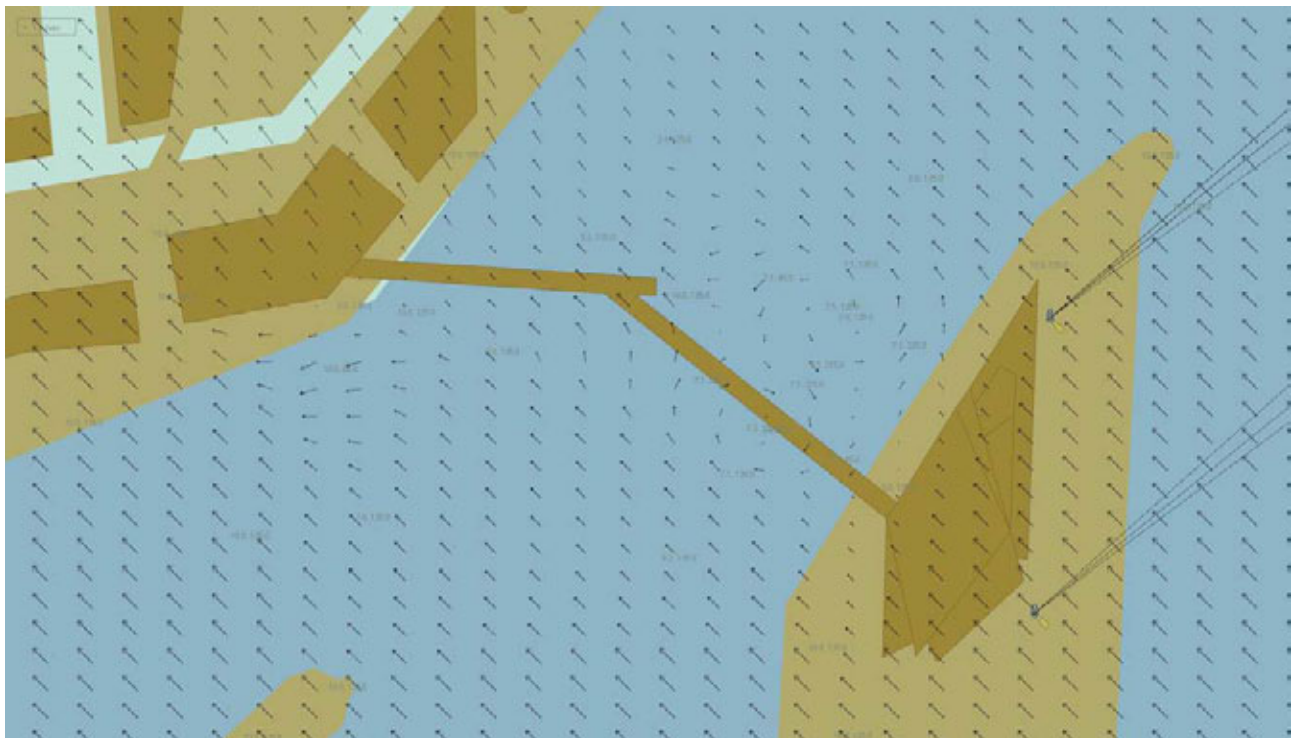
Vind fra Vest (nom. 10 m/s)



Vind fra Øst (nom. 10 m/s)



Vind fra Nordvest (nom. 10 m/s)



Vind fra Sydøst (nom. 10 m/s)

Appendiks D

Vindbeskrivelse

Wind definitions in relation to the simulators wind speed indicator versus the vessel's wind speed indicator.

In the simulator the wind speed is given in "meteorological wind speed". This wind speed is not equal to the wind speed read from the wind indicator of the ship. As a tentative comparison the following facts and assumptions can be given:

Wind indicator registers the wind speed e.g. in 35 meters height.

Coefficient for calculating wind forces in the simulator refers to wind speed in 10 meters height and a mean value of a 10-minute sampling period.

Wind information from meteorological sources should refer to wind in 10 meters height.

Read-out from a wind indicator will typically refer to the mean value of a 5 second sampling period.

The variation of the mean wind in the height z above ground level is found by the formula:

$$u_z = u_{10} \times \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha$$

u_z = Wind speed in a certain height

u_{10} = Wind speed in 10 meters height

α = Power constant (0,12 over sea, 0,16 over land, 0,28 over town).

z = Wind speed indicator height above the surface

Using Engineering Sciences Data Unit (ESDU) 72026 we find the following ratio between "Max 5 second wind" and "mean 10 minutes wind" equal to 1,25.

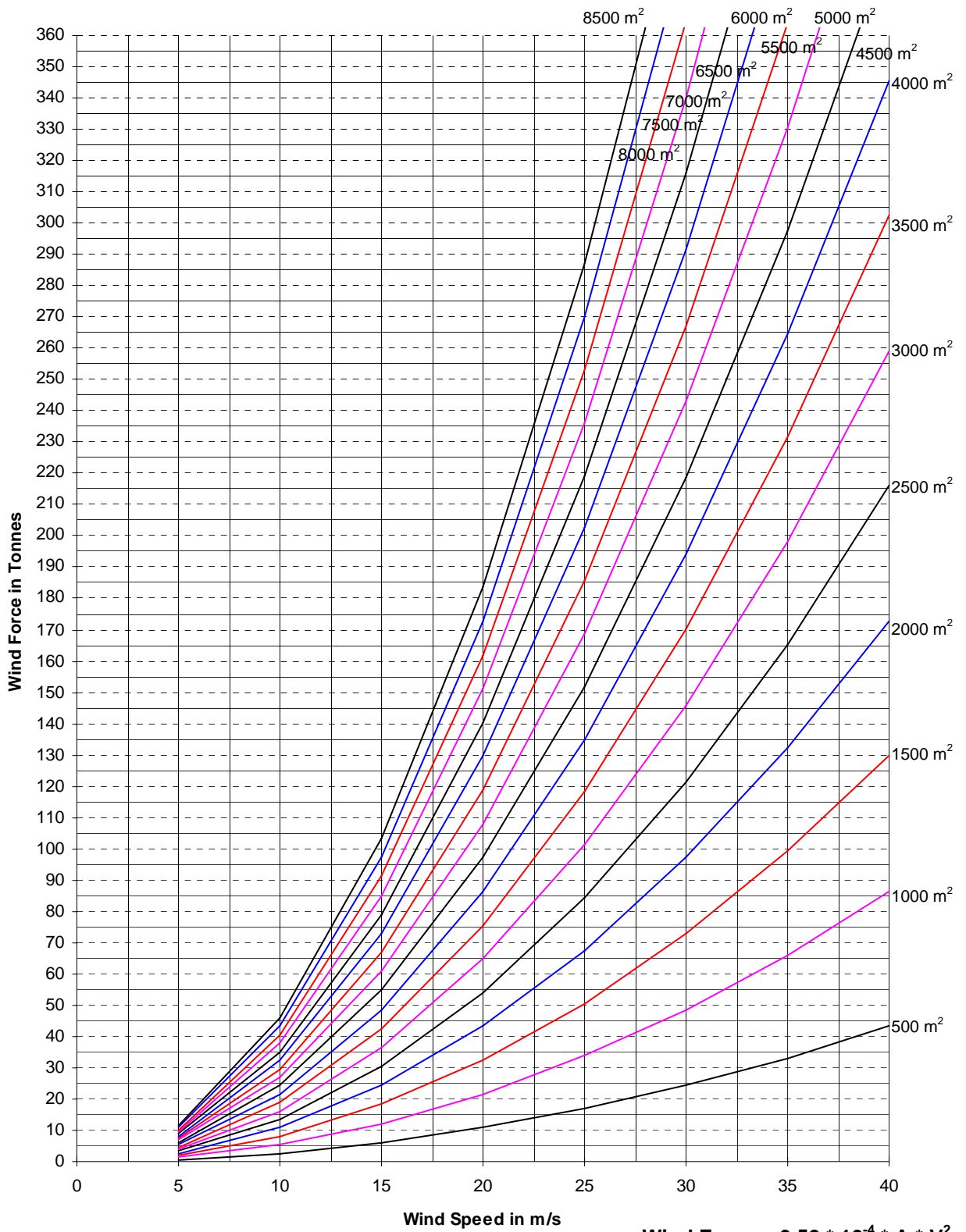
Example:

Wind read out on wind indicator (on vessel, height 35 m) = 25 m/s

10 min. mean wind in e.g. 35 m height = 25 / 1,25 = 20 m/s

10 min mean wind in 10 m height = $20 / \left(\frac{35}{10} \right)^{0,12} = 17,2 \text{ m/s}$

This means that what the navigator correctly reads as a wind speed of 25 m/s corresponds to a "meteorological" wind speed of 17,2 m/s.



$$\text{Wind Force} = 0.52 \cdot 10^{-4} \cdot A \cdot V^2$$

$$A = \text{Beam Wind area in m}^2$$

$$V = \text{Wind speed in m/s}$$

Marmormolen P/S

Marmormolen - Miljøreddegørelse

Teknisk baggrundsrapport for støj og
vibrationer

Marts 2009

Marmormolen P/S

Marmormolen - Miljøreddegørelse

Teknisk baggrundsrapport for støj og
vibrationer

Marts 2009

Dokument nr. 65487-4
Version nr. 2.0
Udgivelsesdato 30. marts 2009

Udarbejdet JVM
Kontrolleret JNIR
Godkendt JVM

The logo for COWI, consisting of the word "COWI" in a bold, white, sans-serif font, set against a dark grey rectangular background.

Indholdsfortegnelse

1	Resume	3
2	Indledning	5
3	Vejledende støjgrænser	7
	Vejledende grænseværdier for støj i anlægsfasen	7
	Vejledende grænseværdier for støj i driftsfasen	7
	Vejledende støjgrænser for omgivelsernes støjpåvirkning	8
4	Metode og forudsætninger	9
	Anlægsfase, væsentlige arbejdsprocesser	9
	Driftsfasen, væsentlige aktiviteter	10
	Omgivelsernes støjpåvirkning af Marmormoleområdet	10
5	Eksisterende forhold	12
6	Støj i anlægsfasen	13
	Afværgeforanstaltninger i anlægsfasen	14
	Overvågning	14
7	Støj i driftsfasen	15
8	Omgivelsernes støjbelastning på Marmormolen	16
	Støj fra jernbaner	16
	Støj fra skibe i Mellembassin	16
	Støj fra containerterminal	19
9	Oversigt over eventuelle mangler ved støjundersøgelserne	20
10	Vibrationer	21
	Grænser for vibrationer	21

Vurdering af vibrationer i anlægsfasen	22
Vurdering af vibrationer fra togtrafik	22
11 Referencer	23
12 Bilag	24
Bilag 1 - Støjkilders kildestyrker	24
Bilag 2 - Støjudbredelse anlægsarbejder - Ramning af kajspuns ved hotel	25
Bilag 3 - Støjudbredelse anlægsarbejder - Pæleramning hotel	26
Bilag 4 - Støjudbredelse anlægsarbejder - Udgravning hotel	27
Bilag 5 - Støjudbredelse anlægsarbejder - Ramning af kajspuns ved FN-Byen	28
Bilag 6 - Jernbanetraffic - Støjudbredelse L_{den}	29
Bilag 7 - Færger i Mellembassin - Dagperiode	30
Bilag 7a - Færger i Mellembassin - Dagperiode	31
Bilag 8 - Færger i Mellembassin - Aftenperiode	32
Bilag 8a - Færger i Mellembassin - Aftenperiode	33
Bilag 9 - Færger i Mellembassin - Natperiode	34
Bilag 9a - Færger i Mellembassin - Natperiode	35
Bilag 10 - Støj fra Containerterminal - Dagperiode	36
Bilag 11 - Støj fra Containerterminal - Aftenperiode	37
Bilag 12 - Støj fra Containerterminal - Natperiode	38
Bilag 13 - Støjudbredelse anlægsarbejder - Pæleramning Tårn på Langelinie	39

1 Resume

Projektet for Marmormolen omfatter etablering af hotel, bolig-øer og erhvervsbebyggelser. Der udføres indfatninger med spuns. Der vil forekomme en række delprojekter, som vil strække sig ud over hele byggeperioden.

Der er udført beregninger og vurderinger af støjbelastningen i omgivelserne fra projektet dels i anlægsfasen dels i driftsfasen samt vurderinger af omgivelsernes støjbelastning på de kommende bebyggelser. Der er udført summariske vurderinger af vibrationspåvirkningen.

Det fremgår af beregningerne for anlægsaktiviteterne, at under begrænsede anlægsarbejder (spuns- og pæleramning) i områdets vestlige dele vil boligområder langs Østbanegade blive belastet marginalt over de vejledende støjgrænser. Der er anvist støjdæmpende foranstaltninger, som vil medføre at overskridelserne kan undgås. Under alle øvrige anlægsaktiviteter vil ingen boligområder eller støjfølsomme områder blive belastet med støjniveauer over den vejledende støjgrænse i dagperioden (70 dBA). Det er forudsat, at alle støjende aktiviteter alene udføres i dagperioden.

Støj i driftsfasen vurderes primært at stamme fra køle- og ventilationsanlæg samt fra kørsel til og fra områdets virksomheder og boliger. Det forudsættes, at køle- og ventilationsanlæg for de nye bebyggelser projekteres, så de vejledende støjgrænser i omgivelserne overholdes. Ligeledes forudsættes, at eventuelle interne kørsler indrettes, så omgivelserne ikke støjbelastes over de vejledende støjgrænser.

Området påvirkes af støj fra færges, containeraktivitet, krydstogtskibe og andre aktiviteter i havnen. Desuden fra Svanemølleværket og andre eksterne kilder. Derudover forekommer støj fra vejtrafik og jernbanetrafik.

Beregninger viser, at støj fra togtrafikken og fra containerterminalen ikke vil overskride de vejledende støjgrænser ved de nye bebyggelser.

Støj fra færgerne i Mellembassinet viser overskridelser af den vejledende støjgrænse i natperioden for dele af bolig-øerne. Støjen bliver til en vis grad skærmet af erhvervsslangen, som ligger mellem færges og boliger. Ved at forhøje dele af erhvervsslangen og reducere støjtransmissionen gennem hullet i erhvervsslangen kan støjen reduceres til de vejledende grænser.

Støj fra færgerne viser desuden overskridelser af den vejledende støjgrænse på erhvervsslangens sydfacade. Etablering af specielt lydisolerende facadekonstruktioner vil medføre, at den indendørs støjgrænse vil være overholdt.

Beregningerne af støj fra krydstogtterminalen viser, at støjen herfra ikke vil overstige de vejledende støjgrænser.

De mest vibrationsgivende anlægsaktiviteter er ramning af spuns og ramning af pæle. De nærmeste vibrationsfølsomme ejendomme er etageboligerne på Østbanegade og Langelinie Alle, som ligger mere end 80 m fra anlægsaktiviteterne. I denne afstand forekommer der erfaringsmæssigt ikke overskridelser af de angivne grænser.

I Miljøstyrelsens vejledning 1/1997 "Støj og vibrationer fra jernbaner" angives en minimumsafstand på 50 m fra nærmeste spor til ny bebyggelse. Når denne er overholdt, medfører togtrafikken ikke generende vibrationer i boliger. Afstanden mellem spor og hotel er 60 m, og således på den sikre side.

2 Indledning

Som led i myndighedsbehandlingen for området Marmormolen er der udarbejdet en række tekniske baggrundsrapporter, som dokumenterer de undersøgelser og beregninger, der ligger til grund for vurderingerne af områdets virkninger på miljøet og omgivelsernes påvirkning af området. Denne tekniske baggrundsrapport behandler støj og vibrationer og er udarbejdet på grundlag foreliggende planer i februar 2008.

Projektet for Marmormolen omfatter etablering af en række bebyggelser, hvoraf de vigtigste er:

- FN-byen
- Hotel
- Erhvervsslange
- Tårn på Marmormolen
- Tårn på Langelinie
- Bolig-ø vest
- Bolig-ø øst

Desuden etableres kaj anlæg, kanaler og inddæmmede områder.

I nedenstående Figur 2.1 vises området.



Figur 2.1 Marmormoleområdet

De støjmæssige konsekvenser af etableringen af området vurderes dels i anlægsfasen dels i driftsfasen.

Anlægsfasen er delt i en række delprojekter, som strækker sig over perioden 2010-2020. FN-byen og hotellet forventes at blive etableret 2010-2012.

For driftsfasen vurderes den støjmæssige effekt primært at stamme fra køle- og ventilationsanlæg samt fra den genererede trafik.

Området påvirkes af støj fra havneaktiviteter og andre eksterne kilder, bl.a. Containerterminalen og Svanemølleværket. Desuden fra vejtrafik og jernbanetrafik. Belastningen fra disse aktiviteter er beregnet eller vurderet ud fra oplysninger om omfang af aktiviteter oplyst af By & Havn og for jernbanetrafikken fra Banedanmark. Vejtrafikken vurderes ikke i denne rapport.

Der angives forslag til afværgeforanstaltninger ved overskridelser af støjkrav.

Rapporten er opdelt i en støjreddegørelse og en mere summarisk vibrationsvurdering.

3 Vejledende støjgrænser

Vejledende grænseværdier for støj i anlægsfasen

I anlægsfasen anvendes de vejledende støjgrænser for støj fra anlægsaktiviteter. I Københavns Kommune er disse angivet i "Forskrift for visse miljøforhold ved bygge- og anlægsarbejder i Københavns Kommune" af 12. oktober 2006.

Kommunen har følgende vejledende støjgrænser, som angivet i tabel 3.1.

Art og tidspunkt	Støjgrænse Københavns Kommune
Støjende arbejde, hverdage kl. 07-18, L_{Aeq} i dB	70
Alle arbejder, hverdage kl. 18-07, L_{Aeq} i dB	40
Lørdage, søn- og helligdage, hele døgnet, L_{Aeq} i dB	40
Alle dage kl 22-07, L_{Amax} i dB	55

Tabel 3.1 Københavns Kommunes støjgrænser for anlægsaktiviteter

Københavns Kommune har desuden et krav om, at mobile nedknusningsanlæg i dagperioden ikke må støje mere end $L_{Aeq}=55$ dB.

Kommunen har derudover et krav om, at der ved arbejdets udførelse skal anvendes maskiner og arbejdsmetoder, der begrænser støjbelastningen i omgivelserne mest muligt.

Vejledende grænseværdier for støj i driftsfasen

I driftsfasen, hvor de primære støjklender er køle- og ventilationsanlæg anvendes de vejledende støjgrænser, som er angivet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984 "Ekstern støj fra virksomheder" med tillæg af juni 2007. Støjgrænserne heri afhænger af omgivelsernes støjfølsomhed. For etageboliger i omgivelserne er støjgrænserne 50/45/40 dB(A) for henholdsvis dag-, aften- og natperioden.

Vejledende støjgrænser for omgivelsernes støjpåvirkning

Støj fra færger, containeraktivitet, krydstogtskibe og andre havneaktiviteter vurderes at være omfattet af grænserne for virksomhedsstøj. Ifølge Planloven må støjfølsomme bebyggelser kun opføres på støjbelastede områder, såfremt projektet indeholder støjreducerende foranstaltninger, som sikrer den fremtidige anvendelse mod støjgener. Dette vil normalt være overholdt, hvis støjen ikke overstiger de vejledende støjgrænser, som er angivet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984 "Ekstern støj fra virksomheder" med tillæg af juni 2007. Støjgrænserne heri afhænger af støjfølsomheden og er for udvalgte områder angivet i nedenstående tabel 3.2.

Områdetype	Mandag-fredag kl. 07-18 lørdag kl 07-14	Mandag-fredag kl. 18-22 lørdag kl. 14-22 søn- og helligdage kl. 07-22	Alle dage kl. 22-07
2. Erhvervs- og industriområder med forbud mod generende virksomheder	60	60	60
3. Områder for blandet bolig- og erhvervsbebyggelse, centerområder (bykerner)	55	45	40
4. Etageboligområder	50	45	40
5. Boligområder for åben og lav boligbebyggelse	45	40	35

Tabel 3.2 Vejledende grænseværdier for støjbelastningen L_r i dB(A) fra virksomheder målt udendørs

Området påvirkes desuden af støj fra jernbanetrafik. Støjen herfra reguleres i henhold til Miljøstyrelsens vejledning nr. 1/1997 "Støj fra jernbaner" med tillæg af juni 2007. Støjgrænsen for ny boligbebyggelse er L_{den} 64 dB og for hoteller L_{den} 69 dB.

4 Metode og forudsætninger

Støjbelastningen i omgivelserne fra anlægsaktiviteter på Marmormolen og Langelinie, fra støj fra havneaktiviteter og fra jernbanetraffic er beregnet med de nordiske beregningsmodeller og bliver præsenteret på støjudbredelseskort. Beregningerne er foretaget på grundlag af oplysninger fra By & Havn omkring de forskellige aktiviteter samt fra Banedanmark omkring jernbanetraffic.

De beregnede støjbelastninger vil blive sammenlignet med Københavns Kommunes vejledende grænseværdier for støj fra anlægsaktiviteter og de øvrige aktiviteter med Miljøstyrelsens vejledende støjgrænser.

Beregningerne af støj fra anlægsaktiviteter og støj fra havneaktiviteter er udført med programmet SoundPLAN ver. 6.4, som udfører beregninger ud fra den nordiske beregningsmetode for ekstern støj fra virksomheder, jf Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993.

Støjniveauerne vil blive udtrykt ved det ækvivalente A-vægtede lydtrykkniveau i dag-, aften- og natperioden, L_{Aeq} i dB og blive vist på støjudbredelseskort samt i udvalgte beregningspunkter.

På grundlag af projektets beskrivelser af de forventede anlægsaktiviteter i byggeperioden er der udvalgt perioder, hvor de mest støjende aktiviteter forventes at forekomme.

Støj fra jernbanetraffic på området vil blive beregnet med den nordiske beregningsmetode Nord2000, og støjbelastningen L_{den} vil blive angivet ud for facaderne af hotel og boliger samt på udbredelseskort.

Anlægsfase, væsentlige arbejdsprocesser

Projektet er endnu på et stade, hvor kun overordnede tidsplaner og planer for anlægsaktiviteterne foreligger. På grundlag heraf og vores erfaringer med tilsvarende projekter er der udpeget de forventede mest støjbelastede aktiviteter.

Disse er angivet nedenfor med de primære støjklender angivet i parentes.

1. Etablering af kaj- og kanalindfatninger
(rambuk med hydraulisk hammer, gravemaskiner, lastbiler)

2. Etablering af byggegrubeindfatninger
(rambuk med hydraulisk hammer, gravemaskiner, lastbiler)
3. Ramning af pæle til fundering
(rambuk med hydraulisk hammer, gravemaskiner, lastbiler)
4. Nedrivning
(gravemaskiner, hydraulisk hammer, lastvogne)
5. Udgravning og almindelige byggeaktiviteter
(gravemaskiner, lastvogne, betonvogne).

Der er regnet på støjdbredelse fra 5 situationer

- Ramning af kajspuns ved hotel
- Pæleramning ved hotel
- Udgravning for hotel byggegrube
- Ramning af kajspuns ved FN-Byen
- Pæleramning for tårnbygning på Langelinie

Disse aktiviteter vurderes at beskrive de mest støjende perioder i anlægsforløbet.

Der er anvendt kildestyrker for de forskellige entreprenørmaskiner, som er målt af COWI eller angivet i diverse litteratur. En del er bestemt i forbindelse med anlægget af den eksisterende del af Metroen i København og CityTunneln i Malmø.

Liste over de anvendte kildestyrker fremgår af bilag 1.

Anlægsaktiviteterne foregår som udgangspunkt på hverdage i dagperioden kl. 07-18.

Driftsfase, væsentlige aktiviteter

I driftsfasen vurderes støjen i omgivelserne primært at stamme fra køle- og ventilationsanlæg samt fra kørsel til og fra områdets virksomheder og boliger.

Det forudsættes at køle- og ventilationsanlæg projekteres, så de vejledende støjgrænser i omgivelserne overholdes.

Støj fra områdets vejtrafik er der ikke redegjort for i denne rapport. Der henvises til teknisk baggrundsrapport for vejtrafik.

Omgivelsernes støjpåvirkning af Marmormoleområdet

Området påvirkes af støj fra færger, containeraktivitet, krydstogtskibe og andre aktiviteter i havnen. Desuden støj fra Svanemølleværket og andre eksterne kilder. Derudover støj fra vejtrafik og jernbanetrafik.

Støjbelastningen fra Svanemølleværket og andre eksterne kilder vurderes ikke at ville overskride de vejledende støjgrænser for kommende støjfølsomme byggeselskaber på Marmormoleområdet og er ikke beskrevet yderligere.

Støjbelastningen fra trafik på jernbanen er beregnet baseret på oplysninger fra køreplan 2006 fra Banedanmark. Der foreligger ikke oplysninger om udviklingen i trafikken, men umiddelbart vurderes køreplan 2006 ikke at blive udvidet i væsentlig grad de næste mange år.

Støjbelastningen fra færger i Mellembassin er beregnet på grundlag af oplysninger fra By & Havn om trafikken.

Der er forudsat følgende trafik:

Dagperiode:	Norgesfærge ved kaj, tomgang Polensfærge ved kaj, tomgang Ro-Ro færge ved kaj, tomgang og ind/udkørsel af trailere
Aftenperiode:	Polensfærge ved kaj, tomgang Ro-Ro færge ved kaj, tomgang og ind/udkørsel af trailere
Natperiode:	Ro-Ro færge ved kaj, tomgang og ind/udkørsel af trailere

Kildestyrker for færgerne er oplyst af By & Havn samt målt af COWI. Kildestyrkerne gælder for de nuværende skibe (forår 2009).

Det skal bemærkes, at Ro-Ro færgen anløber i gennemsnit to til tre gange ugentligt i ca. tre timer ad gangen og på vilkårlige tidspunkter af døgnet.

Støj fra containerterminalen på Levantkajområdet er beregnet på grundlag af støjundersøgelse udført af COWI 2005.

Bebyggelsesplanen for de planlagte bebyggelser er modtaget fra By & Havn og fremgår af bilag 7.

5 Eksisterende forhold

De eksisterende støjmæssige forhold i Marmormoleområdet for så vidt angår støj fra togtrafik, fra færgeaktivitet i Mellembassin og fra Containerterminalen er der redegjort for i kapitel 8. Disse aktiviteter vurderes foruden vejtrafikken at være de væsentlige kilder til støj i området.

6 Støj i anlægsfasen

Støjudbredelseskort for de mest støjende anlægsaktiviteter er vist i bilag 2-5 og bilag 13. De skønnede primære støjkloder og deres antal er angivet i bilagene. Det vurderes, at der ikke vil forekomme aktiviteter uden for normal arbejdstid (kl. 07-18). Støjkortene er angivet for højden 14 m over terræn svarende til ca. 5. etage, hvor de højeste støjniveauer forventes at optræde.

I nedenstående tabel 6.1 fremgår støjniveauerne i 3 punkter langs Østbanegade og 1 punkt på Langelinie Alle 43. Punkternes placering fremgår af bilag 2.

Beregningspunkt	Ramning af kajspuns ved hotel	Pæleramning ved hotel	Udgravning byggegrube hotel	Ramning af kajspuns ved FN-Byen	Pæleramning ved tårn Langelinie
Bp A, stuen	61,2	61,1	48,4	53,3	46,9
Bp A, 2.sal	72,3	72,2	61,8	63,9	57,5
Bp A, 4.sal	72,3	72,2	61,4	63,8	56,9
Bp B, stuen	56,2	56,9	42,5	49,3	42,4
Bp B, 2.sal	70,9	72,0	61,2	64,6	57,5
Bp B, 4.sal	70,9	72,0	62,2	64,4	56,8
Bp C, stuen	63,2	63,0	50,3	56,1	50,0
Bp C, 2.sal	69,1	70,2	59,7	63,1	57,8
Bp C, 4.sal	69,1	70,2	59,5	63,0	57,4
Bp D, stuen	62,6	58,8	48,4	63,7	68,0
Bp D, 2.sal	61,7	58,0	47,2	62,3	67,8
Bp D, 4.sal	61,5	57,8	46,7	62,1	67,8

Tabel 6.1 Beregnede støjniveauer L_{Aeq} i dB under anlægsaktiviteter i dagperioden

Det fremgår af beregningerne, at en række boliger langs Østbanegade vil blive belastet med støjniveauer marginalt over grænseværdien på 70 dB(A) i de perioder, hvor der rammes spuns eller pæle i den vestlige del af området, mens boligerne på Langelinie Alle ikke belastes over 70 dB(A) under ramning til tårnet

på Langelinie. Overskridelserne på Østbanegade er beskedne og indenfor beregningsubestemtheden på 5 dB.

Det vurderes, at anlægsstøjen for de nærmeste boliger vil være lavere i alle andre perioder under anlægsarbejderne, således at myndighedernes støjgrænser under det meste af anlægsarbejdet forventes at være overholdt.

Afværgeforanstaltninger i anlægsfasen

Der vurderes kun i begrænsede perioder at være behov for støjdæpende foranstaltninger, da støjgrænserne for anlægsaktiviteter er overholdt ved de fleste faser i byggeriet. Kun under spuns- eller pæleramning i den vestligste del af området kan der i perioder være behov for støjdæpende foranstaltninger, som f.eks. kunne være

- Vibreret spuns i stedet for rammet spuns
- Lokale inddækninger af rammehoved
- Lokale afskærmninger

Disse foranstaltninger vil alle være tilstrækkelige til at den vejledende støjgrænse i dagperioden kan overholdes.

Overvågning

Bygherren vil løbende vurdere entreprenørens støjberregninger og støjmålinger, og der vil ved overskridelser evt. blive stillet krav om supplerende beregninger eller målinger.

7 Støj i driftsfasen

Som tidligere angivet vurderes støjen omgivelserne i driftsfasen primært at stamme fra køle- og ventilationsanlæg samt fra kørsel til og fra områdets virksomheder og boliger.

Det forudsættes, at køle- og ventilationsanlæg for de nye bebyggelser projekteres, så de vejledende støjgrænser i omgivelserne overholdes. Ligeledes forudsættes at eventuelle interne kørsler indrettes, så omgivelserne ikke støjbelastes over de vejledende støjgrænser.

8 Omgivelsernes støjbelastning på Marmormolen

Støj fra jernbaner

Den beregnede støjbelastning L_{den} fra togtrafikken angivet ved støjudbredelseskort for højden 14 m over terræn svarende til 5. etage er angivet i bilag 6.

I nedenstående tabel 8.1 fremgår støjniveauerne i en række punkter i den kommende bebyggelse. Punkternes placering fremgår af bilag 6.

Beregningspunkt	Stueetage	2.sal	4.sal	6.sal
Bp 1, hotel	58,4	62,1	63,2	-
Bp 2 hotel	58,3	62,0	62,5	63,1
Bp 3, bolig	50,7	54,2	56,0	-
Bp 4, bolig	48,4	51,6	52,5	-
Bp 5, bolig	43,9	46,8	48,2	-
Bp 6, erhverv	58,6	62,3	63,3	63,2
Bp 7, erhverv	49,2	61,4	28,1	56,1

Tabel 8.1 Beregnede værdier af støjniveauet L_{den} i dB for togstøj

Det fremgår af støjudbredelseskortet bilag 6 og punktberegningerne, at ingen del af Marmormoleområdet vil blive belastet med togstøj over de vejledende støjgrænser.

Støj fra skibe i Mellembassin

Den beregnede støjbelastning L_{Aeq} fra skibe i Mellembassin angivet ved støjudbredelseskort for højden 14 m over terræn svarende til 5. etage er angivet i bi-

lag 7, bilag 8 og bilag 9 for henholdsvis dag-, aften og natperioden. Beregningerne er udført med en højde af erhvervsslangen på 24 m.

Støjen L_{Aeq} i dB i udvalgte punkter er angivet i nedenstående tabel 8.2.

Beregningspunkt	Dag	Aften	Nat
Bp 3, st.	40,0	42,5	39,9
Bp 3, 2.sal	41,9	43,6	42,2
Bp 3, 4.sal	41,8	43,3	41,2
Bp 4, st.	42,3	45,0	43,1
Bp 4, 2.sal	42,0	44,7	43,2
Bp 4, 4.sal	42,7	44,7	44,1
Bp 5, st.	39,6	42,0	41,7
Bp 5, 2.sal	40,0	41,8	41,5
Bp 5, 4.sal	42,5	42,9	42,2
Støjgrænse, etagebolig	50	45	40
Bp 7, st.	61,5	62,0	62,0
Bp 7, 3.sal	62,4	62,9	62,4
Bp 7, 6.sal	62,5	62,9	62,6
Støjgrænse, erhverv	60	60	60

Tabel 8.2 Støj L_{Aeq} i dB fra skibe i Mellembassin med 24 m høj erhvervsslange

Det fremgår af beregningerne, at støjen i dag- og aftenperioden for boliger på bolig-øerne ikke overstiger de vejledende støjgrænser for etageboliger. I natperioden vil der forekomme overskridelser ved mange boliger. Overskridelserne vil være op til 4 dB og forårsaget af aktiviteterne omkring og af Ro-Ro skibet. Støjen på sydfacaden af erhvervsslangen vil overstige de vejledende støjgrænser med op til 3 dB.

Ifølge Planlovens §15a må støjbelastede arealer kun udlægges til støjfølsom anvendelse, såfremt den fremtidige anvendelse sikres mod støjgener. Boligerne

kan således ikke opføres lovligt, såfremt de vejledende støjgrænser overskrides. En mulig foranstaltning er at forhøje erhvervsslangen, således at den effektivt afskærmer de bagved liggende boliger. En anden mulighed er, at Ro-Ro skibet flyttes, der indføres restriktioner på driften eller der pålægges udført støjreducerende foranstaltninger.

Der er som eksempel udført beregninger med en højde på 27,5 m af den midterste del af erhvervsslangen. Således at de midterste ca 100 m er 27,5 m og resten er 24 m høj. Støjudbredelseskort herfor er angivet i bilag 7a, 8a og 9a. I bilagene er den midterste del afgrænset af to streger.

Støjen L_{Aeq} i dB med den forhøjede erhvervsslange i de udvalgte punkter er angivet i nedenstående tabel 8.3.

Beregningspunkt	Dag	Aften	Nat
Bp 3, st.	33,3	37,0	37,0
Bp 3, 2.sal	33,6	36,9	36,2
Bp 3, 4.sal	33,7	36,2	36,2
Bp 4, st.	39,9	42,7	42,5
Bp 4, 2.sal	40,4	42,8	42,4
Bp 4, 4.sal	41,8	43,8	43,2
Bp 5, st.	39,1	41,6	41,3
Bp 5, 2.sal	39,0	41,0	40,6
Bp5, 4.sal	40,1	41,8	41,3
Støjgrænse etagebolig	50	45	40
Bp 7, st.	61,5	62,0	61,9
Bp 7, 3.sal	62,4	62,8	62,3
Bp 7, 6.sal	62,6	62,9	62,5
Støjgrænse, erhverv	60	60	60

Tabel 8.3 Støj L_{Aeq} i dB fra skibe i Mellembassin med partiel 27,5 m høj erhvervsslange

Det fremgår af beregningerne, at for de udvalgte beregningspunkter, som alle ligger tæt ved hullet i erhvervsslangen, medfører forhøjelsen på 3,5 m kun mindre støjreduktioner. Af udbredelseskortet for natperioden, bilag 9a fremgår imidlertid, at støjen for langt størstedelen af boligbebyggelserne ligger under den vejledende støjgrænse på 40 dB(A). Kun for boligerne nærmest hullet imellem de to dele af erhvervsslangen vil der forekomme overskridelser af natstøjgrænsen.

Støjen stammer fra en kombination af støj fra Ro-Ro skibets skorsten og fra trailerkørsel på forpladsområdet. Det er dog trailerkørslen som lige omkring hullet bidrager mest til støjen, dels direkte gennem hullet dels som refleksioner fra bygningsfacaderne. Under detailprojekteringen af boliger og erhvervsslange bør mulighederne for at flytte hullet mod vest eller evt. lukke med en glasvæg undersøges. Alternativt kan mulighederne for at støjdampe kørsel med trailere undersøges.

Med hensyn til overskridelsen af den vejledende støjgrænse på erhvervsslangens sydfacade kan der fremføres argumenter for, at det vil være tilstrækkeligt at lydisolere facaden mod færgestøjen. I Miljøstyrelsens vejledning nr. 3/2003 "Ekstern støj i byomdannelsesområder" anføres i kap 5.3, at for kontorer placeret i støjende omgivelser kan der fastsættes højere støjgrænser end normalt. Det er dog en forudsætning, at facaden er særligt støjisoleret. Det anføres desuden, at kontor- og serviceerhverv i almindelighed hverken er forurenende eller støjende, og at de derfor med fordel kan integreres i områder med boliger eller lægges i en overgangszone, hvor støjniveauet er for højt til boligformål.

I Marmormoleprojektet er erhvervsslangen netop placeret som buffer overfor bolig-øerne. Det vurderes som tilstrækkeligt, at sydfacaden bygningsmæssigt lydisoleres, således at den vejledende støjgrænse indendørs på 40 dB(A) (Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984) overholdes. Det anbefales, at kontorerne projekteres med centralt ventilationsanlæg, således at åbning af vinduerne i sydfacaden er unødvendig.

Støj fra containerterminal

Den beregnede støjbelastning L_{Aeq} fra aktiviteter i containerterminalen på Levantkaj er angivet på støjudbredelseskort for højden 14 m over terræn svarende til 5. etage i bilag 10, bilag 11 og bilag 12 for henholdsvis dag-, aften og natperioden.

Det fremgår af støjkortene, at ingen boliger vil blive belastet med støjniveauer over de vejledende støjgrænser.

Der vil således ikke i den anledning være behov for særlige afværgeforanstaltninger.

9 Oversigt over eventuelle mangler ved støjundersøgelserne

Støjen fra et anlægsarbejde er sammensat af mange støjbidrag og vil ofte være forskellige fra dag til dag. De udførte beregninger er udtryk for de på nuværende tidspunkt skønnede metoders støjstråling og for de forventede mest støjende driftsforhold. Der er således tale om et foreløbigt grundlag, som dog vurderes at være tilstrækkeligt til overordnet at belyse støjproblematikken. Først når entreprenørerne er valgt, og der er valgt endelige byggemetoder og materiel, kan der gives et mere præcist billede af støjbelastningen i omgivelserne.

Beregningerne af støj fra jernbanen vurderes at være tilstrækkelig med det nuværende trafikgrundlag.

Med hensyn til støj fra skibe i Mellembassin vil den endelige udformning af de kommende bebyggelser have stor indflydelse på støjstrålingen, og det vil være nødvendigt ved projekteringen at vurdere støjen på boligområderne på ny. Endelig vil fremtidige sejlplaner og skibsanløb kunne medføre ændringer i støjbelastningen.

10 Vibrationer

Grænser for vibrationer

I anlægsfasen vurderes vibrationspåvirkningen af nabobygninger normalt i henhold til standarden DIN 4150, del 3 *Erschütterungen im Bauwesen. Einwirkungen auf bauliche Anlagen*, som er dansk praksis og refereres til i Miljøstyrelsens orientering nr. 9/1997 *Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø*, hvor vejledende grænseværdier er fastsat. Der er anvendt de nedre grænseværdier som angivet i Tabel 10.1.

Anvendelse	V_{peak} [mm/s]
Konstruktioner som i industribygninger og infrastrukturanlæg.	20
Normale bygningskonstruktioner som almindeligt kontorbyggeri, lejlighedskomplekser og parcelhusbyggeri	5
Følsomme bygningskonstruktioner som bevaringsværdige bygninger	3

Tabel 10.1 Vejledende grænser for bygningskadelige vibrationer, V_{peak} i [mm/s], jf. DIN 4150-3.

Ved længerevarende arbejder gælder der tillige Miljøstyrelsens orientering nr. 9/1997 *Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø* for vibrationskomfort, hvor der er fastsat grænseværdier som vist i tabel 10.2.

Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Tabel 10.2 Vejledende grænser for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s².

De samme grænser gælder for vibrationer fra jernbanetrafik.

I Københavns Kommune er disse angivet i "Forskrift for visse miljøforhold ved bygge- og anlægsarbejder i Københavns Kommune" af 12. oktober 2006, hvor længerevarende sættes til en periode af mere end 14 dage.

Det skal bemærkes, at følegrænsen for mennesker ligger omkring 71-72 dB(KB), hvorfor vibrationsniveauet 75 dB(KB) netop vil kunne føles. De fleste mennesker kan leve med et sådant vibrationsniveau, men enkelte mennesker vil blive generet af et vibrationsniveau på 75 dB(KB).

Københavns Kommune har desuden krav om, at der ved arbejdets udførelse skal anvendes maskiner og arbejdsmetoder, der begrænser vibrationsbelastningen i omgivelserne mest muligt.

Vurdering af vibrationer i anlægsfasen

De mest vibrationsgivende anlægsaktiviteter er ramning af spuns og ramning af pæle. De nærmeste vibrationsfølsomme ejendomme er etageboligerne på Østbanegade, som ligger ca. 100 m fra anlægsaktiviteterne. I denne afstand forekommer der erfaringsmæssigt ikke overskridelser af de angivne grænser.

Vurdering af vibrationer fra togtrafik

I Miljøstyrelsens vejledning 1/1997 "Støj og vibrationer fra jernbaner" angives retningslinier og grænser for vibrationer. For at undgå generende vibrationer i støjfølsomme anvendelser skal der overholdes en mindsteafstand mellem nærmeste spormidte og bebyggelserne. Denne mindsteafstand er 50 m for strækninger med fjerntog, hvor der forekommer mere end 10 tog pr. døgn.

Når denne afstand er overholdt medfører togtrafikken ikke generende vibrationer i støjfølsomme anvendelser. For Marmormolen er afstanden mellem spor og hotel ca. 60 m og mellem spor og boliger mere end 100 m, og der kan således ikke forventes generende vibrationer fra togene.

11 Referencer

- Ref. 1: Leif Hansen Rådgivende Ingeniør. A/S notat "Marmormolen og spidsen af Langelinie - Baggrundsdata for miljøreddegørelsen" af 20. jan 2009.

12 Bilag

Bilag 1 - Støjkilders kildestyrker

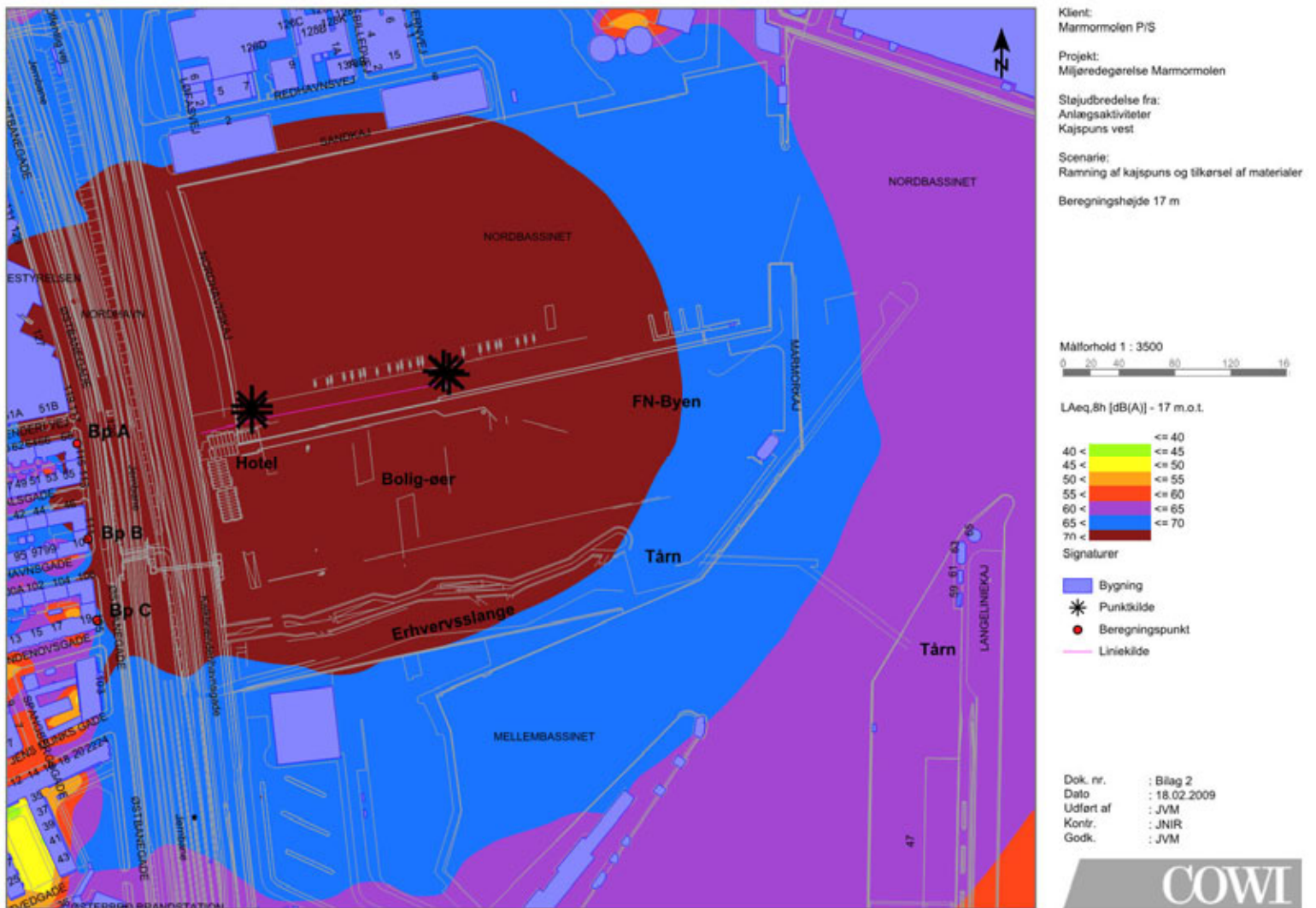
Liste over anvendte kildestyrker for beregning af støj fra anlægsarbejder og fra andre støjende aktiviteter.

Ækvivalent A-vægtet lydeffektniveau L_{WA} i dB re 10^{-12} W under normal drift:

Rambuk med hydraulisk hammer	125 dB
Rambuk med vibrator	119 dB
Mobilkran/gravemaskine	105 dB
Dozer	114 dB
Stor gravemaskine	110 dB
Dumper/gummihjuls læsser	105 dB
Lastbil, kørsel	100 dB
Ro-Ro færge, tomgang	103 dB
Kørsel med trailere	106 dB
Polensfærge, tomgang	104 dB
Norgesfærge, tomgang	104 dB

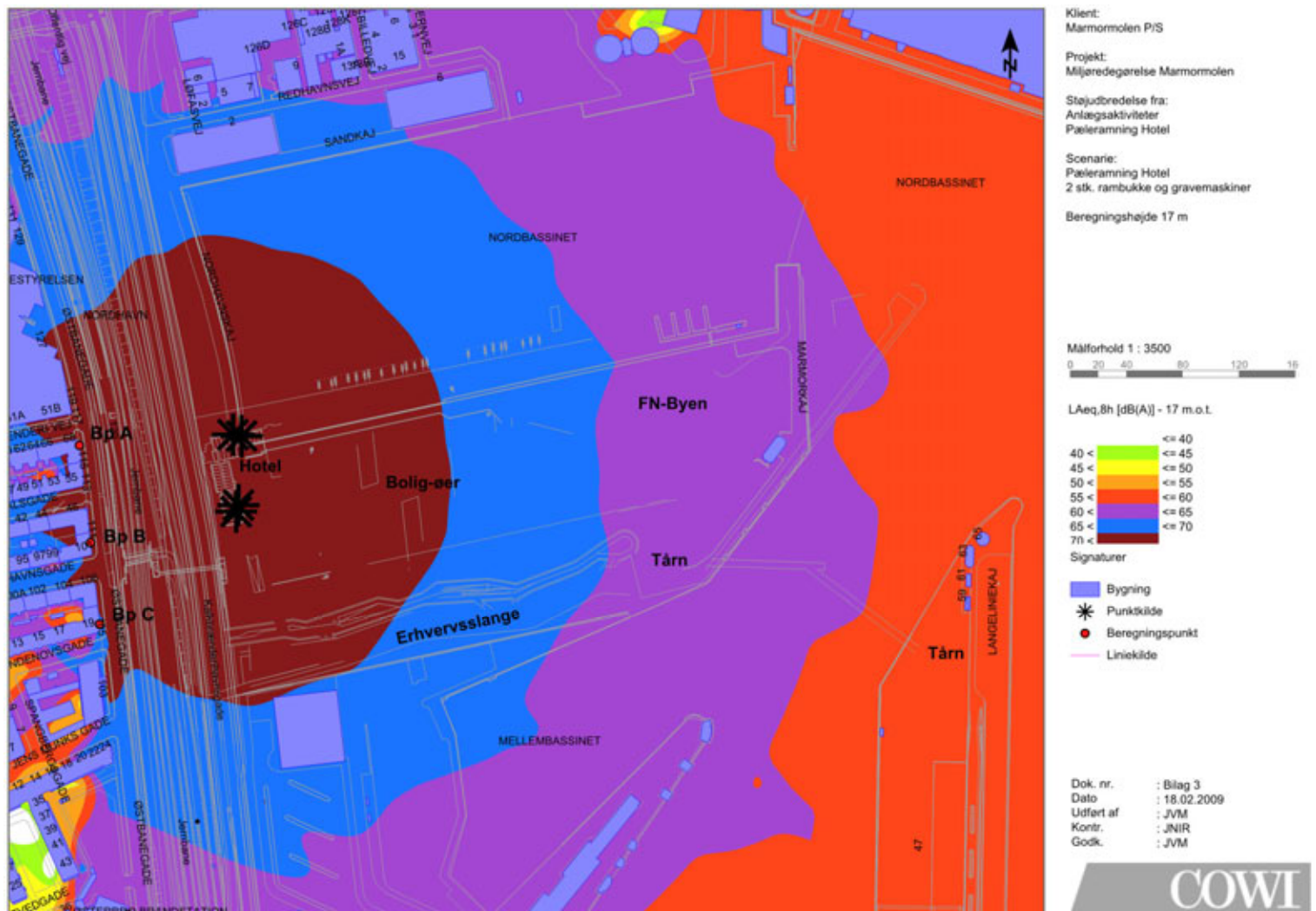
Bilag 2 - Støjdbredelse anlægsarbejder - Ramning af kajspuns ved hotel

Primære støjkloder: 2 stk. rambuk med hydraulisk hammer, 2 stk. gravemaskiner, lastvogne



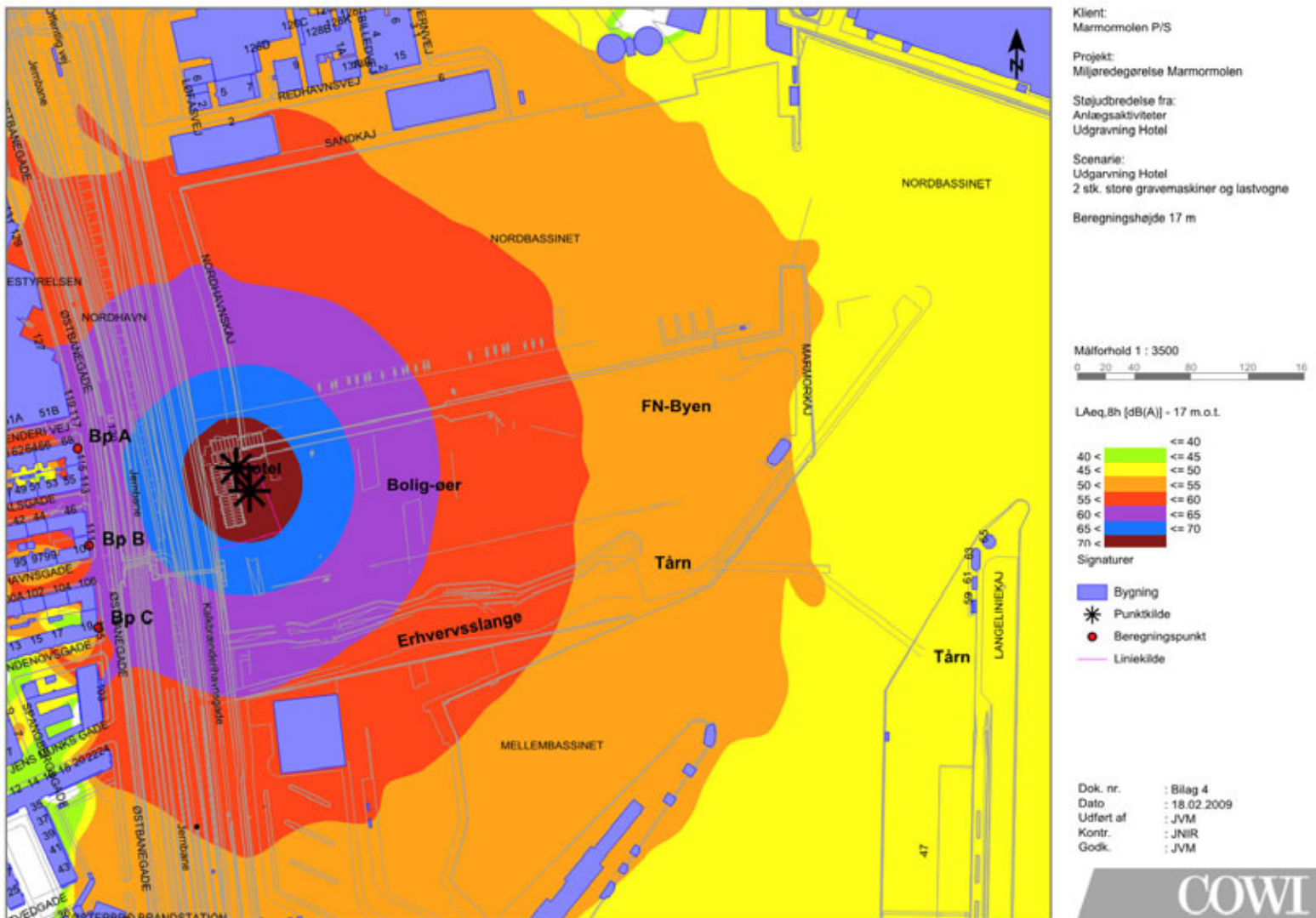
Bilag 3 - Støjdbredelse anlægsarbejder - Pæleramning hotel

Primære støjklender: 2 stk. rambuk med hydraulisk hammer, 2 stk. gravemaskiner, lastvogne



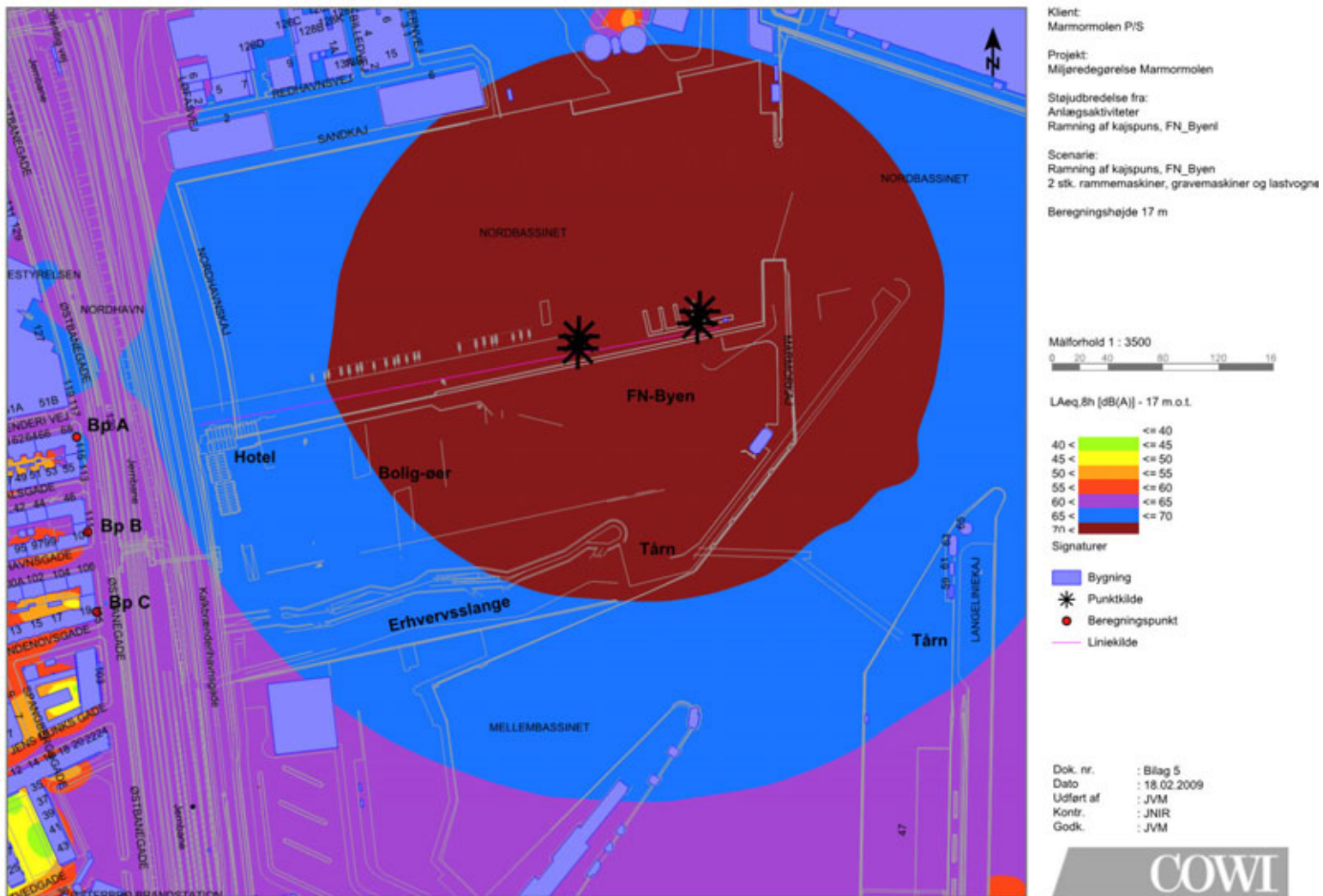
Bilag 4 - Støjdbredelse anlægsarbejder - Udgravning hotel

Primære støjkloder: 2 stk. store gravemaskiner, lastvogne



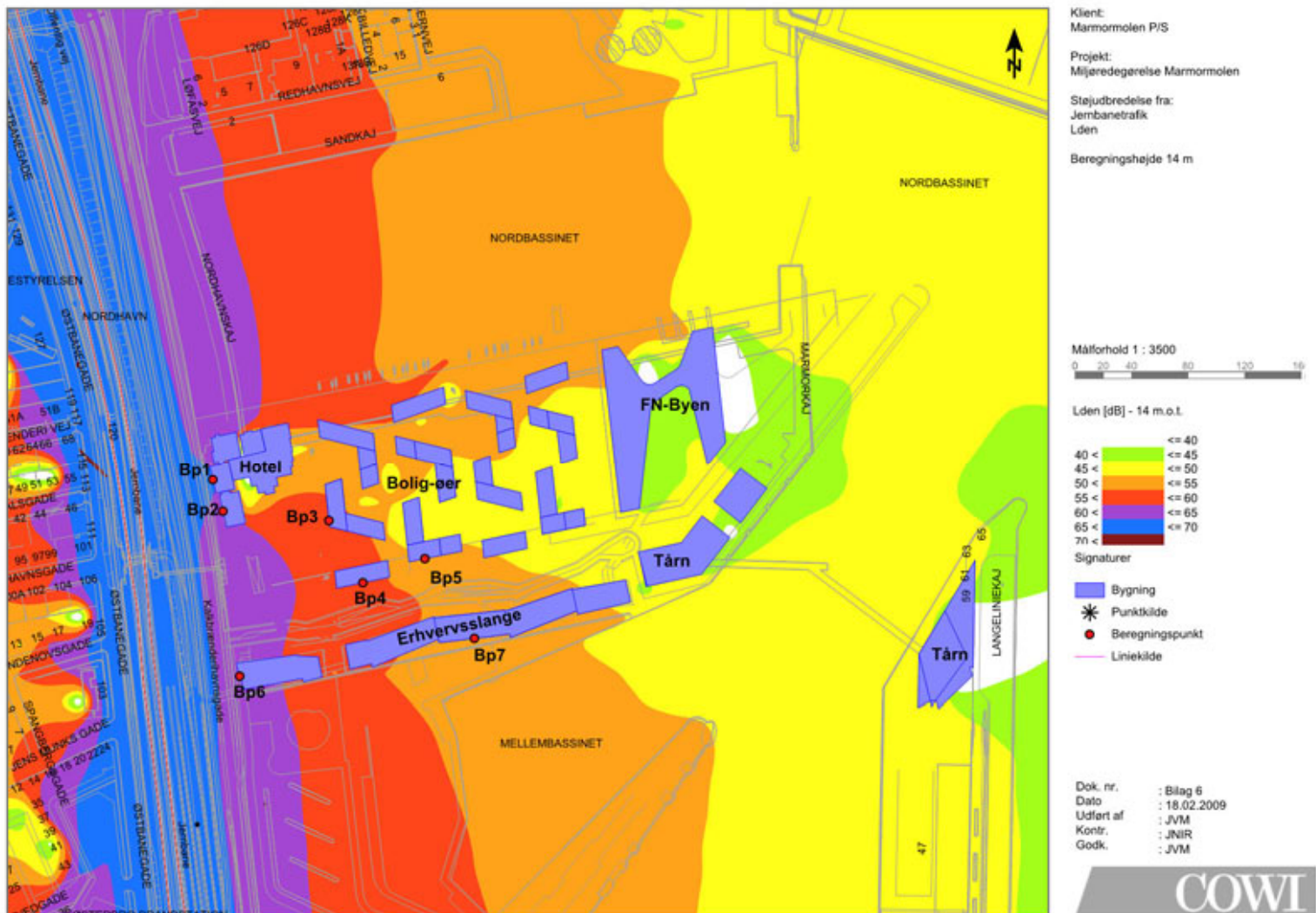
Bilag 5 - Støjudbredelse anlægsarbejder - Ramning af kajspuns ved FN-Byen

Primære støjkloder: 2 stk. rambuk med hydraulisk hammer, 2 stk. gravemaskiner, lastvogne



Bilag 6 - Jernbanetrafik - Støjudbredelse L_{den}

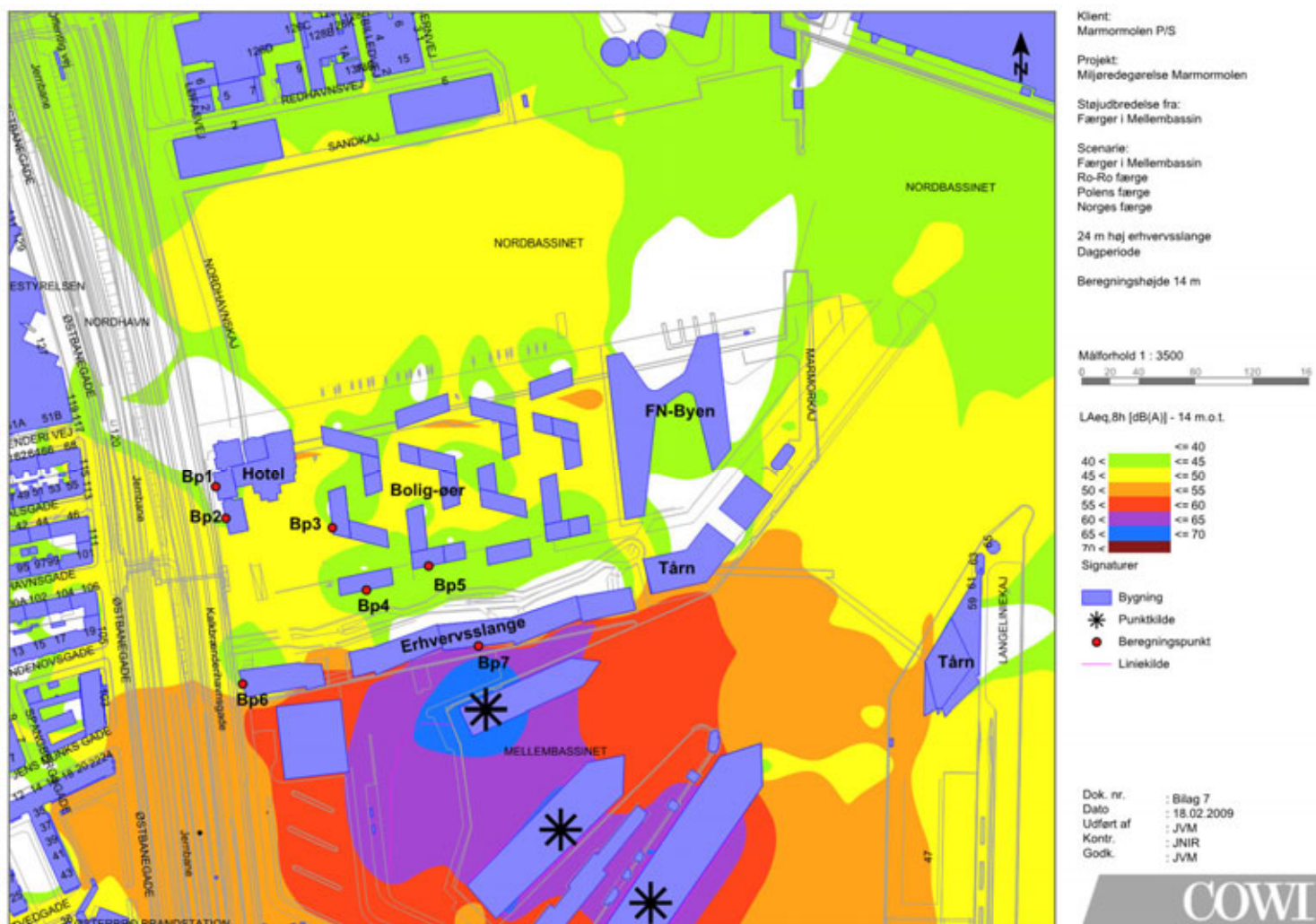
Trafikdata: Køreplan 2006, Banedanmark



Bilag 7 - Færger i Mellembassin - Dagperiode

Primære støjkloder: Ro-Ro færge, tomgang og ind/udkørsel af trailere
 Polens færge, tomgang
 Norges færge, tomgang

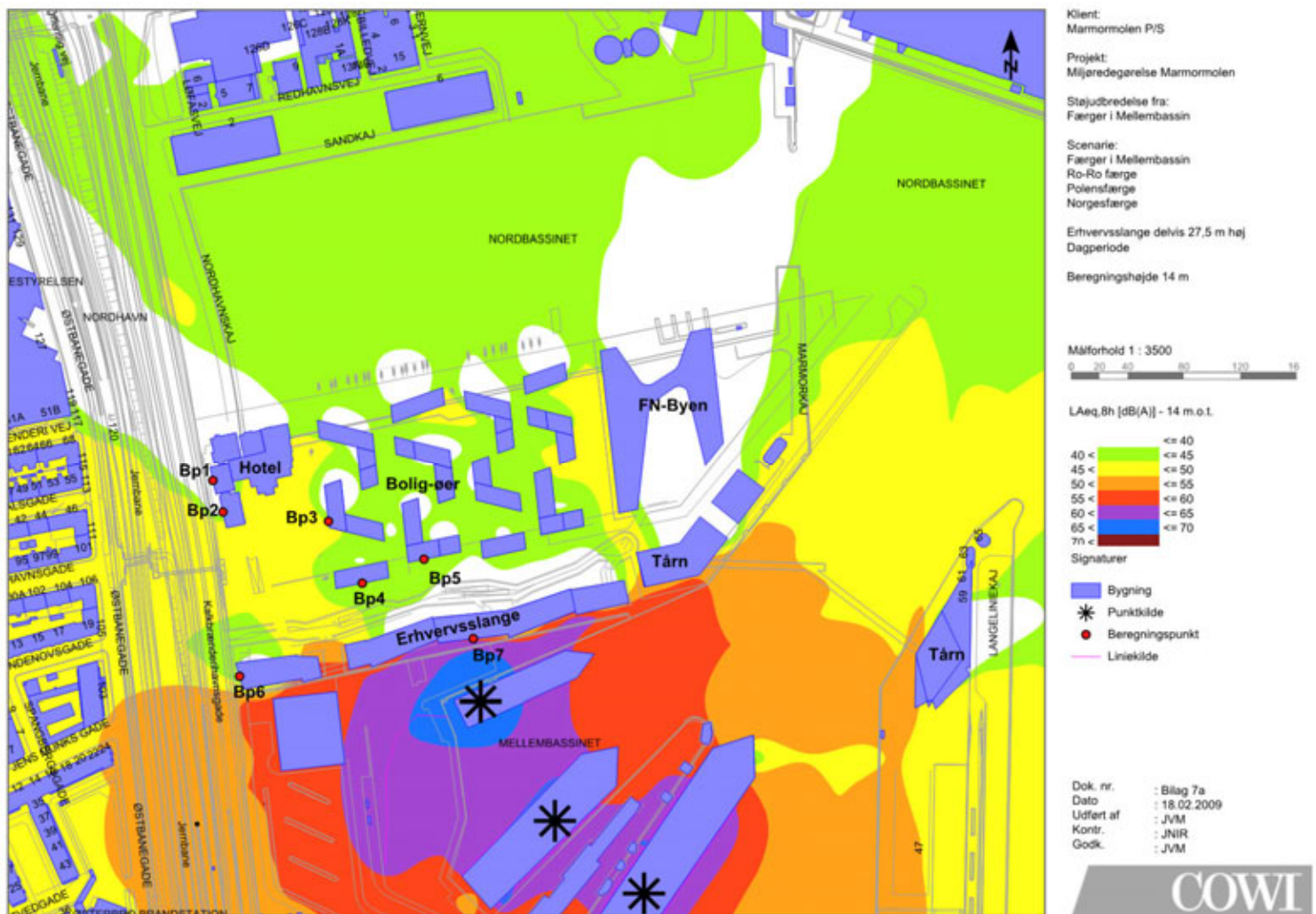
Erhvervs-slange: 24 m høj



Bilag 7a - Færger i Mellembassin - Dagperiode

Primære støjkloder: Ro-Ro færge, tomgang og ind/udkørsel af trailere
Polens færge, tomgang
Norges færge, tomgang

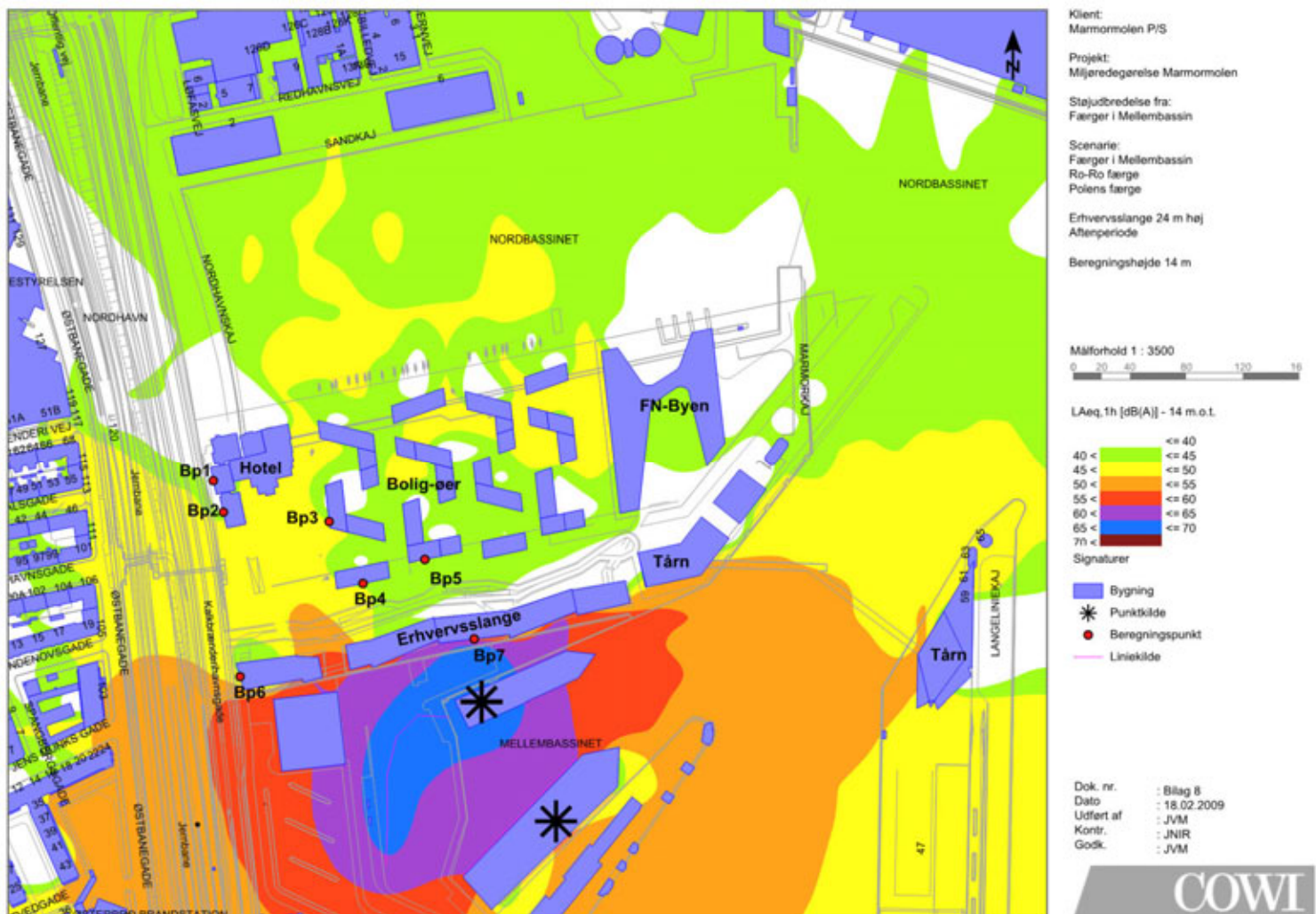
Erhvervs-slange: Delvis 27,5 m (midterste 100 m) og 24 m høj



Bilag 8 - Færger i Mellembassin - Aftenperiode

Primære støjkloder: Ro-Ro færge, tomgang og ind/udkørsel af trailere
Polens færge, tomgang

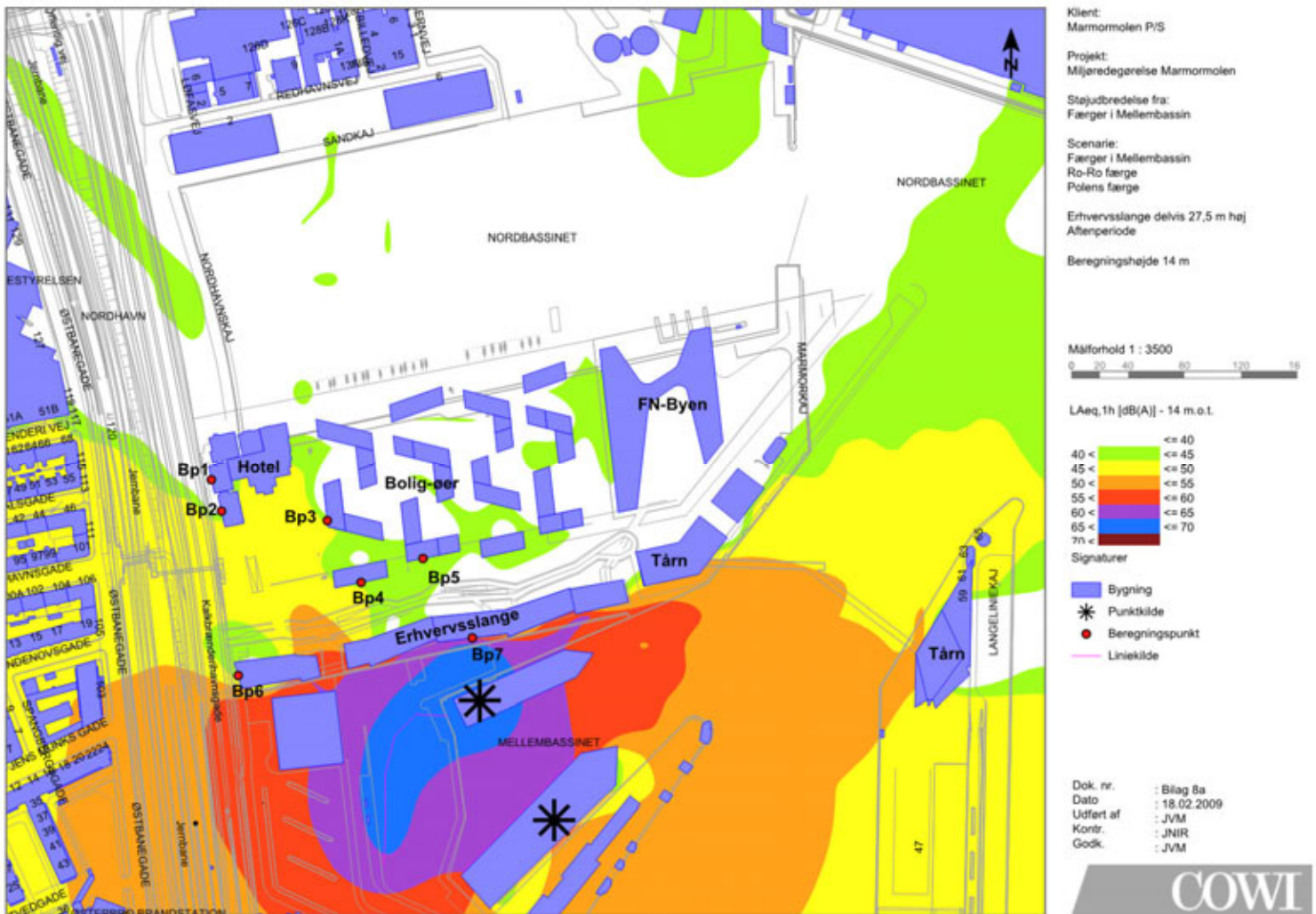
Erhvervs-slange: 24 m høj



Bilag 8a - Færger i Mellembassin - Aftenperiode

Primære støjkloder: Ro-Ro færge, tomgang og ind/udkørsel af trailere
Polens færge, tomgang

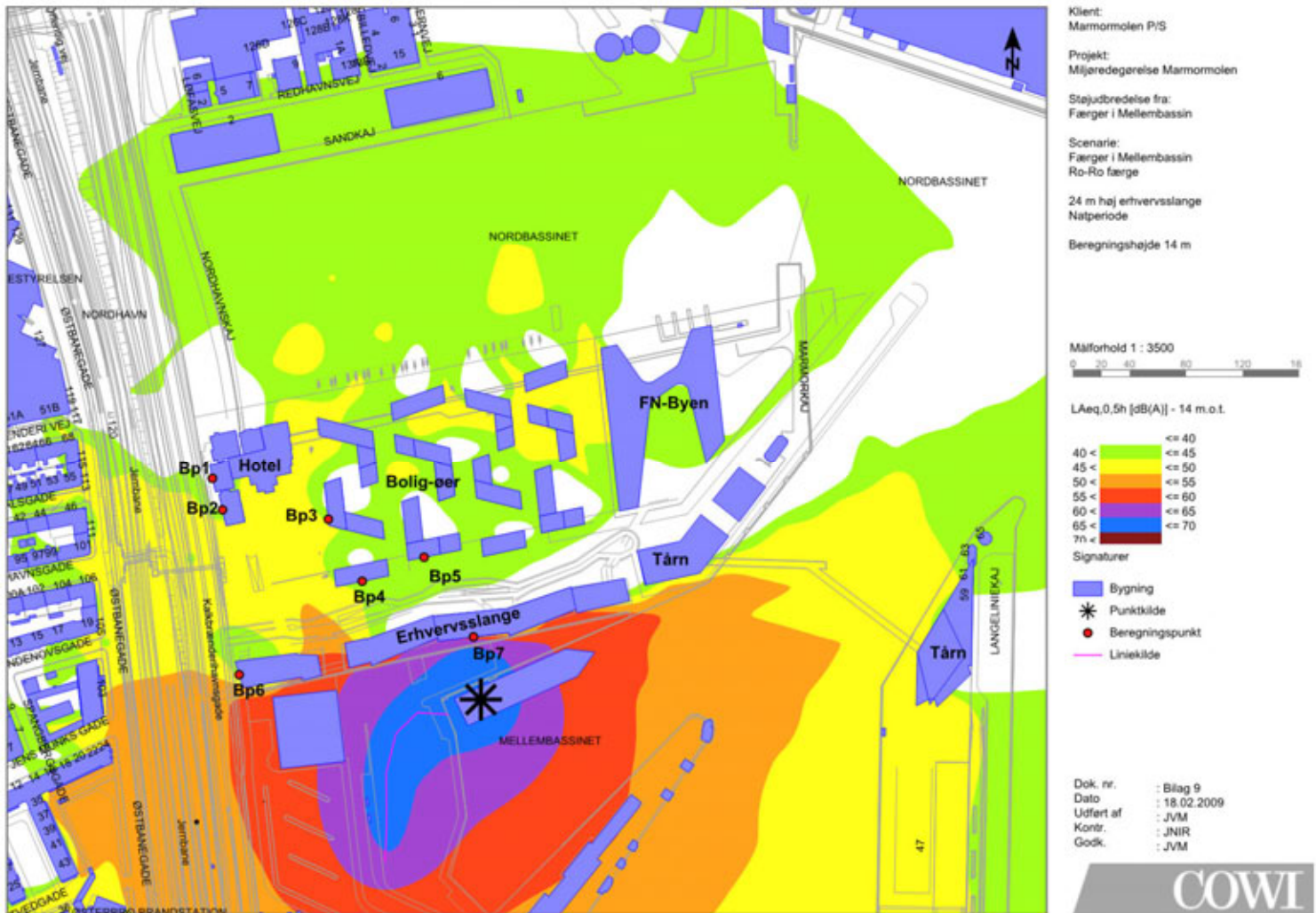
Erhvervsstange: Delvis 27,5 m (midterste 100 m) og 24 m høj



Bilag 9 - Færger i Mellembassin - Natperiode

Primære støjkloder: Ro-Ro færge, tomgang og ind/udkørsel af trailere

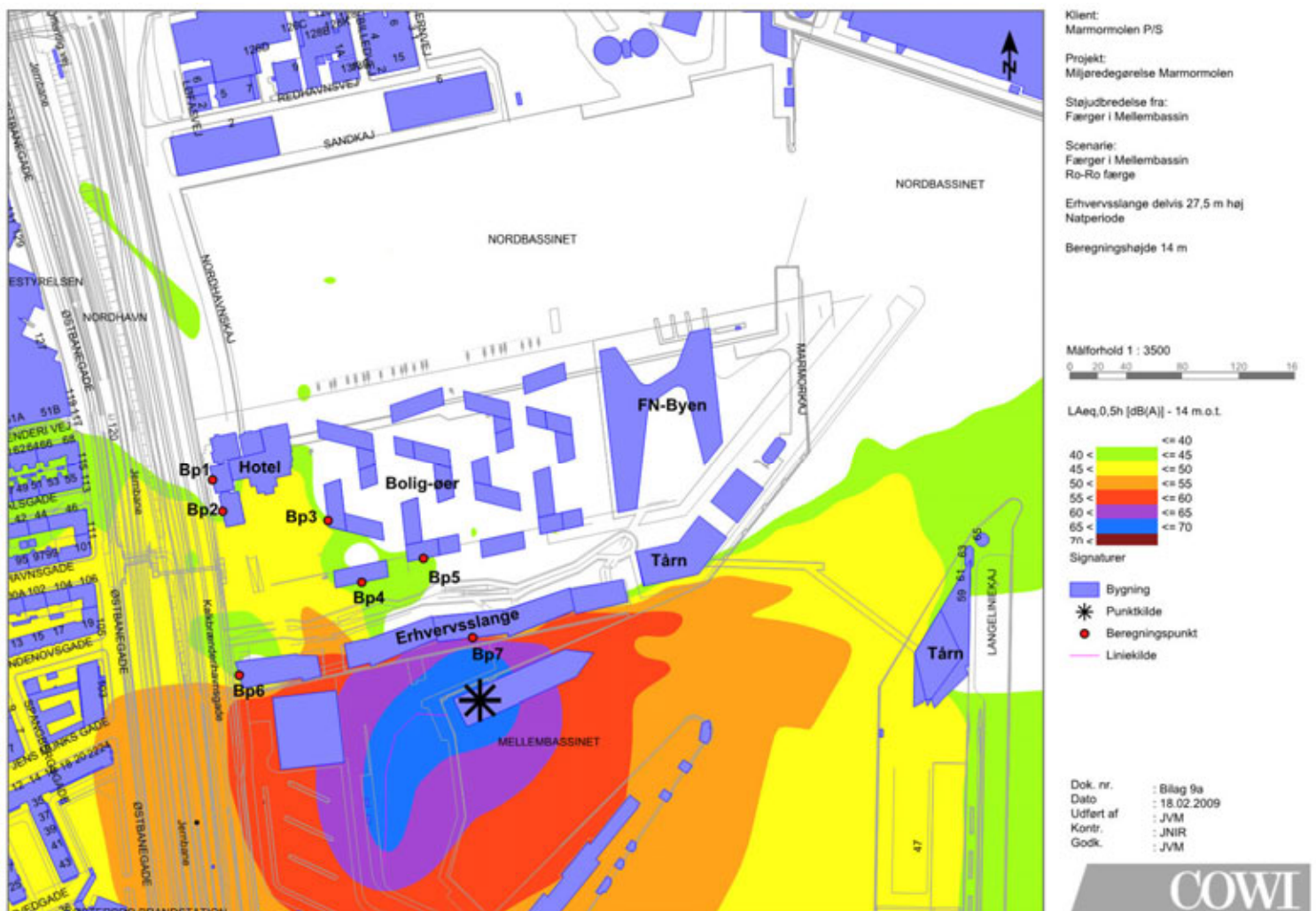
Erhvervs-slange: 24 m høj



Bilag 9a - Færger i Mellembassin - Natperiode

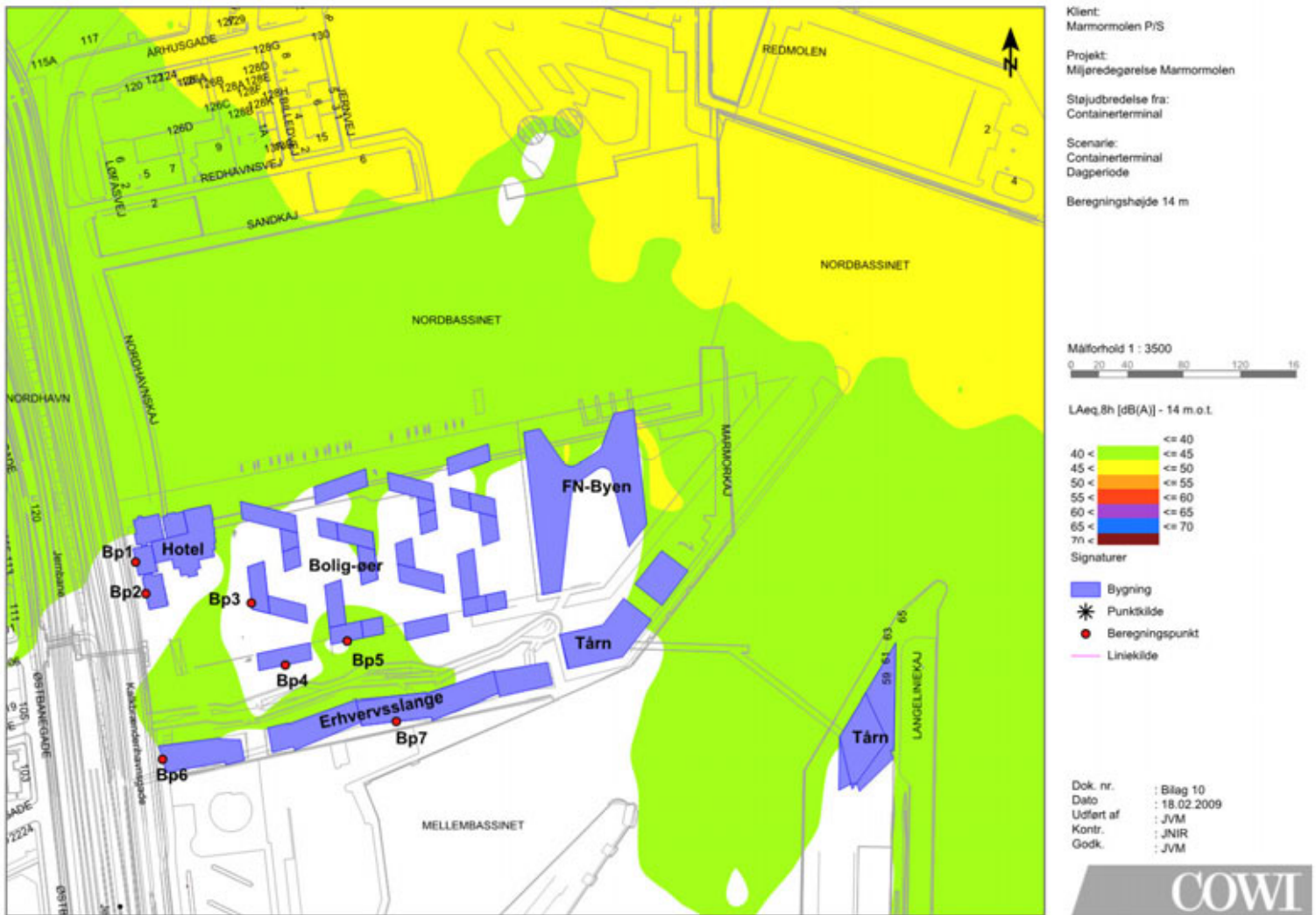
Primære støjkloder: Ro-Ro færge, tomgang og ind/udkørsel af trailere

Erhvervs-slange: Delvis 27,5 m (midterste 100 m) og 24 m høj



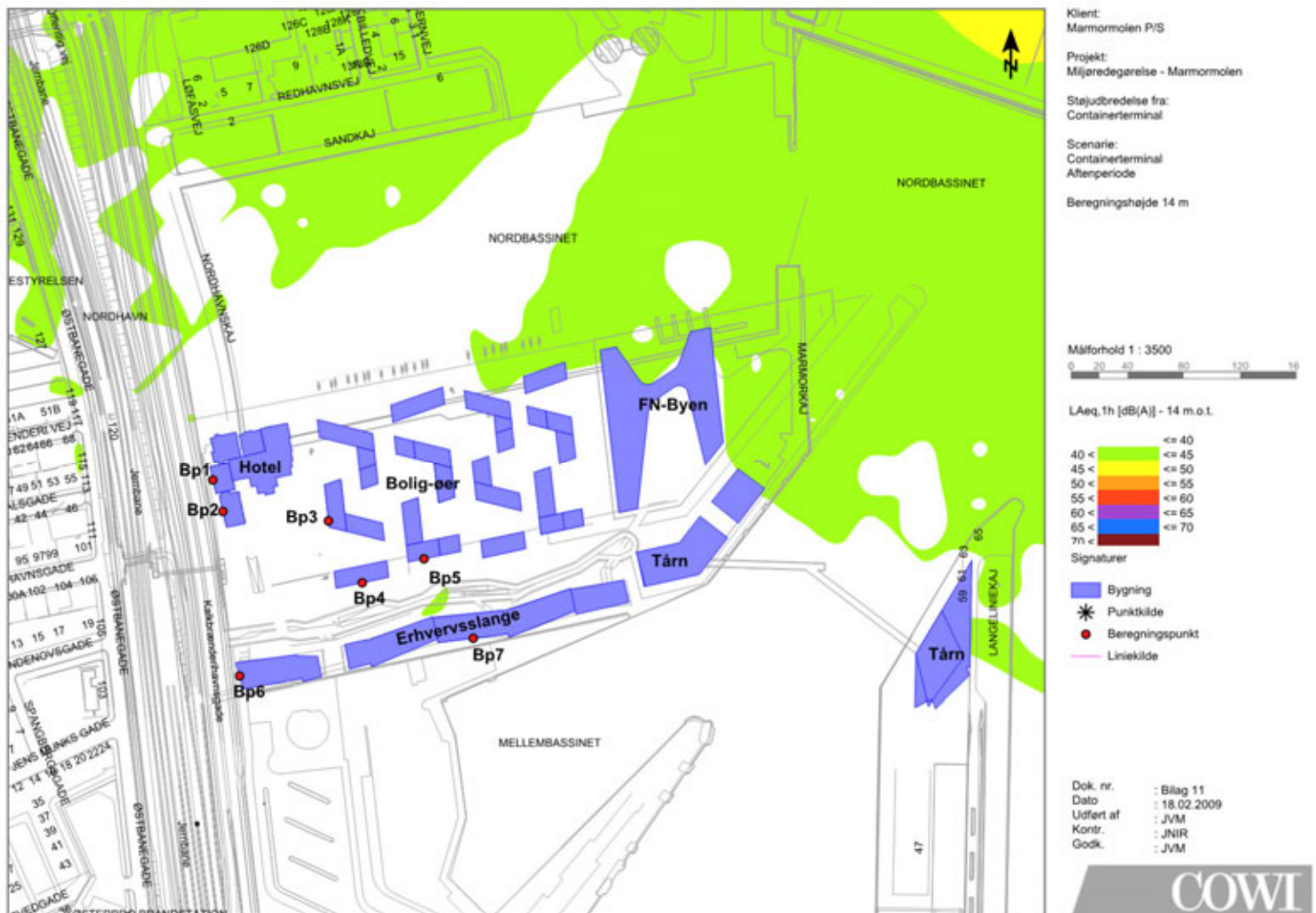
Bilag 10 - Støj fra Containerterminal - Dagperiode

Primære støjkloder: Håndtering af containere og containerskibe i tomgang



Bilag 11 - Støj fra Containerterminal - Aftenperiode

Primære støjkloder: Håndtering af containere, containerskibe i tomgang og lastvognskørsel



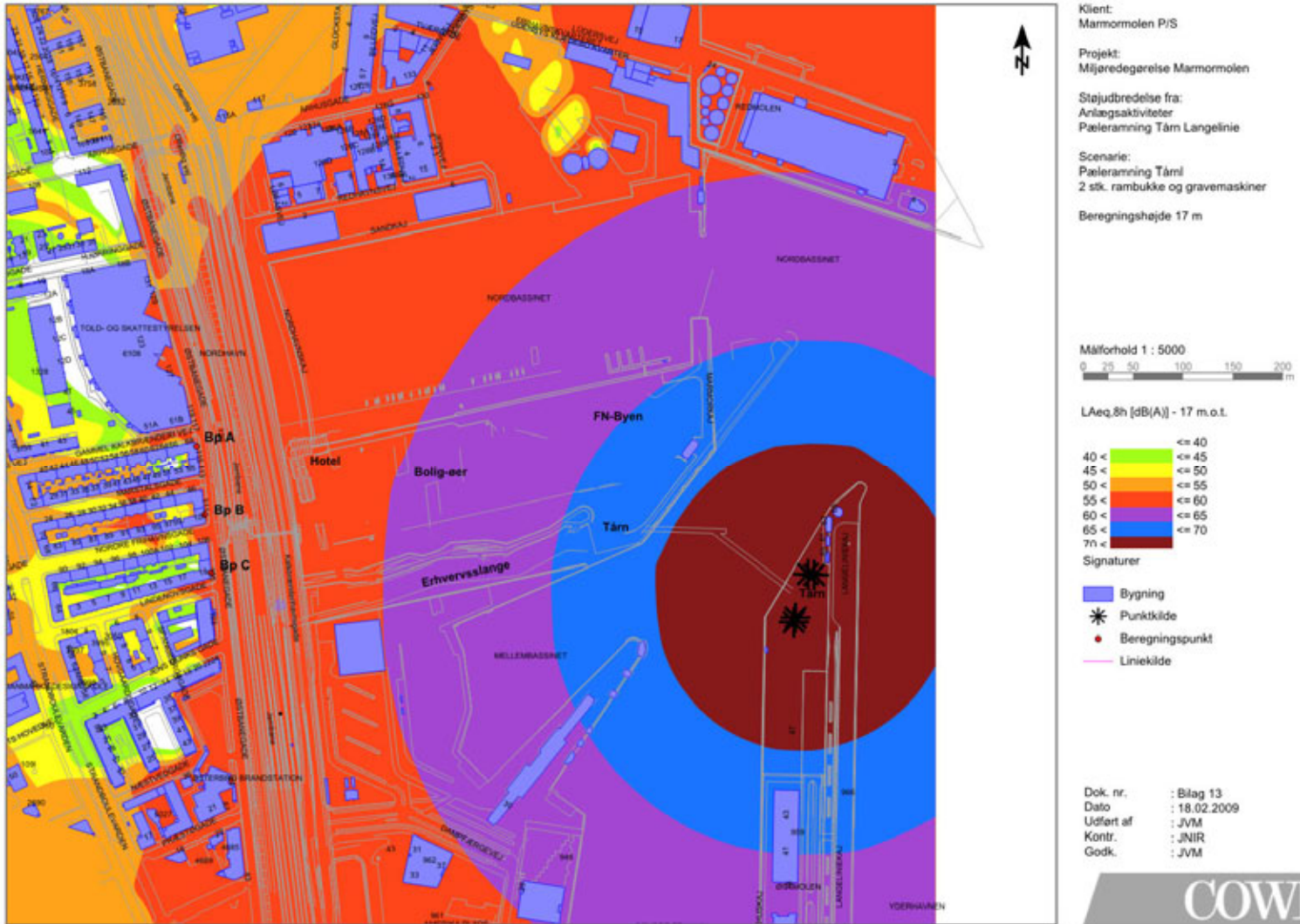
Bilag 12 - Støj fra Containerterminal - Natperiode

Primære støjkloder: Håndtering af containere og containerskibe i tomgang



Bilag 13 - Støjudbredelse anlægsarbejder - Pæleramning Tårn på Langelinie

Primære støjkluder: 2 stk. rambuk med hydraulisk hammer, 2 stk. gravemaskiner, lastvogne



Marmormolen P/S

Vurdering af eksisterende luftkvalitet

Marts 2009

COWI A/S

Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Marmormolen P/S

Vurdering af eksisterende luftkvalitet

Marts 2009

Dokumentnr. 70648-A2-01
Version h
Udgivelsesdato 27 marts 2009

Udarbejdet Douglas Clark, AirQuality.dk
Kontrolleret Mette Quaade, Helge Rørdam Olesen, DMU
Godkendt Mette Quaade

Indholdsfortegnelse

1	Opsummering	2
1.1	Nuværende emission fra punktkilder	3
1.2	Påvirkning af fremtidige bygninger	3
2	Indledning	6
3	Metode	7
3.1	Koncentrationsbidrag	7
3.2	Samlet koncentration	9
4	Emission fra punktkilder	11
4.1	Emission fra kraftværker og forbrændingsanlæg	11
4.2	Emission fra skibe ved kaj	13
4.3	Tidsvariation af emissioner fra skibe ved kaj	15
4.4	Bygningseffekter ved emissionskilderne	16
4.5	Koordinatsystem	16
4.6	Receptorer	17
4.7	Meteorologiske data og baggrundskoncentrationer	18
5	Vurdering af luftkvaliteten	19
5.1	Virkning af de enkelte punktkilder	19
5.2	Vurdering af de samlede emissioner	25
5.3	SO ₂ , PM ₁₀ og CO fra samtlige kilder	28
6	Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne	30
7	Referencer	31

1 Opsummering

Dette notat er udarbejdet i forbindelse med VVM af planlagt projekt på Marmormolen og giver en vurdering af den eksisterende luftkvalitet omkring de planlagte bygninger, specielt de to tårne ved spidserne af Marmormolen (M-Tårn) og Langeliniekaaj (L-Tårn) samt hotellet ved Nordhavns Station.

Der har de sidste par år været gennemført adskillige undersøgelser af luftkvaliteten i havneområdet i forbindelse med udviklingsprojekter af forskellig art.

Undersøgelserne har alle fokuseret på virkningen af en bestemt kilde på et bestemt interesseområde.

Formålet med dette notat er:

- At undersøge de mest betydende kilders indflydelse på projektområdet;
- At undersøge den kombinerede virkning af de inkluderede kilder på de tre planlagte højhuse, og projektområdet generelt.

Fremgangsmåden for det første punkt er beregning af koncentrationsbidrag fra udvalgte kilder, som enkelte virksomheder, ifølge Miljøstyrelsens Luftvejledning procedurer og B-værdier. Den danske OML spredningsmodel er anvendt i denne vurdering.

OML modellen er også anvendt til vurdering af den samlede virkning af de inkluderede kilder. Den samlede luftforurening fra alle kilder inklusiv baggrundskoncentration af NO₂ er vurderet med baggrund i EU grænseværdi for udeluft. Der er ikke tilgængelige baggrundsdata for SO₂, PM₁₀ og CO til OML beregninger.

Der er i modellen anvendt data fra to meteorologiske år, dels for 1976 (vejledningens normalt anvendte år) og dels for 2003. Året 2003 er anvendt fordi der for dette år ligger en anvendelig tidsserie for målinger af baggrundsniveauet i København bl.a. af NO₂. I modellen er ved en del af beregningerne anvendt en facilitet, der tager højde for at NO omdannes gradvist til NO₂ ved reaktion med ozon. Dette er nødvendigt for at opnå en realistisk beskrivelse af NO₂-forureningen.

1.1 Nuværende emission fra punktkilder

I undersøgelsen er det valgt at vurdere påvirkningen fra alle kilder som forventes at have en direkte indflydelse på luftkvaliteten i projektområdet. Vurderingen omfatter fire kraft- og forbrændingsanlæg i naboområder til Marmormolen, samt 3 skibe, der ligger regelmæssigt ved kaj i Mellembassin. Kilderne er:

- Svanemølleværket (kraft – varmegærk)
- Lynetten renseanlæg (slamforbrænding)
- Amagerværket (kraftværk)
- Amagerforbrændingen (affaldsforbrænding)
- DFDS Oslofærge ved kaj i Mellembassin
- Polferries Polen færge (Pomerania) ved kaj i Mellembassin
- Ro-Ro skib Tor Corona ved kaj i Mellembassin

Luftemissioner fra de 4 landkilder er fastlagt således, at der er anvendt maksimale tilladte røggas koncentrationer af kvælstofdioxid (NO_2), svovldioxid (SO_2), kulilte (CO) og støv (PM_{10}). Det giver en konservativ vurdering, idet de faktiske emissioner med almindelig drift generelt er lavere.

Emissioner fra de 3 færger er baseret på oplysninger fra rederierne samt de faktuelle tidsplaner for færgerne dvs. deres reelle liggetid ved kaj i Mellembassin.

Der er ikke inkluderet bidrag fra krydstogtskibe, eller kortvarige bidrag fra forbisejlende skibe i havnen eller ind- og udsejling fra Mellembassin

Der er udført beregninger både for enkeltkilder og af den samlede effekt af alle kilder. Ved beregning af NO_2 efter Luftvejledningens procedurer, er NO_2 beregnet som 50 % af NO_x emission. Ved mere realistisk beregning af NO_2 med OML-modellen i "kemi-mode", er NO_2 emissionen meget mindre, men der regnes med omdannelse af NO til NO_2 i luften, og der er inkluderet et baggrundsbidrag.

1.2 Påvirkning af fremtidige bygninger

Resultaterne af beregningerne og vurderinger af belastning fra enkeltkilderne kan resumeres til følgende:

Svanemølleværket

Med anvendelse af Luftvejledningens procedurer for maksimum bidrag fra en enkelt virksomhed og med indfyring kun med gasolie bliver NO_2 det dimensionerende stof fra Svanemølleværket. Denne forudsætning er dog meget konservativ idet indfyring reelt sker med naturgas. Dette giver betydeligt lavere emissionsværdier og desuden anvendes kun halvdelen af værkets kapacitet i spidslast.

Koncentrationsbidraget over projektområdet stiger med højden, men falder med afstanden fra skorstenen. B-værdien for NO₂ (som er 125 µg/m³) overskrides ved højde over 90 m ved hotellet i en afstand af 1000 m fra Svanemølleværket. Ved M-tårnet og L-tårnet (afstand 1200-1400 m) er B-værdien for NO₂ overskredet over højde på omkring 90-95 m. I henhold til Luftvejledningens meget konservative procedure, vil B-værdien for NO₂ blive overskredet på de øverste etager af begge tårne.

Ved anvendelse af en mere realistisk beregningsmetode for emission og dannelse af NO₂ i kraftværkets røgfane (OML-modellen i "kemi-mode") fremgår det, at koncentrationsbidraget faktisk er betydeligt mindre, og at B-værdien overholdes på tårnene. Metoden bygger på baggrundsmålinger af NO₂ for året 2003 og samtidige meteorologiske data.

Såfremt denne realistiske forudsætning anvendes for NO₂ bliver det i stedet SO₂ der er den dimensionerende forureningskomponent. Der er fundet overskridelser af B-værdien for SO₂ ved 102,5 m højde ved hotellets afstand, 107,5 m højde ved M-tårnets afstand, og ved 115 m højde ved L-tårnets afstand. De acceptable bygningshøjder i forhold til SO₂ er hhv. 100 m, 105 m og 110 m for hotellet, M-tårnet og L-tårnet.

Der er fundet overskridelse af PM₁₀ B-værdien ved 120 m højde, kun ved hotellets afstand. Det ændrer ikke den acceptable bygningshøjde. B-værdien for CO er ikke overskredet ved de undersøgte højder, op til 130 m.

Forudsætningerne for Svanemølleværket, der ligger til grund for beregning af de acceptable bygningshøjder, er meget konservative. Der regnes med emission der svarer til 100% indfyring med gasolie, med maksimal tilladt svovlindhold. Svanemølleværket bruger næsten udelukkende (>99%) naturgas, med betydelig mindre emission af SO₂ og PM₁₀.

Amagerværket

SO₂ er den dimensionerende parameter for Amagerværket. B-værdien for SO₂ overholdes på den fulde højde af projektets planlagte bygninger. B-værdien overholdes op til 135-140 m højde over projektområdet.

Lynetten og Amagerforbrænding

Da disse to anlæg har mindre emissioner end Amagerværket, forventes der ikke overskridelser af B-værdier i forbindelse med deres koncentrationsbidrag. OML beregninger er ikke gennemført for disse to anlæg som enkelte virksomheder, men der er inkluderet i beregning af den samlede emission fra alle kilder.

Oslo færgen

Med anvendelse af Luftvejledningens procedurer bliver SO₂ det dimensionerende stof for Oslo færgen. Med brug af den aktuelle tidsvariation i emission svarende til ophold ved kajen, giver SO₂ emissionen fra Oslo færgen overskridelser af B-værdien for SO₂ (250 µg/m³) i en afstand af op til 175 m fra færgen, og gældende for højder på 45 til 50 m.

Der er ikke konstateret overskridelser i afstande over 175 m fra færgen og således ingen overskridelser indenfor projektområdet. Det samme eller bedre gælder for NO₂, CO eller PM₁₀, da spredningsfaktorer for disse stoffer er mindre end for SO₂.

Ro-Ro færgen

Med anvendelse af Luftvejledningens procedurer for maksimum bidrag fra en enkelt virksomhed - dog med brug af tidsvariation i emission, der svarer til den nuværende opholdstid ved kajen - giver emissionen fra Ro-Ro færgen, der ligger ved kaj på sydsiden af Marmormolen, ingen overskridelser af B-værdien for NO₂ (125 µg/m³) i det undersøgte område. Ved længere eller hyppigere ophold ved kaj er der risiko for overskridelser af B-værdien.

Polen færgen

Da emission fra Polen færgen er mindre end de andre færger, er der ikke lavet beregninger af færgens koncentrationsbidrag som enkelt kilde. Polen færgen er medtaget i beregninger af emission fra samtlige punktkilder.

Samtlige undersøgte punktkilder og NO₂ niveau

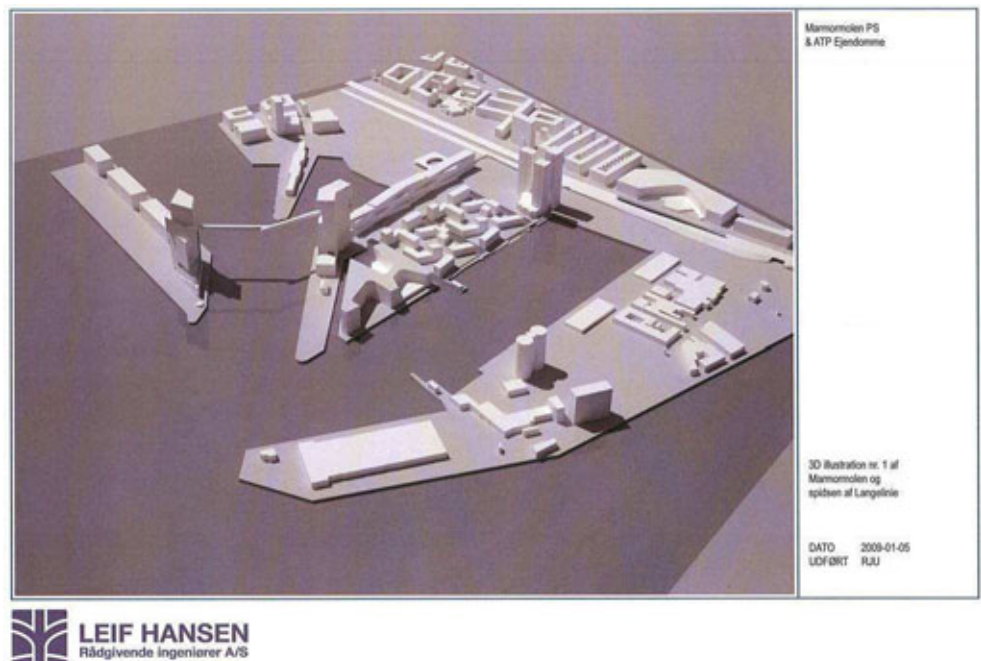
I en realistisk beregning af den aktuelle NO₂ koncentration over projektområdet, med emission fra samtlige punktkilder, samt dannelse af NO₂ i røgfanerne og inklusiv baggrundskoncentration for NO₂ i Københavnsområdet, er EU's årlige og kortvarige grænseværdier for NO₂ ikke overskredet på projektområdet eller på facaderne af højhusene.

Der er ikke fundet overskridelser af grænseværdierne for SO₂, PM₁₀, og CO op til højde 130 m ved hotellet, M-tårnet og L-tårnet.

2 Indledning

Som et led i VVM af byudviklingsprojekt på Marmormolen i Københavns Nordhavn er COWI blevet bedt om at undersøge den eksisterende luftkvalitet i projektområdet, og især den kombinerede virkning af emissioner fra nærliggende punktkilder, herunder kraftværker og færger ved kaj i Mellembassinet.

Det planlagte projekt på Marmormolen fremgår af Figur 1.



Figur 1 Illustration af projektet på Marmormolen.

3 Metode

Der anvendes to fremgangsmåder til undersøgelse af luftkvaliteten ved højhuse og i terrænniveauet i projektområdet:

- 1 vurdering af enkelte kilders bidrag til luftforurening (immissionsbidrag) i forhold til Miljøstyrelsens Luftvejledning og B-værdier, og
- 2 vurdering af den samlede luftforureningsniveau fra alle kilder, inklusiv baggrundskoncentration, i forhold til EU grænseværdier.

Begge fremgangsmåder anvender OML-modellen som beregningsmodel. OML er en dansk udviklet atmosfærisk spredningsmodel.

3.1 Koncentrationsbidrag

Miljøstyrelsens Luftvejledning (Miljøstyrelsen, 2001) fastlægger regler om begrænsning af luftforurening fra virksomheder, bl.a. hvad angår koncentrationsbidrag til den omgivende luft. Luftvejledningen sikrer, at koncentrationerne af forurenende stoffer i omgivelserne er tilstrækkeligt lave, ved at fastsætte grænseværdier – de såkaldte B-værdier – for hvert stof, baseret på en sundhedsmæssig risikovurdering. Når en virksomheds koncentrationsbidrag udregnes som angivet i Luftvejledningen, må bidraget fra den enkelte virksomhed ikke overskride B-værdien.

Princippet i Luftvejledningen er, at *hver enkelt virksomhed* skal overholde de fastsatte B-værdier. Systemet er enkelt at administrere, fordi der ikke tages hensyn til andre virksomheder eller til den baggrundsforurening, der forefindes i området. Der er indirekte taget højde for tilstedeværelsen af andre virksomheder og for baggrundsforureningen, idet B-værdierne er fastsat lavere end den sundhedsmæssigt acceptable grænse for koncentrationer, sådan at der i forureningsmæssig forstand er plads til andre virksomheder.

Beregningsmetoden for koncentrationsbidraget går ud på, at man med en beregningsmodel (OML-modellen) beregner koncentrationer i omgivelserne time for time igennem et år. Beregningerne foretages i et net af beregningspunkter (receptorpunkter). Receptorpunkterne repræsenterer steder, på terræn eller i højden på facader af huse, hvor mennesker færdes. Det forudsættes at B-værdierne også skal overholdes på facaderne, af hensyn til evt. vinduer, terrasserer eller luftindtag.

Som afslutning på beregningen i modellen sammenfattes koncentrationstværdier i hvert receptorpunkt for alle timer i året til en statistik: den maksimale månedlige 99%-fraktil. Det betyder at der i mindst en af årets måneder har været 7 timer med en højere koncentration (der er 720 timer i en måned, og 1% af disse har større værdi). Den maksimale månedlige 99%-fraktil sammenholdes med B-værdien for det pågældende stof. B-værdien er angivet i Miljøstyrelsens B-værdi-vejledning eller i Luftvejledningen.

De omtalte B - værdier ('bidragsværdier') er grænseværdier for hvor meget enkeltvirksomheder må bidrage til luftforurening i omgivelserne. B - værdierne er fastsat af Miljøstyrelsen og baseret på en sundhedsmæssig risikobetragtning.

Der er i modellen anvendt data fra to meteorologiske år, dels for 1976 (vejledningens normalt anvendte år) og dels for 2003. Året 2003 er anvendt fordi der for dette år ligger en anvendelig tidsserie for målinger af baggrundsniveauet i København bl.a. af NO₂. I modellen er ved en del af beregningerne anvendt en facilitet, der tager højde for at NO omdannes gradvist til NO₂ ved reaktion med ozon. Dette er nødvendigt for at opnå en realistisk beskrivelse af NO₂-forureningen.

For at vurdere om projektområdet og de planlagte højhuse påvirkes i uacceptabel grad af nærliggende virksomheder, er følgende større virksomheder og skibe undersøgt i forhold til Luftvejledningens forskrifter og B-værdier:

- Svanemølleværket kraftvarmeværk
- Lynetten renseanlæg på Amager, slam forbrænding
- Amagerværket kraftværk
- Amagerforbrænding, affaldsforbrænding
- DFDS Oslo færger ved kaj i Mellembassin
- Polferries Polen færge ved kaj i Mellembassin
- DFDS Ro-Ro færge til Klaipeda ved kaj i Mellembassin

Baseret på emissionsopgørelsen, er de største kilder udvalgt til beregning af koncentrationsbidrag som enkelte virksomheder.

Krydstogtskibe ved Langeliniekaj og Kronløbsbassinet samt forbisejlende skibe og ind- og udsejling af færgerne fra Mellembassinet er ikke inkluderet i undersøgelsen.

De undersøgte stoffer er:

- kvælstofdioxid (NO₂)
- svovldioxid (SO₂)
- kulilte (CO), og
- støv (PM₁₀).

Det vigtigste stof for en kilde, ifølge Luftvejledningen, identificeres som "dimensionerende stof" ved beregning af "spredningsfaktorer", der tager hensyn til størrelse af et stofs emissions, i forhold til stoffets B-værdi. Detaljerede resultater er beregnet og præsenteret for det dimensionerende stof, og virkning af de andre stoffer vurderes i forhold til det dimensionerende stof.

3.2 Samlet koncentration

Mens koncentrationsbidrag fokuserer på de enkelte punktkilder hver for sig, er det herudover vigtigt at undersøge, hvorvidt den samlede koncentration, med samtidigt bidrag fra alle kilder, inklusive baggrundskoncentration udgør et problem for projektområdet. Den samlede koncentration – som repræsenterer den aktuelle koncentration i omgivelserne – sammenlignes med EU grænseværdier for stoffer i udeluft jf. luftkvalitetsbekendtgørelsen.

Denne vurdering udføres ligeledes ved hjælp af OML-modellen. Alle punktkilder nævnt i det foregående afsnit inkluderes samtidigt i beregning af koncentrationer på receptorpunkterne.

Det er kun for NO₂ at der i vurderingen gennemført en eksplicit beregning, hvor baggrundsværdier er indregnet. NO₂ vekselvirker med NO og ozon, og derfor er det nødvendigt at inddrage baggrundskoncentrationer for at få en realistisk behandling af NO₂.

Kvælstofdioxid (NO₂) og kvælstofmonoxid (NO) optræder normalt sammen idet begge stoffer udsendes ved forbrændingsprocesser. De to stoffer benævnes under et som NO_x. Mængden af NO_x forstås som summen af NO og NO₂. Det er kun NO₂ som er sundhedsskadeligt og det er derfor kun for NO₂ der er grænseværdier.

For forbrændingsmotorer er det almindeligt, at det kun er 5-10 % af NO_x der udledes direkte som NO₂. I atmosfæren sker der i et eller andet omfang en omdannelse af NO til NO₂. Når røggas med NO spredes, sker der hurtigt en reaktion, hvor ozon i luften reagerer med NO og danner NO₂. Der er en form for "loft" over, hvor meget NO₂, der kan dannes. Loftet bestemmes af den tilgængelige mængde ozon.

Standardversionen af OML modellen (OML-Multi 5.03) indeholder en facilitet, der inddrager kemi, og som tillader beregning af NO₂ ud fra information om baggrundskoncentrationer af NO_x, NO₂ og ozon. Denne facilitet ("kemi-mode") er anvendt til vurdering af NO₂ koncentration i OML beregninger for de samlede emissioner.

I kemi-mode inkluderes timeværdier for baggrundskoncentrationen af NO₂, når koncentrationen i det enkelte punkt beregnes time for time. Årsstatistikker beregnes for hvert receptorpunkt og sammenlignes med EU grænseværdierne.

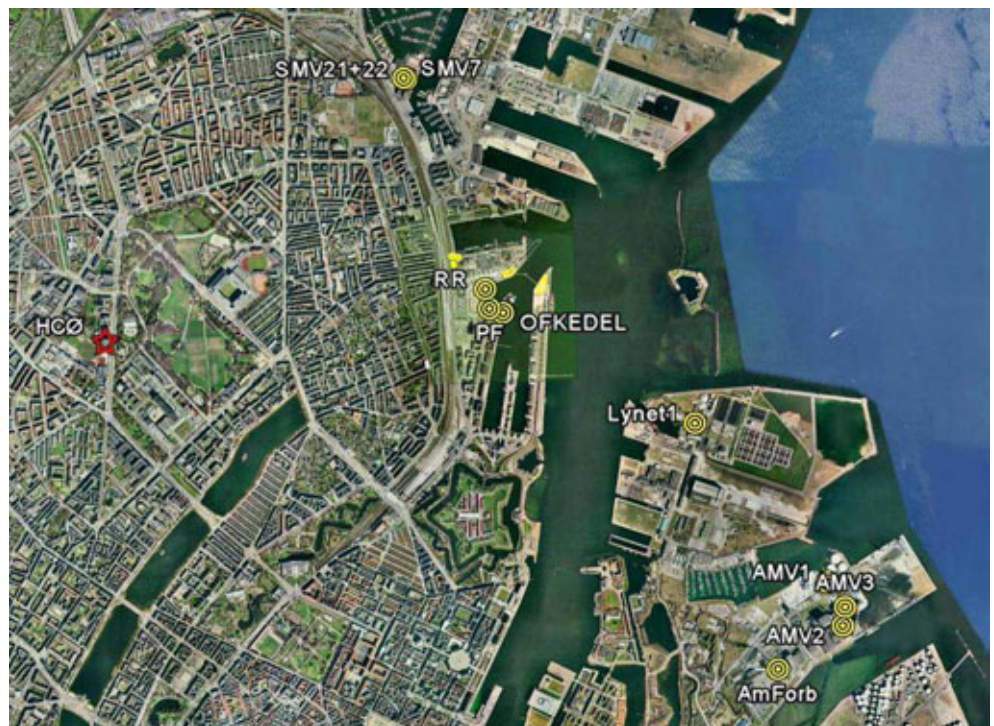
Den samlede virkning af NO₂ fra kraftværker og færger tillagt baggrundskoncentrationer vurderes i forhold til EU grænseværdier for NO₂ i udeluft:

- Korttidsgrænseværdi til beskyttelse af sundhed: timeværdier for NO₂ må kun overskride 200 µg/m³ 18 gange pr. kalender år, dvs. den 19. højeste timeværdi må ikke være højere;
- Langtidsgrænseværdi til beskyttelse af sundhed: årsgennemsnit for NO₂ må ikke overskride 40 µg/m³.

Der er ikke baggrundsdata for SO₂, CO eller støv i det tilgængelige dataset for 2003. Det er derfor ikke muligt at beregne en samlede koncentration for disse stoffer inklusiv baggrundsniveau for hver time. Vurdering af disse stoffers niveauer i forhold til EU grænseværdierne er dermed mindre sikkert, end for NO₂.

4 Emission fra punktkilder

Placering af de undersøgte punktkilder og luftkvalitetsmålestationen ved H.C. Ørsted Institutet er vist i Figur 2.



Figur 2 *Luftfoto af projektområdet, med punktkilderne og målestationen ved H.C. Ørsted Institutet (HCØ).*

4.1 Emission fra kraftværker og forbrændingsanlæg

Fire store kraft- og forbrændingsanlæg er inkluderet i undersøgelsen:

- Svanemølleværket, kraftvarmeværk;
- Lynetten renseanlæg på Amager, slam forbrænding;
- Amagerværket, kraftværk; og
- Amagerforbrænding, affaldsforbrænding.

De anvendte værdier for emission og spredningstekniske parametre for NO_x , SO_2 , CO og støv (PM_{10}) er præsenteret i Annex 1. De maksimalt tilladte røg-gaskoncentrationer for NO_x , SO_2 , CO og PM_{10} har været brugt for Lynetten, Amagerværket og Amagerforbrænding. Der er herudover regnet med konstant fuld drift fra alle værker hele året. Det giver en konservativ vurdering, da de faktiske emissioner for fuld drift er lavere.

4.1.1 Svanemølleværket

Emissionsdata for Svanemølleværket er taget fra to tidligere undersøgelser (Olesen 2008a og 2008b), som er baseret på oplysninger fra Dong Energy. Svanemølleværket består af et baseload anlæg (SMV7) og to nye spidslastkedler (SMV21 & SMV22) taget i brug i 2007. Hele anlægget er designet til indfyring med naturgas og/eller gasolie. Emissionsgrænseværdierne er højere for gasolie, og det dermed forudsættes indfyring kun med gasolie. Det er en konservativ forudsætning, da de fyres mere end 99% med naturgas. anvendes næsten

Der regnes med konstant fulldrift emission fra begge anlæg, med emissionskoncentrationer for NO_x og støv lige med de maksimale tilladte emissionsgrænseværdier. NO_2 emission lige med 50% af NO_x emission er anvendt til OML beregning af virksomhedens koncentrationsbidrag, i henhold til Luftvejledningen. Til mere realistiske beregninger af NO_2 koncentrationer er der anvendt NO_2 direkte emission på 10% af NO_x , og OML modellen i ”kemi-måde”, med meteorologiske data for 2003, og samtidige baggrundsdata for NO_x , NO_2 og O_3 .

SO_2 emission er baseret på det maksimale tilladte svovlindhold i gasolie (0,1% S), som er mere begrænsende end den gældende SO_2 emissionsgrænseværdi.

Da der ikke er emissionsgrænseværdier for CO i miljøgodkendelsen, og den maksimale målte emission er ikke kendt, er CO emissionen baseret på en CORINAIR emissionsfaktor for gasolie på 15 g CO/GJ. (EEA, 2007). Den gennemsnitlige CO emission i 2007, ifølge virksomhedens Grønt Regnskab 2007, var på 6,7 g CO/GJ, hvor 99,5% af den indfyret energi var fra naturgas.

Ved beregning af spredningsfaktorer for hvert stof – emission i g/s divideret med B-værdien – er NO_2 (50% af NO_x) det dimensionerende stof, efterfulgt af SO_2 , støv og CO.

4.1.2 Rensningsanlægget Lynetten

Data for Rensningsanlægget Lynetten er baseret på revision af miljøgodkendelse af december 2005, inklusiv miljøteknisk beskrivelse. Emission fra forbrænding af slam er baseret på fulldrift slamforbrænding på 3 tons tørstof pr. time, svarende til 8,0 MJ/s indfyret effekt, med maksimale tilladte røggas koncentrationer: NO_2 400 mg/ Nm^3 , SO_2 200 mg/ Nm^3 , CO 100 mg/ Nm^3 , og støv 30 mg/ Nm^3 .

Anlæggets kedelcentral anvender biogas eller gasolie, men der forudsættes kun brug af gasolie. Der regnes med 500 kg/time gasolie forbrug ved anlæggets kedelcentral, og 250 mg NO_x/Nm³ i røggas ifølge miljøgodkendelsens vilkår. SO₂ emission er baseret på svovlindhold af 0,1%S i brændstoffet. CORINAIR emissionsfaktorer bruges til CO (12 g/GJ) og støv (12 g/GJ). Biogas forbrænding ved fakkell er ikke inkluderet.

Spredningsfaktorer viser at NO₂ er den dimensionerende stof, efterfulgt af SO₂, støv og CO.

4.1.3 Amagerværket

Data for Amagerværket er baseret på virksomhedens Grønt Regnskab dokument for 2007, miljøansøgning for modernisering af Amagerværkets blok1, og Miljøteknisk beskrivelse af 16 oktober 2008.

Amagerværket har to kulfyrede blokke, og en biomasse (halm) fyret blok. Emission er baseret på de maksimale tilladte emissionsgrænseværdier fastsat i miljøgodkendelserne, og konstant fuld drift indfyring. Da der ikke er en emissionsgrænseværdi for CO fra Blok 1 og Blok 3, er CO koncentration ved normal drift i Blok 3 (65 mg/Nm³) anvendt til både Blok 1 og 3. Alle forudsætninger til OML beregninger vises i Annex 1, Tabel 12.

Ved beregning af spredningsfaktorer for de samlede maksimale emissioner fra alle tre blokke, er SO₂ den dimensionerende stof, efterfulgt af NO₂, støv og CO.

Det bemærkes at Amagerværket har oplyst at Blok 2 bliver nedlukket for modernisering med start i april 2009.

4.1.4 Amagerforbrænding

Data for Amagerforbrænding er baseret på virksomhedens Grønt Regnskab dokument for 2007, revurderingsdokumentet af 10. februar 2009 inkl. miljøteknisk beskrivelse, og oplysninger fra Miljøcenter Roskilde.

Maksimalt tilladte røggas koncentrationer fra Amagerforbrænding: NO₂ 400 mg/Nm³, SO₂ 200 mg/Nm³, CO 100 mg/Nm³, PM₁₀ 30 mg/Nm³. Der regnes med konstant fuld drift indfyring med 60 ton/time affald.

Ved beregning af spredningsfaktorer er NO₂ identificeret som det dimensionerende stof, efterfulgt af SO₂, støv og CO.

4.2 Emission fra skibe ved kaj

Følgende tre skibe ved kaj er inkluderet i undersøgelsen:

- DFDS Oslo færge ved kaj i Mellembassin
- Polferries Polen færge Pomerania, ved kaj i Mellembassin

- DFDS Tor Corona Ro-Ro færge til Klaipeda, ved kaj i Mellembassin

Emissioner fra krydstogtskibe og andre skibe ved havnen er ikke inkluderet i undersøgelsen.

De anvendte forudsætninger for emission og spredningstekniske parameter præsenteres i Annex 1, *Tabel 13*. Emissioner er beregnet som den nuværende aktuelle emission, baseret på emissionsfaktorer og oplysninger om drift af hjælpemotorer og kedler ved ophold ved kajen. I modsætning til emissioner fra landkilderne efter Luftvejlednings procedurer, er der ikke beregnet maksimale fuld drift emissioner for færgerne. Emissionsfaktorer, der repræsenterer gennemsnits forhold, er anvendt til beregning af emission fra færgerne.

Der er ligeledes specificeret tidsvariationer i færgernes emissioner, baseret på de aktuelle sejlplaner, for at generere realistiske emissionsmønstre i OML spredningsberegningerne. Resultatet er at vurdering af virkning af emissionerne fra færgerne er mindre konservativ, end Luftvejledningens procedurer for virksomheder.

4.2.1 Ro-Ro færgen "Tor Corona"

Emissionsdata for DFDS's RoRo færge "Tor Corona" (Frederikshavn-København-Klaipeda) er baseret på oplysninger fra DFDS. Forudsætningerne og emissionsparametre er opsummeret i Annex 1, *Tabel 13*. Der regnes med en MDO-fyret hjælpemotor på 1110 kW, med 60% last.

4.2.2 Polferries Polen færge "Pomerania"

Der er ikke modtaget oplysninger om drift ved kajen for Polferries Polen færge "Pomerania" (København-Swinouscie). Emissionerne er baseret på en tidligere undersøgelse for containerterminalen i Københavns Havn. Forudsætningerne og emissionsparametre er opsummeret i Annex 1, *Tabel 13*. Som basis er anvendt data fra Tor Neringa. Der regnes med en hjælpemotor på 910 kW, på ca. 40% last.

4.2.3 Oslo færgerne

Emissionsdata for DFDS Oslo færgerne er baseret på oplysninger fra DFDS og D.E.C. Marine om de to nuværende færger Crown of Scandinavia og Pearl of Scandinavia. De modtagne oplysninger vises i Annex 1, *Tabel 8*, *Tabel 9*, og *Tabel 10*. Forudsætningerne og input data til OML beregningerne vises i *Tabel 13*.

Der regnes med to hjælpemotorer á 2200 kW, med ca. 44% last. Der er installeret SCR NO_x-reduktion, på motorerne som bruges ved kajen, på begge færger. Der regnes med en NO_x reduktion på ca. 86%. Der regnes med svovlindhold på 0,1%S.

Der er en kedel i brug ved kajen, med brandstofforbrug på 200 kg/time, HFO med 1,5% S svovlindhold.

Baseret på spredningsfaktorer for de samlede emissioner fra motorer og kedel, er SO₂ den dimensionerende stof, efterfulgt af støv, NO₂ og CO.

4.3 Tidsvariation af emissioner fra skibe ved kaj

Oslo færgerne, Polen færgen og Ro-Ro færgen har hver sin anløbs tidsplan. OML beregningerne tager højde for disse tidsvariationer i emissionerne.

Oslo færgen Ved kaj hver dag i 8 timer, fra 0900 til 1700; 2920 timer pr. år (33,3%).

Polen færgen Ved kaj 4 dage om ugen, men med 5 dage om ugen i sommerperioden (26/6-19/8). Tidsplanen er givet i Tabel 1. På trods af et ekstra anløb i sommerperioden, er der kun 30 timer ved kajen om sommeren, men 38 timer resten af året. Der er i alt 1917 timer ved kaj om året (21,9%).

Tabel 1 Tid ved kaj for Polen færgen

Normal	Sommer 25/6-19/8
mandag, 0800-2000	mandag, 0800-2000
onsdag, 0800-2000	onsdag, 0800-2000
fredag, 0800-2000	torsdag, 1900-2100
søndag, 0800-1000	fredag, 1900-2100
	søndag, 0800-1000
38 timer/uge	30 timer/uge

OML modellen understøtter døgn, uge og måned tidsvariationer, men kan ikke regne med skiftende tidsmønstre i løbet af en uge eller år. Af den grund er der regnet med 3 12-timer perioder ved kajen om ugen 0800-2000, i alle måneder. Det svarer til 1877 timer om året, som er 2 % mindre end den planlagte kajtid.

En undersøgelse af hvilke ugedage der gav de højeste koncentrationer på tårnene, med 2003 meteorologiske data, viste at torsdag gav det højeste, efterfulgt af tirsdag og lørdag. Det er dermed valgt at repræsentere færgens kajtid på torsdage, tirsdage og lørdage i OML modellen.

Polen færgen og Oslo færgen ligger samtidigt ved kajen i perioden 0900-1700 på mandag, onsdag og fredag, og 0900-1000 på søndag, for "normal" tidsplanen (25 timer pr. uge). I OML modellen er de samtidigt ved kajen 24 timer pr uge.

Ro-Ro Ro-Ro færgen Tor Corona anløber normalt 3 gange om ugen og ligger til kaj: mandag 1800-2000, onsdag 0630-0730, og lørdag 1330-1530. Det er efter tidsplanen 5 timer om ugen, og 261 timer pr. år (3,0 %).

Da OML-modellen ikke kan repræsentere forskellige døgn mønstre i løbet af ugen, er tidsvariationen i modellen repræsenteret med 5 timer pr. dag, en dag om ugen: 0600-0700, 1300-1500 og 1800-2000. Torsdag er valgt efter en undersøgelse af, hvilken ugedag, der gav de højeste koncentrationer på tårnene med 2003 meteorologiske dataset.

Polen færgen er ved kaj samtidig med Ro-Ro færgen hver mandag i perioden 1800-2000. I OML modellen er begge færger samtidigt ved kajen i 2 timer hver uge, 1800-2000 om torsdagen.

4.4 Bygningseffekter ved emissionskilderne

OML modellen inkluderer to forskellige effekter af nærliggende bygninger i beregningerne: Generel bygningshøjde, hvor skorstenen ligger ovenpå eller ved siden af en bygning, og retningsafhængige bygningseffekter, for andre relativt store bygninger i nærheden af skorstenen. Effekten af de enkelte bygninger er afhængig af kildens afkashøjde (skorstenshøjde), og bygningens højde og afstand fra kilden (skorsten). Proceduren er beskrevet i OML Brugermanualen.

Der er undersøgt, hvilke bygningseffekter der skal medtages, efter manualens procedurer. De inkluderede bygningseffekter er:

Svanemølleværket	53 m kedelhus under skorstenene;
Amagerværket	61 m Blok 3 bygning, som retningsafhængig bygningseffekt på AMV3 og AMV2 skorstene.
Oslo færgen	29 m bygningshøjde under skibets skorsten;
Polen færgen	11,4 m bygningshøjde under skibets skorsten, og 14 m Færgeterminal bygning som retningsafhængig bygningseffekt;
Ro-Ro færgen	16 m bygningshøjde under skibes skorsten, og projektets 28 m "Erhvervsbånd" bygninger ved siden af Ro-Ro kajpladsen.

4.5 Koordinatsystem

Google Earth UTM 33 koordinater er anvendt for alle x-y positioner i OML modellen. Det bemærkes at "nord" i dette koordinatsystem afviger ca. 2° fra nord i den danske UTM koordinatsystem.

Højde reference	Der regnes med en kaj- eller grundoverflade (0 højde) som er 3 m over vandoverfladen. For skibene er kajhøjden anvendt som reference for skorstens- og bygningshøjder.
Terræn	Terrænet antages at være fladt med en ruhedsparemeter på 0,3 m (repræsentativ for by). Der regnes ikke med terrænhøjde variationer i OML modellen.

4.6 Receptorer

Receptor punkter er punkter, hvor OML-modellen foretager beregning af koncentrationer af de emitterede stoffer for hver time. Der anvendes 3 sæt receptorpunkter til OML beregningerne:

- 1 Rektangulært 26x26 receptornet, med 40 m interval, over et 1x1 km område med center i nærheden af Polen færgen. Højden af receptorpunkterne sættes til de undersøgte højder af hensyn til forskellige højder på de planlagte bygninger;
- 2 Til undersøgelse af koncentrationer på bygningsfacaderne, er der dannet et receptornet der består af 12 vertikale profiler på hjørnerne af de planlagte bygninger: de 2 tårne på spidserne af Marmormolenkaj (M-Tårn) og Langeliniekaj (L-Tårn), og hotellet ved Nordhavns Station. Se Figur 3.



Figur 3 Placering af receptor profiler på hjørnerne af tårnene og hotel.

- 3 Til undersøgelse af virkning af emission fra enkelte kilder (Oslo færgen og Ro-Ro færgen): Cirkulært receptornet med 36 kompas-retninger (10° interval), centrum i skorstenen. Receptor-ringene er lagt med 20 m interval i afstandene 200-480 m for Oslo færgen, og afstandene 45-450 m for Ro-Ro færgen. Det dækker projektområdet, inkl. tårne og hotel.

4.7 Meteorologiske data og baggrundskoncentrationer

Til OML beregninger anvendes normalt et standard meteorologisk dataset fra Kastrup for året 1976. En ulempe med dette år er at der ikke findes luftkvalitetsmålinger for 1976, som kan bruges som baggrundskoncentrationer eller input til kemiske beregninger med OML. Til beregninger med OML i "kemi-mode" er det derfor nødvendigt at benytte et andet år.

Som grundlag for spredningsberegningerne med baggrundsdata er der anvendt et sæt meteorologiske data for året 2003, der oprindeligt er dannet af DMU til undersøgelsen af krydstogtskibes bidrag til luftforurening (Olesen og Berkowicz, 2005).

De meteorologiske parametre er fra målinger fra DMU's målestation på taget af H.C. Ørsted Institutet, kombineret med DMI data for skydække og snedække ved Kastrup. Der er også benyttet radiosondedata fra DMI's målestation ved Jægersborg, til fastlæggelse af atmosfærens blandingshøjde.

Til den samlede beregning af NO_2 koncentration fra alle kilder er baggrundskoncentrationer for NO_x , NO_2 og O_3 anvendt i OML-modellen til beregning af omdannelse i luften af den emitterede nitrogenmonoxid (NO) til den sundhedsskadelige nitrogendioxid (NO_2).

Måledata for baggrundskoncentration af NO_x og NO_2 er taget fra DMU's målestation på taget af H.C. Ørsted Institutet. Pga. tekniske problemer i 2003 med O_3 målinger på denne station, er måledata for O_3 taget fra DMU's målestation på landet ved Lille Valby. Konsekvensen af at bruge O_3 data fra en landlig station formodes at være, at man i et vist omfang overvurderer den omdannelse af NO til NO_2 , der finder sted (Olesen og Berkowicz, 2005).

Der er ikke baggrundsdata for SO_2 , CO eller PM_{10} beregninger.

5 Vurdering af luftkvaliteten

5.1 Virkning af de enkelte punktkilder

5.1.1 Oslo færgerne

Der er lavet beregninger af Oslo færgernes indflydelse på projektets højhuse og projektområdet. Der regnes med to diesel hjælpemotorer og en kedel, ved normal drift ved kajen. Beregningerne inkluderer tidsvariation i emission, der svarer til det daglige ophold af færgen ved kajen.

Den mindste afstand fra Oslo færgens skorsten til projekt bygningerne er ca: 195 m til Erhvervsbåndet, 205 m til M-Tårnet, 223 m til L-Tårnet, og 375 m til hotellet. Den største afstand er ca. 460 m til den nordøstlige spids af Marmorkajen. Et OML receptorpunktnet er dannet til at dække fra området fra 100 m til 450 m fra færgen, og beregninger er gennemført i 15 meters højdeintervaller fra 1,5 m til 120 m.

Der er installeret SCR NO_x-reduktion teknologi på diesel motorerne. Der regnes med den mindste reduktion oplyst af DFDS, hvilket er ca. 86% reduktion af NO_x emission. Svovlindholdet i dieselolien er 0,5% S og kedlens fuelolie har 1,5% S. Øvrige data for færgerne fremgår af Annex 1.

Beregningerne viser at SO₂ emissionen er dimensionerende for Oslo færgerne. Såfremt B-værdien overholdes for SO₂, vil B-værdierne for de andre stoffer også overholdes.

Tabel 2 viser den maksimale månedlig 99%-fraktil SO₂ koncentration i forskellig højde og afstand fra færgen, baseret på meteorologi fra hhv. Kastrup 1976. Det maksimale koncentrationsbidrag for SO₂ findes i 50 meters højde, som er tæt ved færgens skorstenshøjde på 44,5 m over kajen.

Som det fremgår af tabellerne er B-værdien overskredet i en afstand af 175m fra færgens skorsten, i højden 45 til 50 m.

B-værdien overholdes ved 200m eller større afstand fra færgen i begge tilfælde. Da den nærmeste del af projektområdet er 195 m fra færgen, sker der ikke overskridelser indenfor projektområdet.

Da SO₂ er den dimensionerende parameter er B-værdierne for NO₂, CO og PM₁₀ heller ikke overskredet i projektområdet. Resultaterne er ikke vist for disse stoffer, men koncentrationsmønstret ved højde og afstand ligner mønstret for SO₂.

Det bemærkes at svovlindhold i alle skibsbrændstof for skibe ved kaj bliver begrænset ved EU direktiv 2005/32 til 0,1%S fra 1. januar 2010. Det vil reducere SO₂ emissionen fra forbrænding af HFO i kedlerne på Oslo færgerne med en faktor 15, og den samlede SO₂ emission ved mere end faktor 5. Det vil eliminere de overskridelser af SO₂ B-værdien, der vises i Tabel 2.

Tabel 2 *Maksimalt månedlige 99%-fraktile SO₂ koncentrationsbidrag (µg/m³) fra Oslo færgerne ved kaj, ved højde og afstand fra færgerne. B-værdien for SO₂ er 250 µg/m³. Koncentrationsbidrag over 250 er fremhævet med rødt og over 50 med gråt. Meteorologi: Kastrup 1976.*

Receptor højde, m	Afstand fra Oslo Færge, m														
	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
120	48	46	41	37	36	35	33	30	28	25	22	20	19	17	16
100	88	80	56	56	55	48	43	38	34	31	28	26	24	22	21
60	394	311	253	210	173	145	128	114	103	94	86	79	74	68	64
55	528	400	310	246	196	169	149	133	119	108	99	91	84	78	73
50	603	450	329	256	219	190	168	150	134	122	111	102	94	87	81
45	515	396	320	267	227	197	174	154	139	126	115	105	97	90	84
40	467	363	293	245	210	183	162	144	130	118	108	99	92	85	79
35	388	297	241	202	173	151	133	119	108	98	90	83	77	72	67
30	280	215	175	147	128	112	100	91	83	76	70	65	61	57	54
25	190	145	121	103	89	78	69	63	57	53	49	46	43	41	38
15	85	78	70	63	58	51	48	45	43	41	39	37	36	34	33
1.5	42	50	54	55	52	50	45	41	37	35	33	33	32	31	30

5.1.2 Ro-Ro færgen

DFDS Ro-Ro færgen Tor Corona er ved kaj tre gange om ugen, ca. 5 timer i alt. Kajpladsen ligger meget tæt ved projektets Erhvervsbånd bygninger. Den nærmeste afstand fra Ro-Ro færgens skorsten til Erhvervsbåndet er ca. 46 m. Skorstenshøjden er ca. 23 m over kajen. Erhvervsbåndet er planlagt til en maks. højde på ca. 28 m.

For at undersøge virkningen af Ro-Ro færgen på de planlagte nærliggende bygninger er et OML receptornet dannet fra 45 meters afstand ud til 450 meters afstand, med center på Ro-Ro færgens skorsten. OML beregninger er gennemført for forskellige receptorhøjder.

Beregning af spredningsfaktorer viser at NO₂ er den dimensionerende stof for Ro-Ro færgen. NO₂ beregnes som 50% af NO_x emissionen.

Tabel 3 viser for NO₂ den maksimale månedlige 99%-fraktile i forskellige højder og afstande fra Ro-Ro færgens skorsten.

Det er forudsat at NO₂'s andel af NO_x emission er 50%, hvilket anses for at være konservativ med den korte afstand mellem Ro-Ro færgen og Erhvervsbåndet. Det forventes at mindre end 10% af NO_x udslippet fra diesel motorer er NO₂, mens resten er NO. NO konverteres til NO₂ i luften, men omdannelsen er begrænset i røgfanen så tæt ved kilden.

Såfremt Ro-Ro færgens ophold ved kajen forlænges, er der risiko for større overskridelser.

Da NO₂ er den dimensionerende parameter, har de andre stoffer SO₂, CO og PM₁₀ ingen overskridelser af de pågældende B-værdier.

Tabel 3 *Maksimalt månedlige 99%-fraktile NO₂ koncentrationsbidrag (µg/m³) fra Ro-Ro færgen ved kaj, ved højde og afstand fra færgerne. B-værdien for NO₂ er 125 µg/m³. Koncentrationsbidrag over 50 er fremhævet med grå. Meteorologi: 2003.*

Receptor højde, m	Afstand fra Ro-Ro Færge, m														
	45	55	65	75	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450
50	19	14	12	10	9	16	16	12	9	7	6	5	4	4	3
45	24	18	16	19	25	22	15	11	9	8	7	5	4	4	3
40	57	55	48	45	30	19	15	13	11	9	7	5	4	4	3
35	107	87	58	42	31	23	19	14	10	8	7	5	4	4	3
30	81	67	64	53	34	23	16	11	9	7	6	5	4	3	3
25	84	64	54	43	26	18	14	11	9	8	7	5	4	3	3
20	83	63	49	40	26	19	14	12	10	8	7	6	4	4	3
15	68	52	42	35	23	17	14	12	10	9	8	6	5	4	3
10	48	41	37	27	18	15	12	10	9	8	7	6	5	4	3
5	44	38	32	24	18	15	12	10	9	8	7	5	4	4	3
1.5	44	33	28	24	18	15	12	10	9	8	7	5	4	4	3

DFDS Tor Line har oplyst en forholdsvis høj røggastemperatur på 450°C for Tor Corona. Det resulterer i både en høj røggashastighed ud af skorstenen, og i et højt termisk løft af røgfanen. For at undersøge resultaternes følsomhed over for ændring i røggas temperatur, er der lavet en supplerende beregning med røggas temperatur på 350°C, ved de kritiske receptorhøjder.

Den maksimale 99%-fraktile værdi bliver i det tilfælde 122 µg/m³ ved 30 og 35 m receptorhøjde og afstand 45 m, men B-værdien er ikke overskredet.

5.1.3 Polen færgen

Da emission fra Polen færgen er mindre end de andre færger, er der ikke lavet beregninger af færgens koncentrationsbidrag som enkelt kilde. Polen færgen er medtaget i beregninger af emission fra samtlige punktkilder.

5.1.4 Svanemølleværket

Virkning af Svanemølleværket, som enkelt punktkilde, på havneområdet inklusiv projektområdet og højhuse, er tidligere undersøgt af DMU i 2008 (Olesen 2008a og 2008b). Beregningerne fra disse undersøgelser er ikke gentaget her, men resultaterne opsummeres. Resultaterne er opsummeret i Figur 4.

Der var lavet OML beregninger med forskellige forudsætninger, og for både 1976 og 2003 meteorologiske data.

Med anvendelse af Luftvejledningens procedurer for maksimum bidrag fra en enkelt virksomhed og med indfyring kun med gasolie bliver NO₂ det dimensionerende stof fra Svanemølleværket. Denne forudsætning er dog meget konservativ idet indfyring reelt sker med naturgas. Dette giver betydeligt lavere emissionsværdier og desuden anvendes kun halvdelen af værkets kapacitet i spidslast.

Resultatet af OML beregninger, der 100% følger Luftvejledningen, vises med den laveste kurv "NO₂ Luftvejl." i Figur 4. Kurven viser den acceptabel bygningshøjde i projektområdet, ifølge Luftvejledningen. NO₂ B-værdien er overskredet ved højere højder.

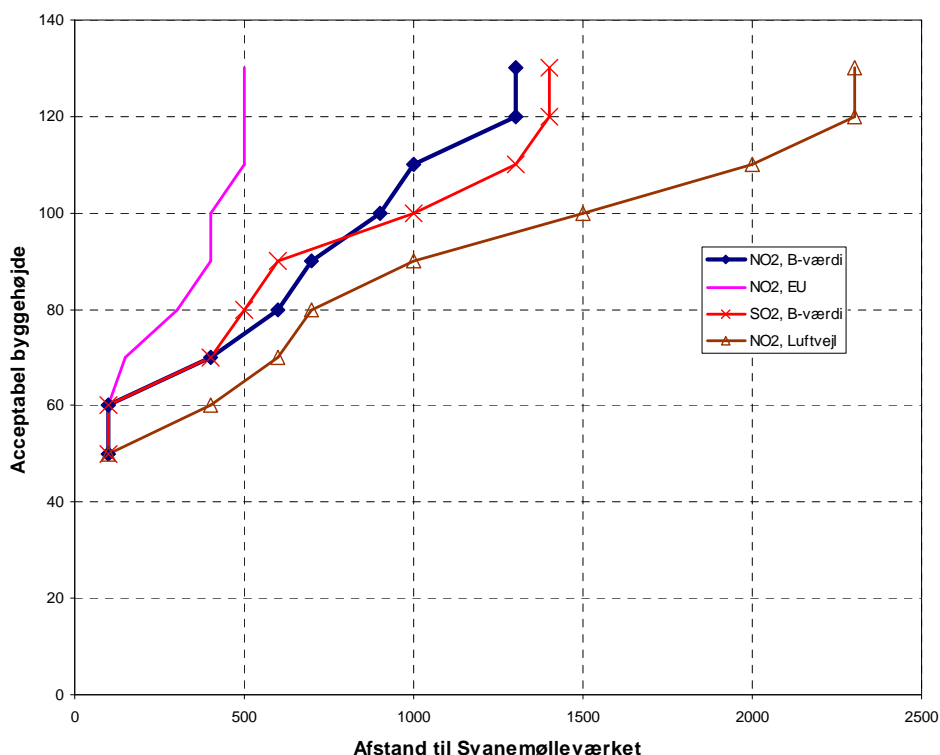
Koncentrationsbidraget over projektområdet stiger med højden, men falder med afstanden fra skorstenen. B-værdien for NO₂ (som er 125 µg/m³) overskrides ved højde over 90 m ved hotellet i en afstand af 1000 m fra Svanemølleværket. Ved M-tårnet og L-tårnet (afstand 1200-1400 m) er B-værdien for NO₂ overskredet over højde på omkring 90-95 m. I henhold til Luftvejledningens meget konservative procedure, vil B-værdien for NO₂ blive overskredet på de øverste etager af begge tårne.

Ved anvendelse af en mere realistisk beregningsmetode for emission og dannelse af NO₂ i kraftværkets røgfane (OML-modellen i "kemi-mode") fremgår det, at koncentrationsbidraget faktisk er betydeligt mindre, og at B-værdien overholdes på tårnene (kurv "NO₂ B-Værdi" i figuren). Metoden bygger på baggrundsmålinger af NO₂ for året 2003 og samtidige meteorologiske data. Disse beregninger fører til resultater for den samlede belastning med NO₂ fra Svanemølleværket og byens baggrundsluft, da OML i kemi-mode kan ikke beregne værkets koncentrationsbidrag uden at inkludere baggrundskoncentrationen. At sammenholde de beregnede koncentrationer med B-værdien for NO₂ giver et meget konservativt resultat.

Såfremt denne realistiske forudsætning anvendes for NO₂ bliver det i stedet SO₂ der er den dimensionerende forureningskomponent (kurv "SO₂ B-Værdi" i figuren). B-værdien for SO₂ overholdes op til en højde på ca. 100 m ved hotellet, op til ca. 105 m ved M-tårnet og op til ca. 115 m højde ved L-tårnet. Der er dermed ingen overskridelse af B-værdien for SO₂ på projektets bygninger.

Da spredningsfaktorer for støv og CO er mindre end for SO₂, er der vurderet at disse stoffer også overholder de respektive B-værdier over projektområdet.

Kurven "NO₂, EU" i Figur 4 viser at EU grænseværdien for den 19. højeste timekoncentration, overholdes i alle højder, ved afstand over 500 m fra Svane-mølleværket. Kurven er baseret på OML-modellen i kemi-mode, mere baggrundsdata og meteorologiske data for 2003.



Figur 4 Acceptabel byggehøjde i henhold til fire forskellige forudsætninger for emission fra Svane-mølleværket. Kilde: Olesen 2008a og 2008b.
NO₂, Luftvej. Beregning for NO₂ iht. Luftvejledningen (1976-data).
NO₂, B-værdi. NO₂ sammenholdt med B-værdien. NO₂ er beregnet realistisk med OML-modellen i kemi-mode (for 2003-data). Imidlertid stammer NO₂ ikke blot fra Svane-mølleværket, men fra alle kilder - derfor er kravet særdeles restriktivt.
NO₂, EU. Realistisk NO₂-beregning og krav om at EU-grænseværdien for 19. højeste timeværdi overholdes (2003-data).
SO₂, B-værdi. Beregning for SO₂ iht. Luftvejledningen (1976-data).

SO₂, PM₁₀, CO Højden af SO₂ overskridelserne, og evt. PM₁₀ og CO, er nærmere undersøgt med OML beregninger der følger Luftvejledningens procedurer. Koncentrationer af SO₂, PM₁₀ og CO er beregnet på ringe af receptor-punkter i afstande fra Svane-mølleværket til det nærmeste punkt på hvert af de tre højhuse: 1) hotellet 1015 m, 2) M-tårnet 1213 m, og 3) L-tårnet 1350 m.

Beregningerne er lavet på 15 forskellige højder fra 1,5 til 130 m, med korsteste intervaller omkring bygningernes højde: 1,5, 30, 60, 85, 90, 95, 97,5, 100, 102,5, 105, 107,5, 110, 110, 120, 130 m. De maksimale månedlige 99%-fraktil

timeværdier, for hver højde og afstand, er beregnet over 36 kompas retninger ved 10 graders interval. Standard meteorologi data fra Kastrup 1976 er anvendt.

Der er fundet overskridelse af B-værdierne for SO₂ og PM₁₀, men ikke for CO.

Ved hotellet (afstand 1015 m) er SO₂ B-værdien overskredet ved 102,5 m højde, men ikke overskredet ved 100 m højde og nedenunder. B-værdien for PM₁₀ overskrides ved 120 m højde, men er ikke overskredet ved 115 m og nedenunder. Den acceptable bygningshøjde for hotellet, i forhold til SO₂, PM₁₀ og CO fra Svanemølleværket, er 100 m.

Ved M-tårnet (afstand 1213 m) er SO₂ B-værdien overskredet ved 107,5 m højde, men ikke overskredet ved 105 m. PM₁₀ og CO overskrider ikke deres B-værdier. Den acceptable bygningshøjde for M-tårnet er 105 m, i forhold til SO₂, PM₁₀ og CO.

Ved L-tårnet (afstand 1350 m) er B-værdien for SO₂ overskredet ved 115 m højde, og ikke overskredet ved 110 m og nedenunder. PM₁₀ og CO overskrider ikke deres B-værdier. Den acceptable bygningshøjde for L-tårnet er 110 m, i forhold til SO₂, PM₁₀ og CO.

Resultaterne er meget konservative, da der regnes med emission der svarer til 100% indfyring med gasolie. Svanemølleværket bruger næsten udelukkende (>99%) naturgas, med betydelig mindre emissionsgrænselværdier for SO₂ og PM₁₀.

5.1.5 Amagerværket

Den største af de tre værker på Amager er Amagerværket. Amagerværket består af to kulfyrede blokke, og en biomasse (halm) fyret blokke. Røggas udledes af tre 150 m skorstene.

Ifølge Luftvejledningens procedurer, er SO₂ er den dimensionerende stof for Amagerværket. Der er lavet OML-beregninger for SO₂ koncentrationsbidrag i afstande 2000 til 3050 m, for forskellige receptorhøjder. Der anvendes meteorologiske data fra Kastrup 1976. Resultaterne vises i Tabel 4 som maksimale månedlige 99%-fraktil timekoncentrationer, for hver afstand og højde, til sammenligning med B-værdien for SO₂, som er 250 µg/m³.

Tabel 4 viser at B-værdien er overholdt fra overfladen (1,5 m) op til en højde 135-140 m over hele projektområdet. De højeste koncentrationsbidrag findes ved ca. 185 m højde, og koncentrationerne begynder at falde ovenpå denne højde.

Tabel 4 Maksimale månedlige 99%-fraktile SO_2 koncentrationsbidrag ($\mu g/m^3$) fra Amagerværket, ved højde og afstand over projektområdet. B-værdien for SO_2 er $250 \mu g/m^3$. Koncentrationsbidrag over 250 er fremhævet med rødt. Meteorologi: Kastrup 1976. Projektområdet har afstand ca. 2450 m til 2975 m fra Amagerværket.

Receptor højde, m	Afstand fra Amagerværket, m														
	2000	2075	2150	2225	2300	2375	2450	2525	2600	2675	2750	2825	2900	2975	3050
250	276	265	255	245	235	226	218	210	203	196	189	183	177	171	166
210	725	697	671	646	623	602	581	562	544	526	510	495	480	466	453
200	875	839	805	774	745	718	692	668	645	624	603	584	566	549	532
195	936	897	859	825	792	762	734	707	682	658	636	615	595	576	559
190	959	918	880	844	811	780	751	723	697	673	650	628	608	589	571
185	959	918	881	845	812	781	752	725	699	675	652	630	610	591	573
180	939	899	863	828	796	766	737	711	686	662	640	619	599	580	562
150	478	463	448	434	421	408	396	385	374	364	354	344	335	326	318
140	309	301	293	286	278	271	265	259	252	247	241	236	231	226	221
135	239	233	228	223	218	213	209	204	200	196	192	188	185	181	178
120	149	145	141	137	134	131	128	125	122	119	116	114	112	109	107
110	129	127	125	122	120	117	115	113	110	107	105	103	101	99	97
100	114	112	110	108	106	104	101	99	97	95	94	92	90	88	87
90	100	99	98	97	95	94	93	91	90	88	87	85	84	82	81
45	72	72	72	72	72	71	70	70	70	69	69	68	67	66	66
1.5	67	65	66	66	66	66	65	66	65	65	65	65	64	64	63

5.1.6 Amagerforbrænding og Lynetten

Da Amagerforbrænding har mindre emissioner end Amagerværket, og er ved det samme afstand, er det vurderet at koncentrationsbidrag fra Amagerforbrænding vil være mindre over projektområdet end for Amagerværket. Da der ikke er fundet overskridelser af B-værdien for Amagerværkets dimensionerende stof, er det heller ikke forventet at finde overskridelser i projektområdet fra Amagerforbrændings emissioner.

Da Lynettens emissioner er meget mindre end de andre to værker, er det vurderet at koncentrationsbidrag fra Lynetten vil ikke overskride B-værdier på projektområdet, selv om Lynetten har mindre afstand til projektområdet.

Der er derfor ikke lavet OML beregninger for disse to værker, som enkelte virksomheder, efter Luftvejledningens procedurer. De to værker er inkluderet i beregninger for den samlede virkning af alle kilder, til sammenligning med EU grænseværdier, i det følgende afsnit.

5.2 Vurdering af de samlede emissioner

For at undersøge om den samlede effekt af alle kilder overholder EU's luftkvalitetsværdier, er der lavet OML beregninger for NO_2 , SO_2 , PM_{10} og CO, med samtlige punktkilder – kraftværker og skibe – inkluderet. De relevante EU grænseværdier vises i Tabel 5.

Tabel 5 EU grænseværdier for NO₂, SO₂, PM₁₀ og CO i udeluft.

Stof	Grænseværdi (µg/m ³)	Midlingstid	Statistik	Skæringsdato
NO ₂	200	1 time	19. højeste time	2010
	40	år	gennemsnit	2010
SO ₂	350	1 time	25. højeste time	2005
	125	24 timer	4. højeste døgn	2005
Partikler (PM ₁₀)	50	24 timer	36. højeste døgn	2005
	40	år	gennemsnit	2005
CO	10.000	8 timer (glidende)	maks.	2005

For at estimere den aktuelle NO₂ koncentration i luften, er NO₂ baggrundskoncentration inkluderet ved beregningen af den samlede koncentration. Det sker ved at benytte OML-modellen i "kemi-mode".

Der er også lavet OML beregninger for SO₂, PM₁₀ og CO koncentrationer fra samtlige kilder, til sammenligning med EU grænseværdier for disse stoffer.

5.2.1 NO₂ koncentration fra samtlige kilder

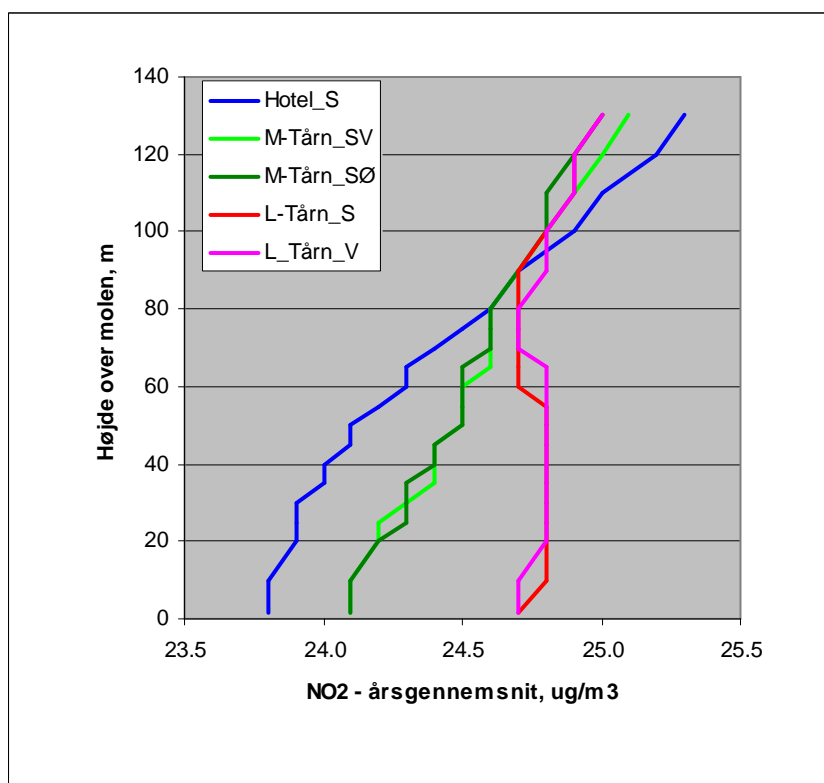
I kemi-mode beregnes omdannelse af NO til NO₂ i luften ved hjælp af baggrundsdata for NO_x, NO₂ og O₃. Fremgangsmåden adskiller sig fra Luftvejledningens procedure, hvor NO₂ emissionen fra kilden er sat til en fast andel på 50% af NO_x. Brug af kemi-mode giver en mere realistisk vurdering af NO₂ koncentrationen, især tæt på kilderne. Meteorologiske data for 2003 er anvendt, med samtidigt baggrundsdata for det samme år.

De beregnede NO₂ koncentrationer sammenlignes med EU's årgennemsnit grænseværdi (40 µg/m³), og korttids grænseværdi for den 19. højeste timeværdi (200 µg/m³).

Profiler af årgennemsnittet for NO₂ vises i Figur 5, til sammenligning med EU grænseværdien på 40 µg/m³. Den lidt takket udseende i figuren grundes afrunding af resultat værdier i OML output.

Årgennemsnittet for NO₂ i baggrundsdata målt på taget af H.C. Ørsted Institut er 22 µg/m³ i 2003. Kilderne i den undersøgelse bidrager med ca. 1,8 til 3,3 µg/m³ til NO₂ årgennemsnit, ud over baggrundsniveauet, i det undersøgte område og højder. Niveauerne er godt under grænseværdien.

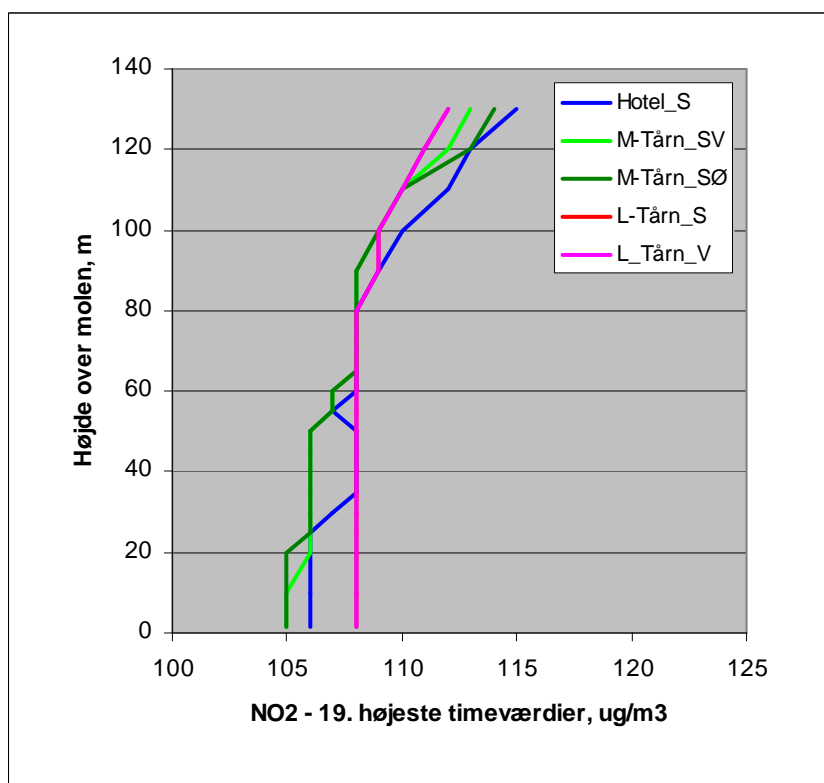
Hotellets profil har den laveste gennemsnitlige NO₂ niveau ved overfladen, fordi den er fjernest fra færgerne. Influent af færgerne ses tydeligt i de gennemsnitlige NO₂ profiler for L-tårnet, ved højder 20 til 65 m. NO₂ koncentrationen stiger meste med højde ved hotellet, pga. nærhed til Svanemølleværkets 100 m skorsten.



Figur 5 Profiler af gennemsnits NO_2 koncentration på udvalgte højdeprofiler på hotellet og de to tårne. Beregnet med OML i kemi-mode, med meteorologiske data og baggrunds data for 2003.

Figur 6 viser profiler af den 19. højeste NO_2 timekoncentration på facaderne af M-Tårn, L-Tårn og hotellet. EU grænseværdien er $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Figurens takket udseende skyldes OML afrunding af resultaterne til heltal.

Der er ganske små variationer i NO_2 koncentrationer: fra ca. 105 til $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Koncentrationer stiger lidt med højden, på grund af emission fra kraftværkernes høje skorstene. Hotellets profil "Hotel_S" har den højeste værdi ved 130 m højde, pga. røgfanerne fra den nærliggende Svanemølleværket.



Figur 6 Profiler af den 19. højeste NO₂ timeværdi på facaderne af M-Tårn, L-Tårn og hotellet. EU grænseværdien er 200 µg/m³. Beregnet med OML modellen i kemi-mode, og meteorologiske data og baggrundsdata for 2003.

5.3 SO₂, PM₁₀ og CO fra samtlige kilder

OML beregninger for SO₂, PM₁₀ og CO fra samtlige punktkilder er baseret på de samme emissions forudsætninger som for enkelt kilde beregningerne (Annex 1). Beregningerne er gennemført med meteorologiske data fra både 1976 og 2003. Der er ikke baggrundsdata (timeværdier) for SO₂, PM₁₀ og CO i det tilgængelige data. De beregnede koncentrationer repræsenterer kun bidraget fra de inkluderede kilder.

For PM₁₀ årsgennemsnit, kan den gennemsnitlige baggrunds koncentration bare lægges til det beregnede PM₁₀ gennemsnit. De andre statistikker er ikke additiv på den samme måde som for gennemsnittet, men summen af statistikken for bidraget plus statistikken for baggrundsmålinger giver en konservativ sammenligning med grænseværdien.

Resultaterne opsummeres i Tabel 6. De maksimale bidragsværdier er de højeste statistikker fra receptor profilerne ved hjørnerne af hotellet, M-tårnet og L-tårnet. Profilerne inkluderer 20 receptorhøjder, fra 1,5 m til 130 m. Resultaterne

viser at ingen af grænseværdierne overskrides op til 130 m højde ved hotellet, M-tårnet og L-tårnet.

Baggrundsværdier for SO₂ i 2003 er fra gadestationen ved H.C. Andersens Boulevard, og PM₁₀ og CO er fra bybaggrundsstationen på taget af H.C. Ørsted Institutet. Baggrundskoncentrationerne for SO₂ og CO har været faldende siden 2003. Der er ingen trend til PM₁₀ koncentrationerne ved H.C. Andersens Boulevard siden 2003.

Tabel 6 Resultater af OML beregninger for SO₂, PM₁₀ og CO, med samtlige punktkilder, i forhold til baggrundsværdier og grænseværdier, µg/m³. Maksimal bidrag er det højeste værdi fra profilerne ved hotellet, M-tårnet og L-tårnet, 1,5 m til 130 m, med meteorologiske data fra 1976 og 2003. Baggrundsværdier for SO₂ er fra gadestation H.C. Andersens Boulevard, og PM₁₀ og CO er fra tagstation H.C. Ørsted Institut.

Stof	Statistik	Maksimal bidrag, µg/m ³		Baggrund 2003	Maks. bidrag + baggrund	Grænseværdi, µg/m ³
		1976	2003			
SO ₂	25. højeste time	199	178	43	242	350
	4. højeste døgn	36	53	17	70	125
PM ₁₀	36. højeste døgn	4	4	39	43	50
	gennemsnit, år	1	1	24	25	40
CO	8 timer maks.	81	60	1425	1506	10.000

6 Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne

Der er ikke modtaget oplysninger om Polens færgerne hjælpemotorer og evt. kedel drift ved kajen. Hjælpemotor størrelse, drift og emission er taget fra Tor Neringa.

Der er ikke undersøgt følsomhed af resultaterne for færgerne til de anvendte tidsvariationer i emissioner ved kajen.

Der er ikke taget hensyn til krydstogtskibe, der evt. ligger til kaj ved Langelinie kaj eller ved Kronløbsbassinet.

Der er ikke taget hensyn til kortvarige bidrag fra forbisejlende skibe i havnen eller ind- og udsejling fra Mellembassinet.

Emissionerne fra skibe er estimeret på grundlag af emissionsfaktorer der repræsenterer gennemsnitsværdier. Der er således ikke taget hensyn til, hvorvidt der kan forekomme kortvarige, større udslip.

7 Referencer

- 1 Luftkvalitetsbekendtgørelsen - Bekendtgørelse om mål og grænseværdier for luftens indhold af visse forurenende stoffer, BEK 137 af 10. februar 2007
- 2 Olesen, H.R., 2008a. Svanemølleværket og nybyggeri i Nordhavnen, Notat. Danmarks Miljøundersøgelser, 29. februar 2008.
- 3 Olesen, H.R., 2008b. Supplerende notat (supplerer et notat dateret 29. februar 2008), Svanemølleværket og nybyggeri i Nordhavnen. Danmarks Miljøundersøgelse, 29. august 2008.
- 4 Vejledning fra Miljøstyrelsen, 2/2002 B-værdivejledningen, Oversigt over B-værdier
- 5 Miljøstyrelsen, 2001. Luftvejledningen – Begrænsning af luftforurening fra virksomheder. Vejledning fra miljøstyrelsen Nr. 2, 2001.
- 6 Europa-Parlamentet og Rådet, 2008. Direktiv 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa.
- 7 Brugervejledning til OML.
- 8 COWI, 2001. VVM for færgeterminal og parkeringsanlæg. Teknisk baggrundsnotat. Marts 2001.
- 9 COWI, 2003. Luftkvalitetsvurdering for containerterminalen. Notat. 20. februar 2003.
- 10 Olesen, H.R. og R. Berkowicz, 2005. Vurdering af krydstogtskibes bidrag til luftforurening. Miljøstyrelsen.
- 11 Wärtsilä, 2007. Project Guide. Wärtsilä Diesel Oy, Marine, Vaasa, 24 March 1997. <http://ri.hive.no/aut46/Pgww32.pdf>
- 12 Winther, M. 2007: Fuel consumption and emissions from navigation in Denmark from 1990-2005 - and projections from 2006-2030. National Environmental Research Institute, University of Aarhus, Denmark. 109 pp. – NERI Technical Report No. 650. <http://www.dmu.dk/Pub/FR650.pdf>

- 13 EEA, 2007. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007. Technical report No 16/2007, European Environment Agency.
<http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5>

14 Annex 1 – Forudsætninger for OML spredningsberegninger

Amagerværket

Tabel 7 Oplysninger vedrørende Amagerværket modtaget fra Vattenfall A/S, Amagerværket.

Amagerværket:	Blok 1 ¹⁾				Blok 2 ²⁾				Blok 3				Bemærkning
Identifikation af skorsten	Nord				Syd				Midt				jf. figur nedenfor
Skorstenshøjde i meter	150				150				150				
Røggastemperatur i °C	70				120				70 ^{*)}				*) minimumskrav
Røggasvolumen Nm ³ /s (våd)	133,1				102,3				223,4				
Røggashastighed m/s	23,9				9,3				22,3				
Koncentration i mg/Nm ³	SO ₂	NO _x	Støv	CO	SO ₂	NO _x	Støv	CO	SO ₂	NO _x	Støv	CO	grænseværdier ved 6 % O ₂ , tør røggas
Grænseværdier i henhold til miljøgodkendelser	200	200	30	-	630	600	50	375	400	400	50	-	
Emission i g/s ved koncentration = grænseværdi	25,1	25,1	3,8		56,7	54	4,5	33,8	85,4	85,4	10,7		
Koncentration i mg/Nm ³ ved normal drift (gennemsnitsværdier)	-	-	-	-	60	300	40	180	35	85	< 5	65	6 % O ₂ , tør røggas

- 1) Blok 1 er under idriftsættelse efter modernisering. Data for normal drift foreligger derfor ikke. Emissionskoncentrationer i lighed med blok 3 må forventes.
- 2) Blok 2 vil i sin nuværende udformning kun være i drift ganske kort tid endnu. (april 2009)



Figur 7 Location og identifikation af skorsten ved Amagerværket.

Oslo Færgerne

Tabel 8 Oplysninger fra DFDS vedr. hjælpemotorer ved kaj på Oslo færgerne.

Parameter	Crown of Scandinavia	Pearl of Scandinavia	Anvendt til OML beregninger
Type af motor som anvendes ved kaj:	Wärtsilä Vasa 6R32BC	Wärtsilä Vasa 6R32D	
Størrelse af motor som anvendes ved kaj: (kW)	2236 kW	2200 kW - Der kører altid 2 stk motorer	
Belastning af motor ved kaj: (%)	2 X 55% SÆSON AFHÆNGIG	ca. 1900 kw = 42% last pr motor	2 x 975 kW = 1950 kW
Brændstof type:	GAS OLIE	diesel olie DMB max 0,5% svovl	
Brændstof forbrug ved kaj: kg/h	260 kg/hr	ca. 390 kg/hr	390 kg/hr
Svovlindhold vægt %:	ISO 8754 0,10%	max 0,5%	0,5%S
Emissionsbegrænsende foranstaltninger	SCR	Munters SCR katalysatorer er monteret på hjælpemotorer AE 1, 3 og 4 og det er disse der bruges under land.	ca 86% NO _x reduktion
Røggas volumen (Nm ³ /s)		ca. 23.900 m ³ /hr ved 100% last	2,97 Nm ³ /s, våd
Røggas temperatur (C)	360 ⁰ C	ca. 350 ⁰ C	350 ⁰ C
Indvendig afkast diameter af det enkelte røgrør (m)	ø 0,5 m	0,6 m	0,6 m
Udvendig skorstens diameter (m)	?? Isoleret med 80 mm rockwool		0,85 m
Afkast højde over vandlinje (m)	56 m	ca. 47,5 m.	47,5 m

Tabel 9 Oplysninger fra D.E.C. Marine vedr. SCR NO_x-reduktion på Crown og Pearl of Scandinavia.

Parameter	Crown of Scandinavia	Pearl of Scandinavia	Anvendt til OML beregninger
NO _x reduktion (design)	96 %	86 %	86%
Engine Power P _B	2460 kW	2250 kW	2250 kW
O ₂ i røggas	13 % O ₂	13 % O ₂	
Date of Commissioning	2008-06	2004-06	
SCR Model Nr.	49V (Vertical)	49V (Vertical)	
Målt NO _x emission	0,2 g/kWh	1,7 g/kWh	1,7 g/kWh
NO ₂ /NO _x Ratio	2%	2%	2%

Tabel 10 Oplysninger fra DFDS vedr. kedeldrift ved kaj på Oslo færgerne.

Parameter	Crown of Scandinavia	Pearl of Scandinavia	Anvendt til OML beregninger
Brændstof forbrug ved kaj: kg/h	164 kg/hr	ca. 200 kg/hr	200 kg/hr
Brændstof type	LSFO 380	HFO, IFO 380	
Svovlindhold: vægt %	ISO 8754 1,48 %	max 1,5% svovl	1,5%S
Røggas volumen (Nm ³ /s)			0,78 Nm ³ /s, våd
Røggas temperatur (C)	280°C		280°C
Indvendig afkast diameter af det enkelte røgrør (m)	ø 0,5 m	0,45 m	0,45 m
Udvendig skorstens diameter (m)	Isoleret med 80 mm rockwool		0,7 m
Afkast højde over vandlinje (m)	56 m	ca. 47,5 m	47,5 m

Tabel 11 Forudsætninger for emission og spredning fra kraftværkerne anvendt til OML beregninger.

Parameter	enh.	Svanemølleværket		Lynetten	
		SMV7	SMV21+22	LYN1	LYN2
UTMx (Google Earth)	m	348471	348486	350053	350075
UTMy (Google Earth)	m	6176827	6176820	6174837	6174859
terrænhøjde (ikke anvendt)	m	6	7	3	3
Hs over vand	m				
Hs over terræn	m	100	100	88	39
indvendig rør diameter	m	3,26	3,34	2 x 0,97	2 x 0,4
ækvivalent diameter	m			1,37	0,56
udv.diam	m	3,74	3,74	4,5	1,7
gen.bygn.højde, over vand					
gen.bygn.højde, over terræn	m	53	53	0	0
retningsbest. bygningshøjder	ja/nej				
driftstimer	timer			4480	
Brændsel		Gasolie	Gasolie	Slam	Gasolie
Svovl % i brændstof	%S	0,1%S	0,1%S		0,1%S
Indfyret effekt	MJ/s	242	286	8,0	5,8
røggas temp.	C	130	130	110	130
røggasflow.våd	Nm ³ /s	162,705	85,178	16,67	2,28
røggas hastighed (fra OML)	m/s	28,8	14,4	15,9	
NO _x konc. i røggas, tør, ref. O ₂	mg/Nm ³	474	200	400	250
SO ₂ konc. i røggas, tør, ref. O ₂	mg/Nm ³	48	48	200	
CO konc. i røggas, tør, ref. O ₂	mg/Nm ³	53	53	100	
PM ₁₀ konc. i røggas, tør, ref. O ₂	mg/Nm ³	50	30	10	
NO _x emission *	g/s	32,670	16,290	1,936	0,521
NO ₂ = 50% x NO _x	g/s	16,335	8,145	0,968	0,261
NO ₂ direkte/NO _x ratio	%	10%	10%	10%	10%
NO ₂ direkte emission *	g/s	3,267	1,629	0,194	0,052
SO ₂ emission	g/s	11,524	13,620	0,968	0,278
CO emission	g/s	3,63	4,29	0,484	0,070
PM ₁₀ emission	g/s	3,446	2,444	0,145	0,070

* anvendes i OML kemi-mode til realistisk NO₂ beregning.

Tabel 12 Forudsætninger for emission og spredning fra kraftværkerne anvendt til OML beregninger.

Parameter	enh.	Amagerværket			Am.Forbr
		AMV1	AMV3	AMV2	AMFOR
UTMx (Google Earth)	m	350787	350870	350846	350479
UTMy (Google Earth)	m	6173917	6173773	6173669	6173437
terrænhøjde (ikke anvendt)	m	3	7	13	4
Hs over vand	m				
Hs over terræn	m	150	150	150	150
indvendig rør diameter	m	2,98	4	4,5	2,8
ækvivalent diameter	m				
udv.diam	m	6,71	6,7	7,1	6
gen.bygn.højde, over vand					
gen.bygn.højde, over terræn	m	0	0	0	0
retningsbest. bygningshøjder	ja/nej		ja	ja	
driftstimer	timer		2077	7680	7021
Brændsel		Kul	Kul	Halm	Affald
Svovl % i brændstof	%S				
Indfyret effekt	MJ/s	350	595	262	
røggas temp.	C	70	70	120	132
røggasflow.våd	Nm ³ /s	133,1	223,4	102,3	112
røggas hastighed (fra OML)	m/s	24	22,3	9,2	27,0
NO _x konc. i røggas, tør, ref. O ₂	mg/Nm ³	200	400	600	400
SO ₂ konc. i røggas, tør, ref. O ₂	mg/Nm ³	200	400	630	200
CO konc. i røggas, tør, ref. O ₂	mg/Nm ³	65	65	375	100
PM ₁₀ konc. i røggas, tør, ref. O ₂	mg/Nm ³	30	50	50	30
NO _x emission *	g/s	25,1	85,4	54,0	44,517
NO ₂ = 50% x NO _x	g/s	12,55	42,7	27,0	22,259
NO ₂ direkte/NO _x ratio	%	10%	10%	10%	10%
NO ₂ direkte emission *	g/s	2,51	8,54	5,40	4,452
SO ₂ emission	g/s	25,1	85,4	56,7	22,259
CO emission	g/s	8,158	13,878	33,8	11,129
PM ₁₀ emission	g/s	3,8	10,7	4,50	3,339

* anvendes i OML kemi-mode til realistisk NO₂ beregning.

Tabel 13 Forudsætninger for emission og spredning fra færgerne anvendt til OML beregninger.

Parameter	enh.	Tor Corona	Pomerania	Oslo Færge	
		RORO	POLFG	OFHM	OFKEDEL
UTMx (Google Earth)	m	348895	348914	348992	348989
UTMy (Google Earth)	m	6175623	6175513	6175491	6175487
Terrænhøjde (ikke anvendt)	m	0	0	0	0
Hs over vand	m	25,9	26	47,5	47,5
Hs over terræn	m	22,9	23	44,5	44,5
Røgrør indvendig diameter.	m	0,309	0.4	2 x 0,6	0.45
Ækvivalent diameter	m			0,85	
Udvendig diameter	m	0,312	5	1,10	0,70
Gen..byg. højde over vand		19	14.4	32	32
Gen..byg. højde over terræn	m	16	11.4	29	29
Retningsbestemte byg. .	ja/nej	ja	ja		
Driftstimer	timer				
Brændsel		MDO	MDO	MDO	HFO, IFO 380
Specific Fuel Oil Cons. (SFOC)	g/kWh	214		200 (43%)	
Brændstofforbrug	kg/time	143		2 x 195	200
Svovl % i brændstof	%S	0,06%S	0,1%S	0,1%S	1,5%S
Effektforbrug	kW	666	364	2 x 975	
Røggas temp.	C	450	250	350	280
Røggas vol. våd	Nm ³ /s	1.09	0.58	2,97	0.78
Røggas hastighed (fra OML)	m/s	38,2	8,8	11,9	9,9
NO _x emission	g/s	1,72	1.220	0,921	0,315
NO ₂ = 50% x NO _x	g/s	0,860	0,610	0,461	0,158
NO ₂ direkte/NO _x ratio	%	10%	10%	2%	10%
NO ₂ direkte emission	g/s	0,172	0,122	0,018	0,032
SO ₂ emission	g/s	0,047	0,0407	0,217	1,67
CO emission	g/s	0,101	0.162	0,867	0,033
PM ₁₀ emission	g/s	0,133	0.04	0,099	0,113



VVM redegørelse LM Project

Delrapport visuel miljøvurdering

Marts 2009

Indholdsfortegnelse

1. Resume	s. 3
2. Metode	s. 4
3. Eksisterende bygninger, havnebassiner og byrum	s. 5
4. 3 Masterplan	s. 8
5. Påvirkninger i anlægsfasen	s. 9
6. Påvirkninger i driftsfasen	s. 10



1. Resume

LM projektet opleves som en positiv tilføjelse til byen. Tårnene og broens "håndtryk" bliver et vartegn for Københavns havn og den nye byudvikling. Projektet er en del af en ny skyline, som sammen med den industrielle havns containerkraner og siloer fortæller en urban historie om havnens fortid og fremtid.

Det vurderes, at der ikke vil blive store vanskeligheder i anlægsfasen med hensyn til den landbaserede trafik. Der skal ske en koordinering med søtrafikken, da en del af byggepladsen formentlig vil blive etableret på pramme på vandet. Tilsvarende forventes en del af tilførslen af materialer og bortskaffelsen af jord at ske ad vandvejen. Tidsplanlægning og faser i byggeriet er i denne sammenhæng en vigtig faktor, som naturligvis har indflydelse på de logistiske udfordringer og graden af påvirkninger i anlægsfasen.

Det er en iboende egenskab i projektet at det kan ses, og at det "skiller sig ud", men samtidig er der fra arkitektens side skabt referencer og overgange til omgivelserne. Særligt det overordnede koncept for formgivningen og moduleren af tårnene er vellykket og sympatisk. Bygningernes fodaftryk er således formet og facetteret ligesom molerne. Dette giver en varieret oplevelse, når man ser tårnene fra forskellige vinkler. Moduleren af tårnene med forskydninger og udkrænginger nedbryder skalaen og skaber overgange til de omgivende bebyggelser.

Det er vigtigt for oplevelsen af LM projektet, at de to tårne har forskellige arkitektoniske udtryk. De valgte materialer og facadeudtryk er beslægtede med omgivelserne - aluminiumsbeklædningen med den industrielle havn og de ir-grønne plader med den klassiske og moderne brug af kobber i København. Det er dog vanskeligt på nuværende tidspunkt at vurdere materialernes egenskaber med hensyn til refleksioner. Det er ligeledes svært at vurdere dybdevirkningerne, der opstår ved brugen af den perforerede plade.

Med sin skala, komposition og beliggenhed indeholder projektet en stor mulighed for en spektakulær lysætning og visuel fremtræden om aftenen / natten. Konceptet for den samlede effekt-belysning skal vurderes i sammenhæng med projektets videreudvikling.

I udviklingen af projektet er det også vigtigt at den nære oplevelse – byrummet og overgangen til bygningen - behandles og vurderes videre. Det urbane landskab fortsætter via trapper, taghaver og gangbro op i bygningerne, hvilket er en udfordring, men også en ny og spændende situation med et stort potentiale.



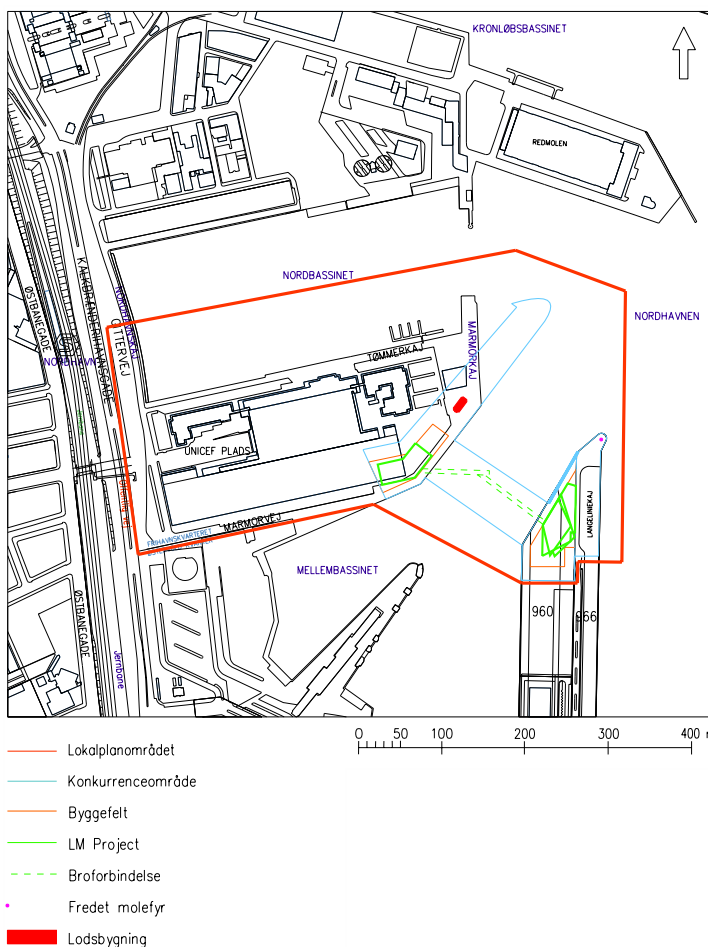
Langelinie-Marmormoleprojektet, illustration af Steven Holl Architects

2. Metode

Nærværende rapport beskriver LM projektets indvirkning på landskab og bymiljø oplevet fra forskellige steder og betragtningsvinkler i byen. Dels oplevet som en del af den københavnske skyline og dels som en del af det nære miljø i området.

Rapporten baserer sig på visuelle vurderinger og observationer tilvejebragt ved hjælp af 19 fotos fra forskellige standpunkter rundt omkring i København. Disse fotos kombineres med computergenererede visualiseringer af den amerikanske arkitekt Steven Holl's LM projekt.

Det er tanken at give et så virkelighedstro billede som muligt af en situation der ligger flere år ud i fremtiden. Visualiseringerne af LM Project fra de forskellige fotostandpunkter er lavet på baggrund af en Steven Holl's 3D model af LM Project, 3XN's 3D model af masterplanen for Marmormolen, Kim Utzons 3D model af hotellet, Center For Bydesigns 3D model af København, terrændata fra Københavns Kommunes ByskabsAtlas, luftfotos, samt kameradata.



Kort over konkurrencearealet 1:10.000

3. Eksisterende bygninger, havnebassiner og byrum.

Konkurrencearealet ligger ved Københavns havnefront i den nordlige del af indsejlingen fra Øresund. Området er den ældste del af Københavns Frihavn og de moler, der er omfattede af nærværende VVM redegørelse kaldes henholdsvis Marmormolen og Langeliniemolen.

Frihavnen, der var et indhegnet toldfrit område, blev anlagt i 1891-94, og etableringen af havnebassinerne var for sin tid et betydeligt anlægsprojekt. Det område, der i dag betegnes som Søndre Frihavn, blev udskilt fra Frihavnen sidst i 1980'erne.

Frihavnen var i funktion til sidst i 80'erne, hvor gitteret der afgrænsede toldområdet blev fjernet, og en ny udvikling for området begyndte.

Midtermoleprojektet var det første større udviklingsprojekt i Sdr. Frihavn og i de senere år er området udbygget i en intens takt, med vægt på området omkring Amerikakaj, hvor især boligbyggeri, men også erhvervsdomiciler er skudt op. På nær et par byggefelter er samtlige byggemuligheder afhændet til forskellige investorer.

Syd og vest for konkurrencearealet ligger færgeterminalen, hvorfra der sejler passagerbåde dagligt til Oslo og Swinoujscie i Polen. Der anløber også ofte trailerbåde (RO/RO fartøjer).

Nord for Langelinie og Marmormolen findes Nordhavnen, hvor Københavns Kommune netop har afholdt en byudviklingskonkurrence.



Spidsen af Langelinie og afslutningen af promenadeforløbet.

Langelinie er nok det bedst kendte havnefrontareal i Danmark. Langelinies berømmelse stammer fra den anvendelse, som molen har haft som honnørkaj, både som anløbshavn for de store oceangående skibe, og som anløbshavn for udenlandske flådefartøjer. I det seneste årti har Langeliniekaj tjent som anløbshavn for udenlandske krydstogtskibe, der i stort tal lægger til kaj i sommermånederne. I 2007 lagde således mere end 280 skibe med ca. 500.000 passagerer til kaj i Københavns havn over en 5 måneders periode. Især skibe på dagsbesøg henvises til Langeliniekajen.

Langelinie udgør den nordlige afslutning på det mest attraktive promenadeforløb langs havnefronten i København. Dette forløb starter ved Nyhavn og byens nye skuespilhus og går forbi Amaliehaven, forbi Nordre Toldbod og Kastellet, forbi den Lille Havfrue og lystbådehavnen og slutter ved spidsen af Langelinie. På det yderste af molen står det originale molefyrr fra 1893 som bevares. Spidsen af Langelinie har trods den perifere beliggenhed mange brugere og københavnere og turister anvender i stor udstrækning molen som udflugtsmål. Brugen af Langelinie som et hyggeligt og afslappende udflugtsmål er nok årsagen til, at stedet omgærdes af særlige følelser og rummer veneration for mange.

Den yderste del af Langelinie mellem Langelinie Allés forlængelse og havnebassinet mod vest rummer i følge den eksisterende lokalplan to byggefelter der nu har henligget ubebyggede i en årrække. Det yderste af disse byggefelter bebygges nu med LM-projektets Langelinie del.



Marmormolen og Langelinie set fra Domus Portus

Marmormolen har sit navn efter et stenhuggeri, som i 1895 var den første industrivirksomhed i Frihavnen. Der findes stadig et stenhuggeri med oplagsplads og kontorer på stedet. Marmormolen er også hjemsted for Lodseriet, opført i 1942 som Lods- og Karantænestation. Bygningen er en fin solitær bygning med murstensornamentik tegnet af arkitekt Thomas Havning. Bygningen er bevaringsværdig og er derfor også forudsat bevaret i LM-projektet. Marmormolen blev en tid benyttet til kulimport på sydkajen, men var ellers fyldt med tømmerskure.

I slutningen af tresserne blev Pakhus 24 opført som et moderne højt pakhus uden søjler. Dette pakhus blev senere renoveret og tilpasset til brug for UNICEF, samtidigt med at der blev bygget et nyt toetagers hus til kontorformål til brug for institutionen. UN holder også til på Midtermolen hvor institutionen har betydelige kontorfaciliteter. Disse aktiviteter skal nu samles i en ny UN-city beliggende på den nordlige del af Marmormolen. På den østlige del af Marmormolen opføres LM-projektets Marmormole del i sammenhæng med en havnepark.

Amerika Plads er et af de senest omdannede grundarealer i Københavns Havn. Baggrunden for bebyggelsen er, at et bane- og rangerterræn der fortrinsvis betjente banegodstransporten til Sverige via Dan-Link forbindelsen blev nedlagt i forbindelse med Øresundsbroens indvielse. Her ved frigjordes store arealer der nu næsten alle er bebyggede på nær et par byggefelter. Amerika Plads rummer bl.a. et kontorhus tårn til brug for advokat firmaet Plesner, i daglig tale kaldt Kobbertårnet pga. sit facademateriale. Bygningen er ca. 60 m høj og er områdets dominerende hus. Syd og øst for dette hus er området bebygget med blandet bolig og erhvervsbebyggelse i varierende fremtræden, men overvejende i 6-7 etagers højde. Nord for kobbertårnet og Dampfærgevej ligger terminalområdet med opmarchbaner, toldbehandlings- og billetkontor samt terminalbygning til passagerer med delvise kontorfaciliteter indbyggede.



Skitse Masterplan, Marmormolen 3xN skala 1:5000

4. Masterplan

På Marmormolen er der som udgangspunkt for det fremtidige lokalplanarbejde udarbejdet en Masterplan af arkitektfirmaet 3XN. Masterplanen indeholder udover projektet der er genstand for nærværende VVM redegørelse følgende andre delelementer:

- Et skitseprojekt til en ny UN-city beliggende på den yderste nordlige del af Marmormolen.
- Et boligprojekt umiddelbart vest for UN-city og et hotelprojekt op til Kalkbrænderihavnsvej.

Syd for disse bebyggelser er der planlagt en parkerings- og kontorbebyggelse, der som en slynget struktur knytter an til Steven Holls højhusprojekt.

Denne parkerings- og kontorstruktur forbinder i den vestlige ende til Nordhavn Station som en forudsætning for den offentlige trafikale forbindelse.

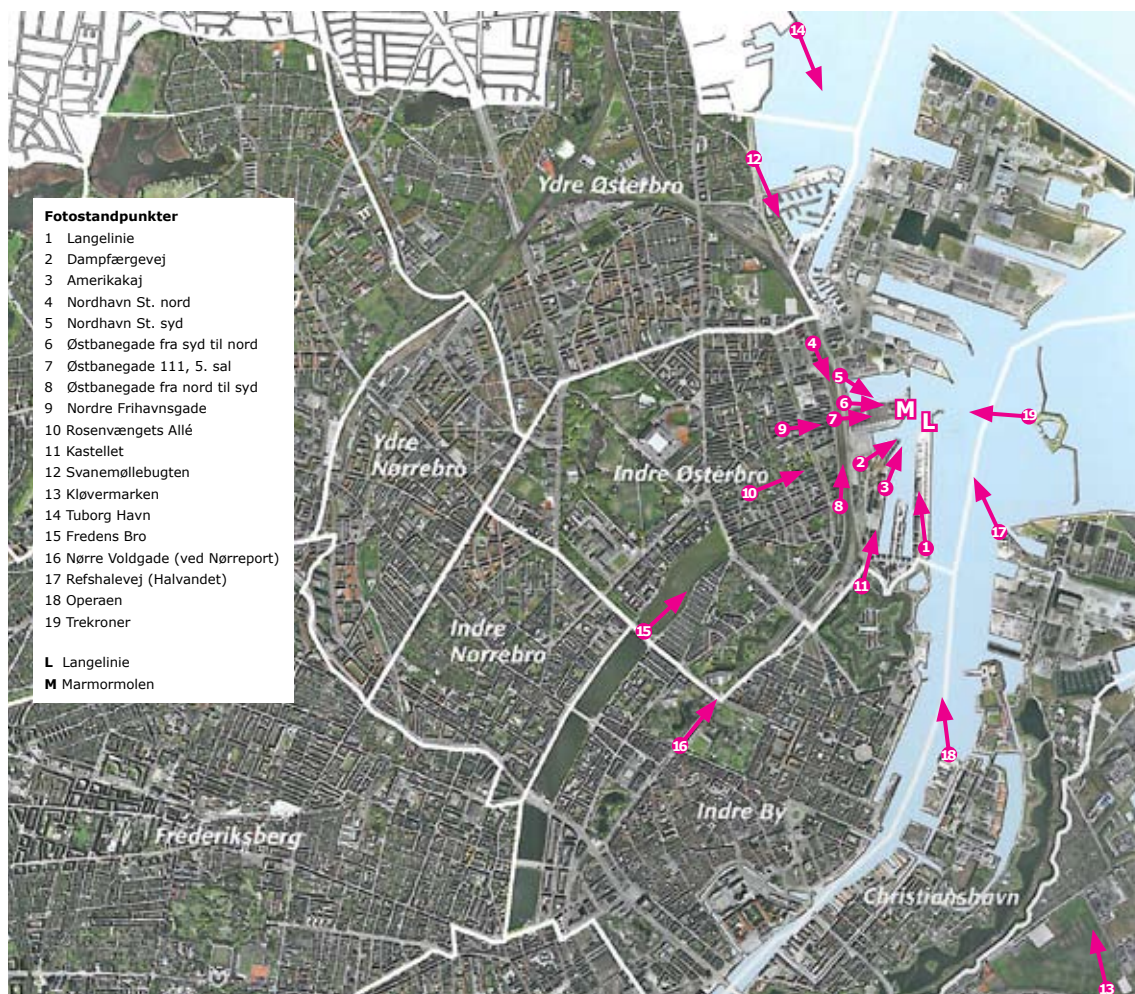


Luftfoto af indsejlingen til København.
I forgrunden ses Langelinie og Midtermolen. I baggrunden Trekroner og Refshaleøen.

5. Påvirkninger i anlægsfasen

Afhængig af tidrækkefølgen på de forskellige bebyggelses opførelse vil der være påvirkninger af Steven Holl projektets opførelse. Denne påvirkning knytter sig overvejende til etablering af byggeplads og frembringelse og bortskaffelse af materialer. De fysiske forhold på stedet er ganske begrænsede, og der må forventes en delvis etablering af byggepladsby og materiel-skure på pramme på vandarealet.

Der må ligeledes forventes bortskaffet jord ad søvejen på pramme. Denne aktivitet vil skulle koordineres med Oslo-færgens drift. Ligeledes vil etableringen af en fodgængerbroforbindelse i 65 m højde skulle koordineres med en færgetrafik i drift. Byggepladskraner forventes at kunne etableres på henholdsvis Langeliniemolen og Marmormolen. I den forbindelse må det forventes at den yderste spids af Langeliniemolen vil skulle lukkes for offentligheden i store dele af byggeperioden. Med den aktuelle beliggenhed vil der for den almindelige landbaserede trafik ikke være nævneværdige problemer når bortses fra materialetilkørsel m.m. Problemstillingen i anlægsfasen knytter sig overordnet til hensynet til søtrafikken og dennes anløb. Dette vedrører først og fremmest København-Oslo men også Polensfærgen.



6. Påvirkninger i driftsfasen

Det planlagte byggeri LM-project på de to grunde og forbindelsen over havneløbet fra Langeliniemolen til Marmormolen i Sdr. Frihavn vil være et dristigt og markant indslag i den københavnske skyline, og vil kunne ses fra det meste af byen og påvirke de nære omgivelser.

For nærmere at kunne vurdere denne visuelle miljømæssige påvirkning er der til formålet udvalgt 19 forskellige fotostandpunkter i byen, hvorfra det vil blive vurderet om byggeriet kan ses, og hvilken visuel indvirkning byggeriet har på byens skyline.

Som redskab for vurderingen vil en computervisualisering af projektet blive inkorporeret i de 19 fotos, således at der skabes grundlag for en så realistisk bedømmelse som muligt. Som udgangspunkt for afholdelse af arkitektkonkurrencen, er det naturligvis foreløbigt vurderet, at netop Marmormolen - Langelinie vil være velegnede placeringer for et højhusprojekt, idet der ikke ses nævneværdig indflydelse på miljøet for nærliggende boligbebyggelser.

Da forslaget til bebyggelsen er tilvejebragt gennem en international arkitektkonkurrence på baggrund af et ambitiøst byggeprogram og med fornødne økonomiske midler allokeret, vil der blive tale om et bygningsværk af enestående kvalitet og i en udformning, som er tilpasset stedets særlige ånd, hvad det vindende konkurrenceprojekt også vidner om.

Bebyggelsen vil fortrinsvis indeholde kontorarbejdspladser med tilknyttede sociale funktioner i bygningernes underste etager henvendt til offentligheden med receptioner og kantiner, konference og mødecentre m.m.



Tårnenes forskellige udtryk og håndtrykket over havnen. Illustration af Steven Holl Architects

Byggeriet er udformet med to forskellige facadeudtryk på henholdsvis Marmormolen og Langelinie, og forbundet med en gangbro i 65m højde der som et håndtryk forbinder de to bygninger og molerne.

På marmormolen fremstår facaden i et kassettelignende vinduesmodul der spiller på skalaen og lader betragterne i tvivl om antallet af etager. På Langeliniesiden er facaden dækket af et net som også slører og udvisker facadens egentlige form og størrelse.

Som det ses af de udarbejdede visualiseringer er byggeriet synligt fra store dele af København. Det er derfor af stor betydning, at det kommende byggeri rummer ikoniske kvaliteter, således at det kan stå som et vartegn ved indsejlingen til Inderhavnen.

Bygningernes fodaftryk er formet efter molernes form, således at facaderne følger kajkanter parallelt. Dette giver bygningerne en karakteristisk form som udgangspunkt, med flere knæklinier i facaderne, der således brydes og vil opleves i store facetter. Denne karakteristisk følger husenes form opad hvor de facetterede facader bruges til at bryde formen med udkragede "bokse" der stilles ovenpå hinanden. Ved denne disposition refereres der til en række kendte størrelser i havnen, men der skabes også en række interessante taghaver, og dermed også en række undersider på de udkragede bygningsflader. Disse undersider benyttes aktivt i projektet på den måde at de udføres i gule og orange farver hvis flader vil tegne sig når projektet betragtes nedefra. Samtidigt opnås den effekt at fladerne, oplyst fra neden om aftenen vil spejle sig i vandfladen som varmt strejflys. Denne effekt ses f.eks. i Steven Holls Amsterdam projekt, hvis facade er en reference for Langelinietårnet, der tænkes udført på en lignende måde. Marmormoletårnet er tænkt med reflekterende aluminiumsbeklædning og farvede vinduesnicher Dette højhus har referencer til Steven Holls seneste Beijing projekt, hvor en lignende facadeopdeling og en lignende materialeholdning kommer til udtryk.



1



2



3



4



5



6

Referencefotos til tårnenes facadeudtryk og materialitet. (Steven Holl Architects)

På billede 1 og 2 ses SHA's Beijing projekt som reference til Marmormolens tårn, med udkragninger, farvede, oplyste undersider, aluminiumsbeklædning og farvede vinduesnicher. Beklædningen vil have reflekterende egenskaber i et niveau, som ikke kan vurderes endeligt endnu. På billede 3 ses den flotte effekt ved refleksionen og genspejlingen i vandet (3). På billede 4 og 5 ses SHA's Amsterdam projekt hvor facaden gives en ekstra dybde med en grønlig perforeret plade / net. Billede 6 er et andet eksempel på denne facadeopbygning. Som det ses på billede 5 giver nettet et ekstra spil i farver, dybde og skyggevirkninger, som er meget attraktivt. Samspelet med den eksisterende bygning giver Amsterdamprojektet en særlig kvalitet i mødet mellem materialer og æstetik, som også vil kunne findes ved LM projektet.

Før



Efter



Fotostandpunkt 1, set fra Langelinie

LM projektet ses fra Langelinie som et karakterfuldt vartegn, der med sin skala og broens spænd over havneløbet udtrykker et slægtskab til containerhavnens kraner i baggrunden. Tårnene besidder en tyngde, der er en tydelig markering af en afslutning af Langelinie kaj og en overgang til Marmormolen og Nordhavnens nye byudviklinger.

Selv om Marmormolens tårn skjules delvis bag den eksisterende bebyggelse, ses broen mellem de to tårne. "Håndtrykket over havnen" er en vigtig del af LM projektets arkitektoniske udsagn, et udsagn som samtidig tilfører området en spænding mellem det nye og det oprindelige.

Før



Efter



Fotostandpunkt 2, Dampfærgevej

Denne synsvinkel - som blandt andet de rejsende med Oslo- og Polensfærgen vil opleve LM projektet tæt på. Tårnernes forskellige udtryk i facadernes formgivning og materialitet, som er en vigtig del af projektets kvalitet, er særligt tydelig fra denne vinkel. Projektet spiller med sin skala positivt sammen med de store færger og er med til at understrege stedets særlige og mangfoldige karakter. Broen virker i denne sammenhæng særligt imponerende - her ser man virkelig hvor højt den faktisk er oppe - og hvorfor.

Før



Efter



Fotostandpunkt 3, Amerikakaj

Fra denne vinkel kan facader og materialer opleves i et overbliksbillede, der giver et indtryk af rytmen i facadernes modulering, og samspillet mellem de to forskellige arkitektoniske udtryk. Afstanden giver samtidig mulighed for at se hvordan tårnene "lander" på spidsen af molerne, og spejler sig i vandoverfladen. Om aftenen vil belysningen blive en integreret del af arkitekturen, som kan anvendes til at understrege forskellige bygningsdele, f.eks. de farvede undersider og broens spænd. Tårnene og "håndtrykket" indrammer containerhavnens kraner og det kommende udviklingsområde i Nordhavnen. Med vandet og Amerikakaj i forgrunden er dette en vinkel, som viser historien om de mange lag i omdannelsen af byens havneområder.



Fotostandpunkt 4, Set fra Østbanegade, fra nord mod syd

En lille del af Marmormolens tårn ses bag banen, men projektet træder i baggrunden for Utzons hotelprojekt nær Kalkbrænderihavnsgade.



Fotostandpunkt 5, Set fra Nordhavn Station, nord

Marmormolens tårn ses med selve Marmormolen i forgrunden. Molen vil blive udviklet efter 3xN masterplan, med UN city, boliger og et hotel. Den eksisterende bebyggelses lave og tætte profil vil blive erstattet af en ny, der er punktvis højere og mere åben. Tårnene vil, med sine op til 113 meters højde, sammen med Utzons hotelprojekt og det eksisterende kobbertårn (Plesnerbygning) helt klart medvirke til at skalasætte den nye bydel. Den arkitektoniske modulering af tårnet på Marmormolen formidler mødet med den lavere omkringliggende bebyggelse.



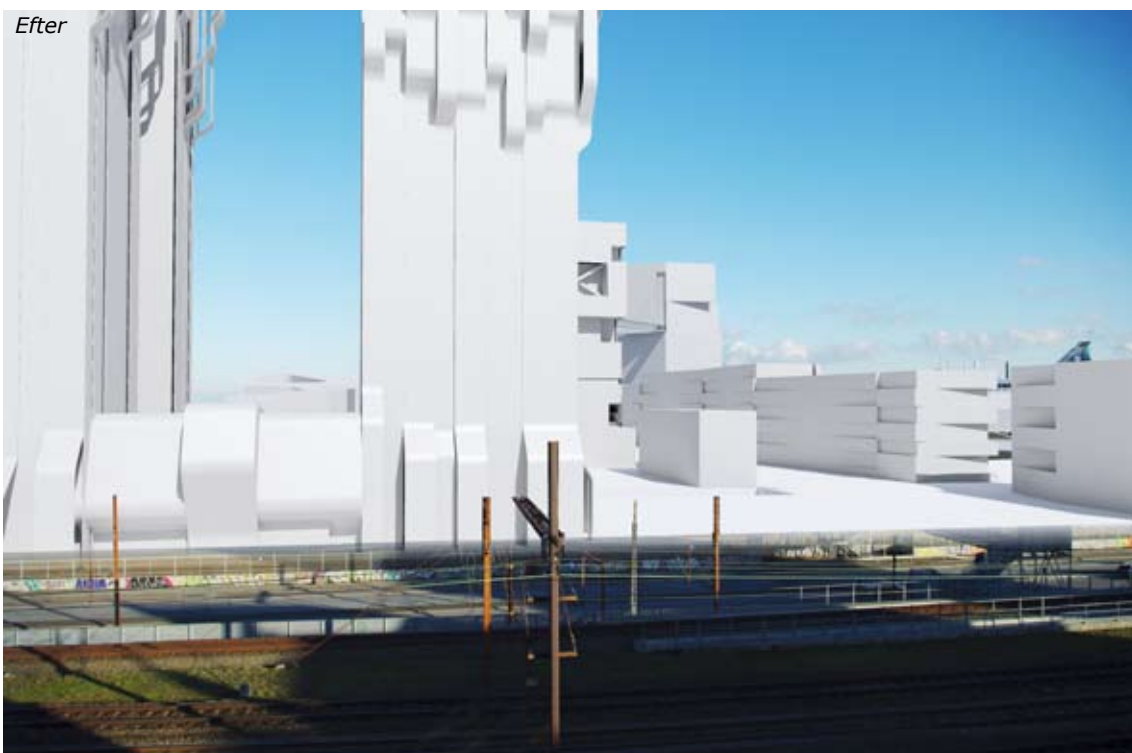
Fotostandpunkt 6, set fra Nordhavn St. syd

LM projektet ses med 3xNielsens masterplan for Marmormolen i forgrunden. Med denne plan vil Marmormolen blive opgraderet til en af byens mest attraktive arealer, som med sin blanding af erhverv og bolig vil blive en del af byen, et sted der er befolket og belyst, også om aftenen. Utzons hotelprojekt i forgrunden er med til at skalasætte den nye bydel.

Før



Efter



Fotostandpunkt 7, set fra lejlighed på Østbanegade 111, 5. sal

LM projektet ses med 3xNielsens masterplan for Marmormolen i forgrunden. LM projektet skærmer i sig selv ikke meget for havudsigten pga. afstanden. Samlet set er udviklingen af Marmormolen - særligt hotelprojektet nærmest Kalkbrænderihavnsvej - dog en helt ny skyline og udsigt for beboerne i Østbanegade. Der er ingen tvivl om at set fra denne konkrete ejendom skærmer de nye bygninger for en stor del af udsigten over sundet, men som forrige billede indikerer, ændre den sig meget bare man befinder sig i en af nabo bygningerne.

Før



Efter



Fotostandpunkt 8, Set fra Østbanegade, fra syd mod nord

LM projektet ligger set fra gadeplan skjult bag den eksisterende bebyggelse.



Fotostandpunkt 9, set fra Nordre Frihavsgade

Marmormolens tårn skjules delvis bag den eksisterende bebyggelse, men fortæller med sin skala og arkitektur om de nye tider for byens havn og omdannelsen af de industrielle arealer. Skalaspringet mellem by- og havneside virker naturligt, da det også eksisterer i dag, i form af siloer, containerkraner og Amerika Kajs tårne (kobbertårnet og skiffertårnet). LM projektets vil blive et landmark for havnen - et punkt man kan orientere sig efter.



Fotostandpunkt 10, Rosenvængets Allé

Da Rosenvængets villakvarter blev bygget lå det nær strand og vand, men siden udviklede havnearealerne sig og banen skabte en grænse mellem by- og havneside. Fra Rosenvængets Allé ses det irgrønne Langelinietårn indrammet af de store gamle træer. Med sin skala og sine materialer viser bygningen, at den er en del af en ny udvikling af havnen. Et nyt lag i byens historie.

Før



Efter



Fotostandpunkt 11, set fra Kastelet

Fra denne vinkel på Kastelet ses Langelinietårnet og broen. I forgrunden (til venstre) ses skiffertårnet, som i virkeligheden er meget mindre (15 etager), men som her opleves i fin sammenhæng med Langelinietårnet. Det er positivt, at man her fra det gamle fæstningsværk kan se at der er ved at udvikle sig en ny, moderne bydel på de attraktive havnearealer. Langelinietårnet ser flot ud med sin smalle profil og sine facetteringer.

Før



Efter



Fotostandpunkt 12, Svanemøllebugten

I forgrunden ses Svanemølleværket og længere væk Nordhavnens kraner. Set fra denne vinkel og afstand passer LM projektet ind i sine omgivelser - næsten så godt at det forsvinder. Det skyldes måske, at Marmormolens bygning ses fra sin brede side og derfor minder lidt om en havnesilo. Sammen med Utzons hotelprojekt tegner LM projektet en ny skyline for havnen.

Før



Efter



Fotostandpunkt 13, set fra Kløvermarken

Kløvermarken er med sin store flade et godt sted at opleve byens spir og tårne. LM projektet føjer sig fint ind som et landmark for den nye byudvikling af havnen.



Fotostandpunkt 14, set fra Tuborg Havn

Her opleves Nordhavns skyline med en blanding af skorstene, containerkraner, siloer og Svanemølleværket. LM projektet virker naturligt i sin skala i denne skyline, og indpasser sig i industrihavnens profil.

Før



Efter



Fotostandpunkt 15, set fra Fredens Bro

Set fra Fredens Bro vil LM projektet stå som et landmark for den nye byudvikling. Samtidig med at projektet skaber en nysgerrighed for det nye med sin markante silouet, er det i samklang med byens eksisterende tårne og spir, som stikker op over brokvarterets karréer.

Før



Efter



Fotostandpunkt 16, set fra Nørreport (Nørre Voldgade)

Langelinietårnet anes svagt bag Statens Museum for Kunst, men er fra denne vinkel og afstand næsten ikke synlig. Med sin irgrønne farve gentolker facaderne et for byen velkendt materiale - kobberet - som kendes fra tage og spir og i nyere tid fra facadebeklædninger (f.eks. Plesnerbygningen).

Før



Efter



Fotostandpunkt 17, set fra Refshalevej.

LM projektet er en markant forandring af byens skyline set fra Refshalevej. Langelinietårnets forskydninger er med til nedbryde skalaen og skaber overgange til den omgivende lavere bebyggelse. I baggrunden ses Utzons hotelprojekt, der ligeledes bliver en del af den nye skyline. Den endelige modulering, materialitet, landskabsbehandling og lyssætning vil være af stor betydning for kvaliteten af dette "view".

Før



Efter



Fotostandpunkt 18, set fra operaen

Set fra Operaen fortæller LM projektet sin historie om de to tårne og håndtrykket over havnen. Om aftenen kan man forestille sig hvordan belysning af bygningerne og broen vil understrege projektets egenskaber som et urbant landmark.

Langelinietårnet vender sin smalle side til, mens Marmormolens tårn virker bredt og minder om havnens beton-siloer. Samlet set tager projektet sig fint ud - delvis på grund af konteksten og beliggenheden i havnen, og delvis fordi Langelinietårnet med sin smalle profil opleves som et højhus.

Før



Efter



Fotostandpunkt 19, set fra Trekrøner

København er en by som opleves fra vandsiden af mange, både besøgende og beboere. LM projektet tager sig meget attraktivt ud set fra indsejlingen til havneløbet. Set fra Trekrøner vil tårnene stå som et markant punkt på Københavns skyline, et way point man kan orientere sig efter i store dele af havnen. Når man sejler langs byens kant vil tårnene med deres facettering hele tiden ændre sig, og vil derfor tilføre oplevelsen et varieret arkitektonisk udtryk.

Tårnene vil spille sammen med industrihavnens skala og med det eksisterende kobbertårn (Plesnerbygningen) og Utzons kommende hotelprojekt på Marmormolen, og markere den nye udvikling af havnearealerne.



Redmolen set fra Langelinie

x.6 Afværgeforanstaltninger

Afværgeforanstaltninger knytter sig først og fremmest til byggeperioden og etableringen af byggepladsen.

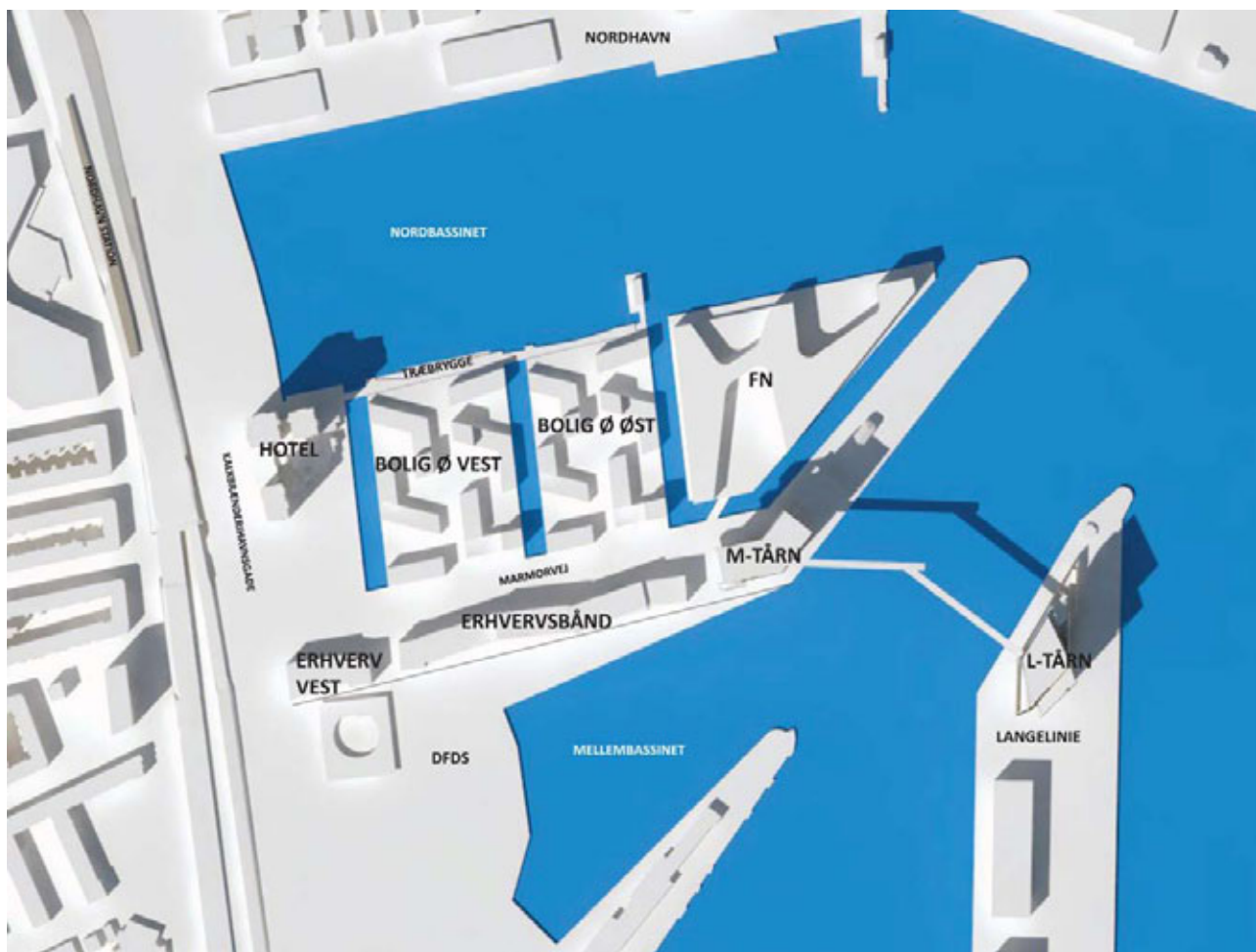
Detailplanlægningen af det store byggeri er derfor af største vigtighed. Dels vil der være etablering af forsyningsnet og afløb, som først og fremmest på Langeliniesiden vil være til gene for beboelse og kontorarbejdspladser. Det er derfor afgørende at etableringen af disse arbejdsaktiviteter gøres kortest muligt, således at fremkommeligheden på især Langeliniemolen er tilstede i alle byggeriets faser.

Afværgeforanstaltninger kan også i en VVM redegørelse komme på tale i den forstand at byggeriets placering og udformning revurderes. Dette vil dog ikke komme på tale, idet det foreslående byggeri er tilvejebragt som følge af en international arkitektkonkurrence, hvor de forudgående præmisser for byggeriets etablering er tilvejebragt gennem en programmering, der har involveret såvel grundejere, Københavns kommunes planforvaltning, økonomiforvaltning samt særligt tilvalgte rådgivere fra såvel arkitekt som ingeniør side.

ILLUSTRATIONER AF SKYGGEVIRKNINGER I MARMORMOLEN OG NORDSPIDSEN AF LANGELINIE

Februar 2009

Dokumentet er udviklet af:



Computer simuleret billede af masterplanforslaget for Marmorolen og nordspidsen af Langelinie

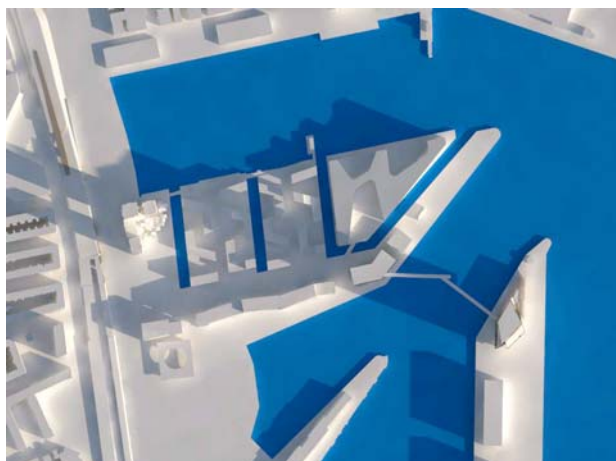
Vurdering af skyggevirkninger på Marmormolen og nordspidsen af Langelinie:

Skyggediagrammerne viser den nuværende masterplan for Marmormolen (februar 2009). Hensigten med illustrationerne er at vise de påvirkninger skyggerne danner på datoerne 21. marts, 21. juni og 21. december i den nye bydel. Skyggevirkningerne er fremstillet ved hjælp af computerprogrammet RhinoCeros, der har beregnet skyggevirkningerne ud fra en breddegrad på 55,7 og en længdegrad på 12,5 (svarende til Københavns position).

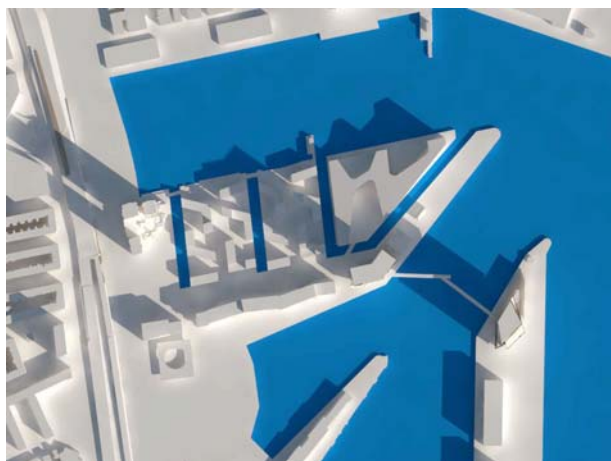
Billederne er lavet ud fra de kendte højder på bygningerne i det igangværende Masterplanforslag, dvs. Hotellets tårne er på henholdsvis: 70, 80 og 90 m., Erhvervsbåndet er 24 m og går på det højeste punkt op i 8 etager. Steven Holl Architects tårn på Marmormolen er 100 m, Steven Holl Architects tårn på Langelinie er 110 m. Boligerne varierer mellem 3 og 6 etager. FN-byen er 24 m. og kan punktvis gå op i 8 etager.

Hotellet i det nordvestlige hjørne af Marmormolen, er placeret samt udformet, så skyggerne hovedsagligt ligger i Nordbassinet. Om morgenen ved jævndøgn og sommertilværelse opstår der kortvarigt skygge på de boligkarrere, der ligger nærmest Nordhavn Station på Østbanegade. Skyggerne er dog flyttet væk igen fra boligerne omkring kl. 08 om morgenen. Hotellets tårne danner i de sidste lyse timer ved sommertilværelse skyggevirkninger på Bolig-Ø vest. Pladsen syd for hotellet har gode solforhold hele døgnet det meste af året, hvilket gør pladsen tillokkende som rekreativ udfoldelsesareal. Steven Holl Architects M-Tårn danner kun kortvarigt skygge om morgenen i sommerperioden på begge boligøer på Marmormolen. Steven Holl Architects L-tårn danner primært skygge over vandareal. FN-byens illustrerede højde, samt hvis bygningens højeste punkt placeres mod øst dannes der ikke skygge i det nærliggende boligområde på Marmormolen. Erhvervsbåndet er placeret så langt mod syd som muligt, så skyggedannelser på de sydligst beliggende boliger mindskes. De 2 mellemrum på hver 20 m. mellem Erhvervsbåndet, Erhverv vest bebyggelsen og M-Tårnet danner solpletter i skyggen på Marmorvej om formiddagen. Om eftermiddagen er der sol på området syd for boligerne ud mod Marmorvej, der giver mulighed for udendørs ophold i forbindelse med de foreslåede publikumsvenlige faciliteter i stueetagerne. Adskillige steder på Træbryggen i Marmormolens nordlige ende vil det være muligt at nyde udsigten i solen hele sommerhalvåret. Marmormolens molespids er tiltænkt som urbanpark. Parken har gode solforhold det meste af dagen. FN-byens bygning danner dog skygge om aftenen på molespidsen. En alternativ bygningsudformning, der søger at afbøde det forhold kan tages i betragtning i den videre bearbejdelse af FN-byen.

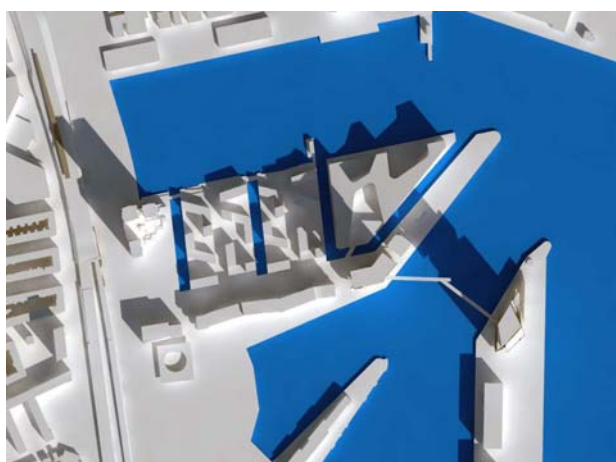
Forårsjævnøgn



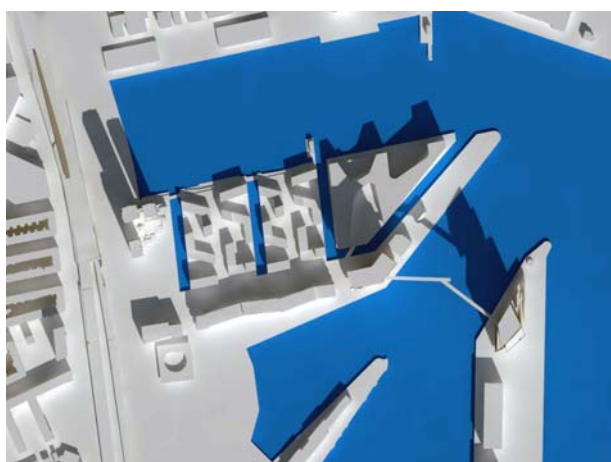
Forårsjævnøgn kl. 08



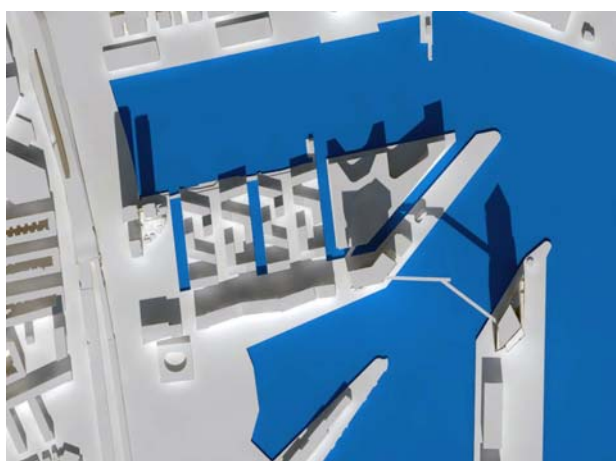
Forårsjævnøgn kl. 09



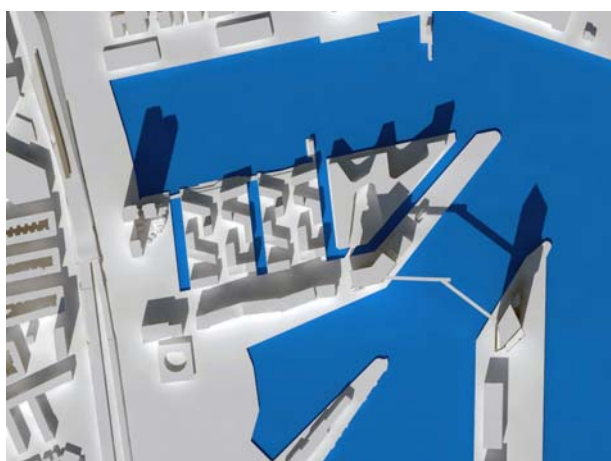
Forårsjævnøgn kl. 10



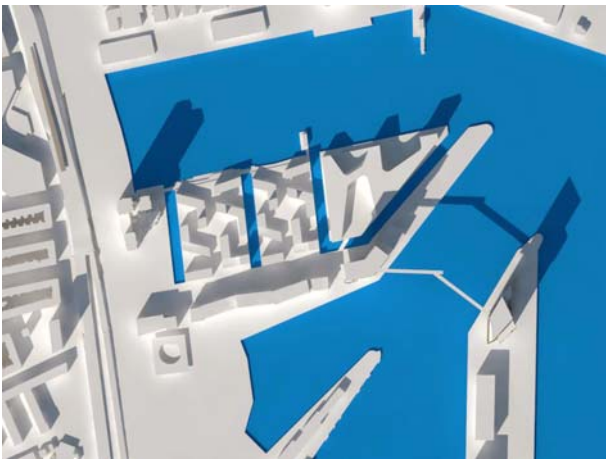
Forårsjævnøgn kl. 11



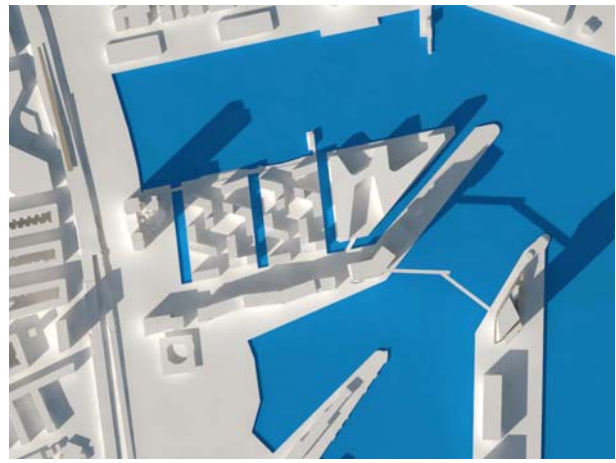
Forårsjævnøgn kl. 12



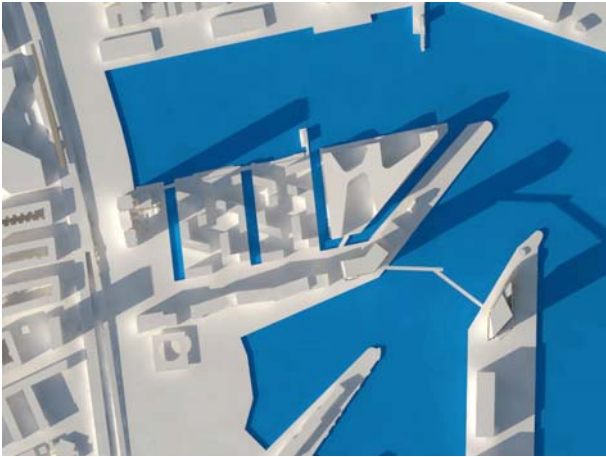
Forårsjævnøgn kl. 13



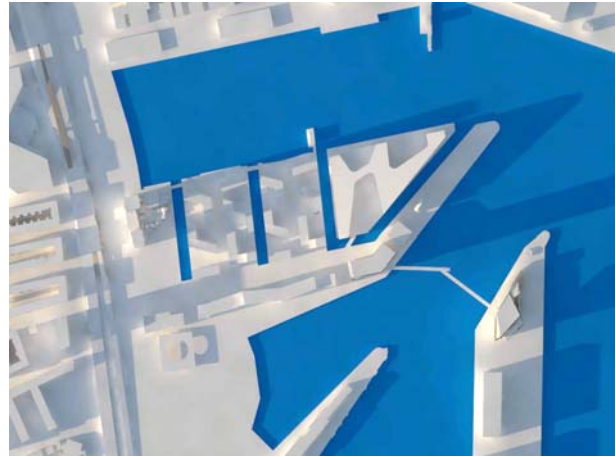
Forårsjævnøgn kl. 14



Forårsjævnøgn kl. 15

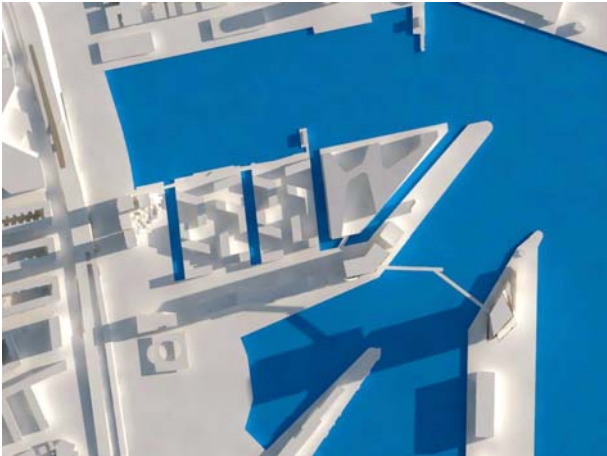


Forårsjævnøgn kl. 16

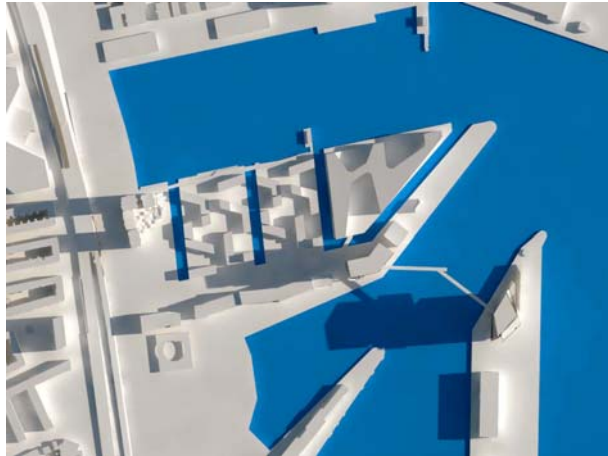


Forårsjævnøgn kl. 17

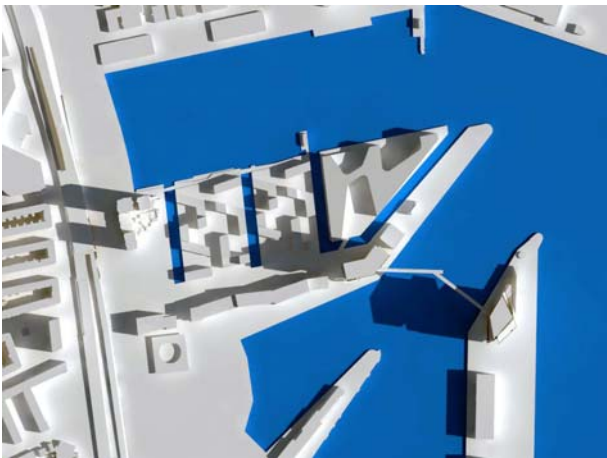
Sommersolhverv



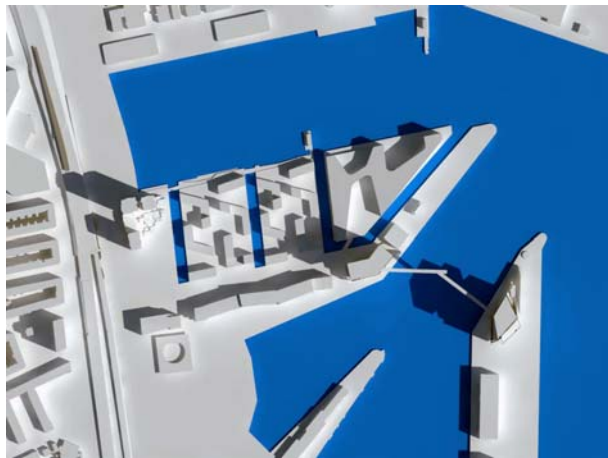
Sommersolhverv kl. 06



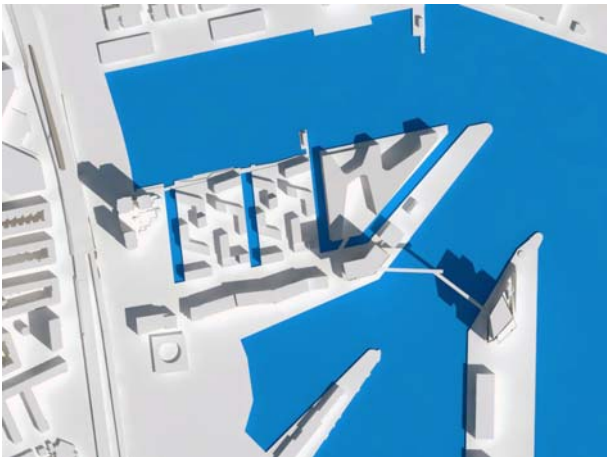
Sommersolhverv kl. 07



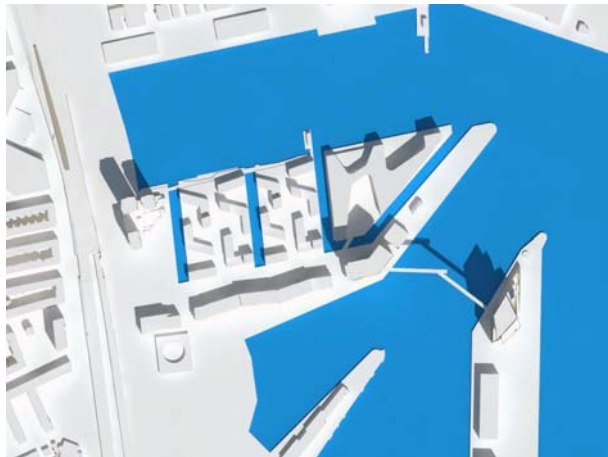
Sommersolhverv kl. 08



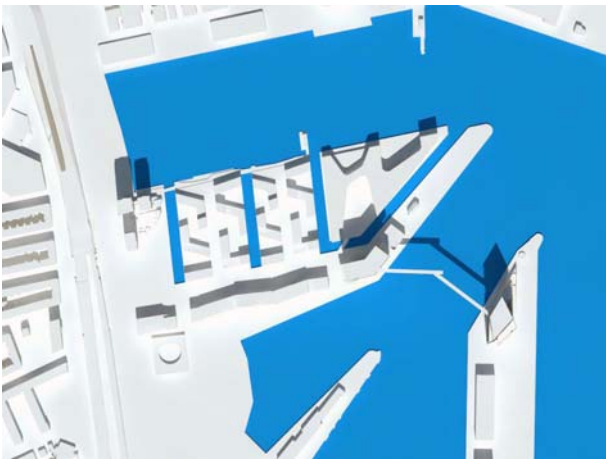
Sommersolhverv kl. 09



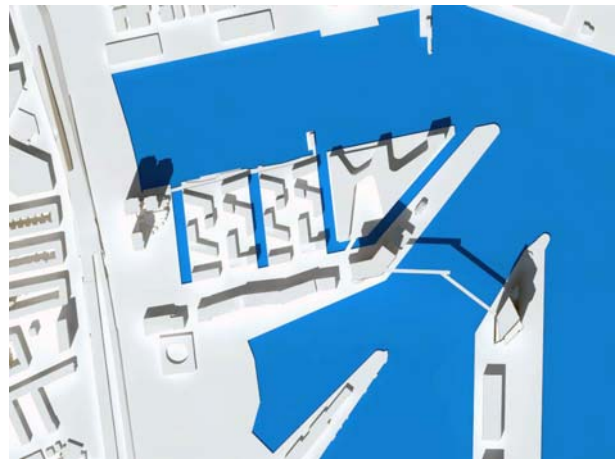
Sommersolhverv kl. 10



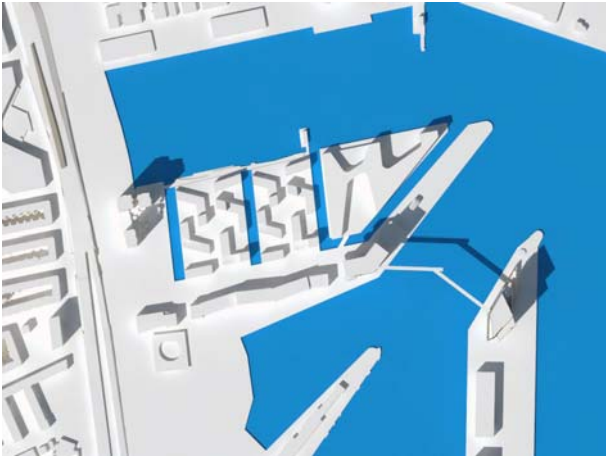
Sommersolhverv kl. 11



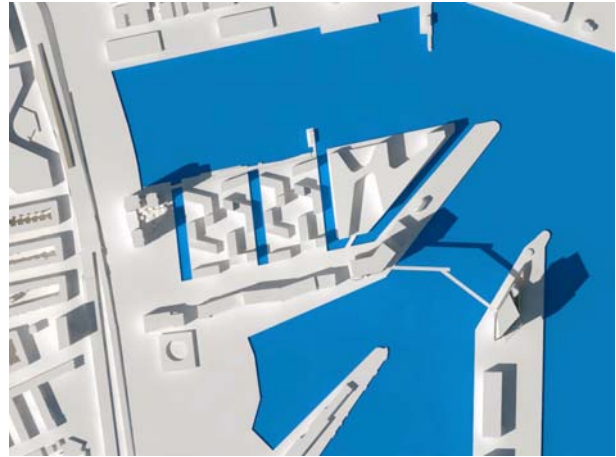
Sommersolhverv kl. 12



Sommersolhverv kl. 13



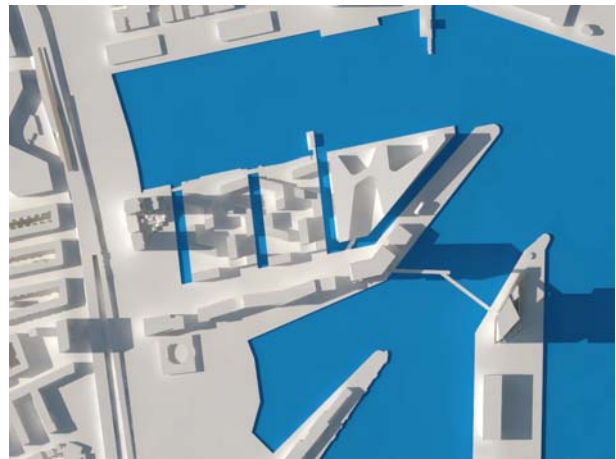
Sommersolhverv kl. 14



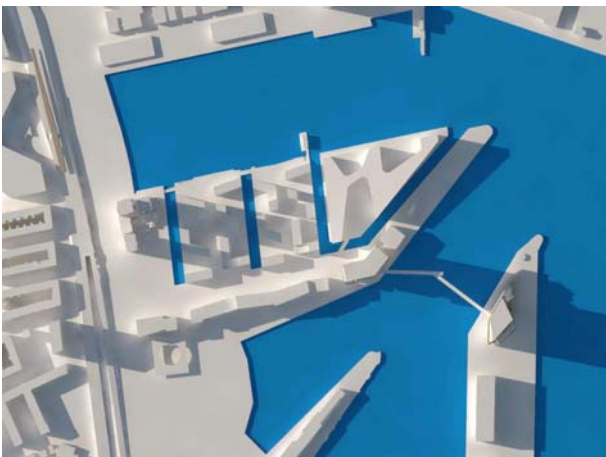
Sommersolhverv kl. 15



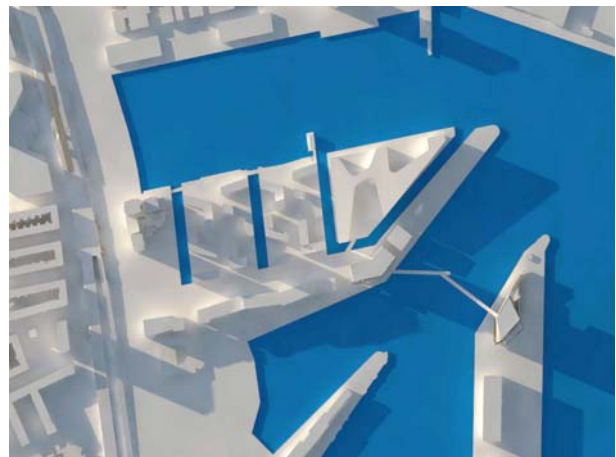
Sommersolhverv kl. 16



Sommersolhverv kl. 17

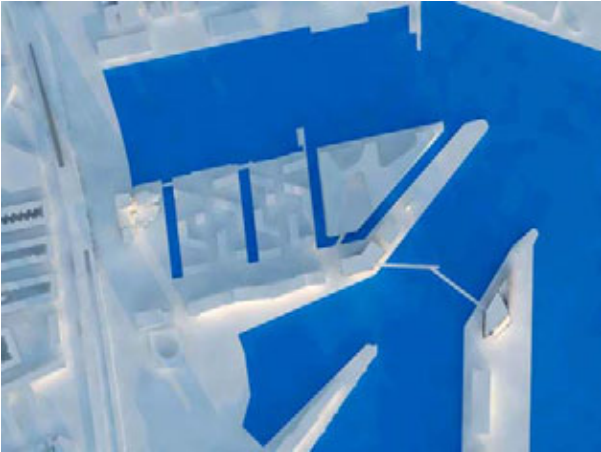


Sommersolhverv kl. 18

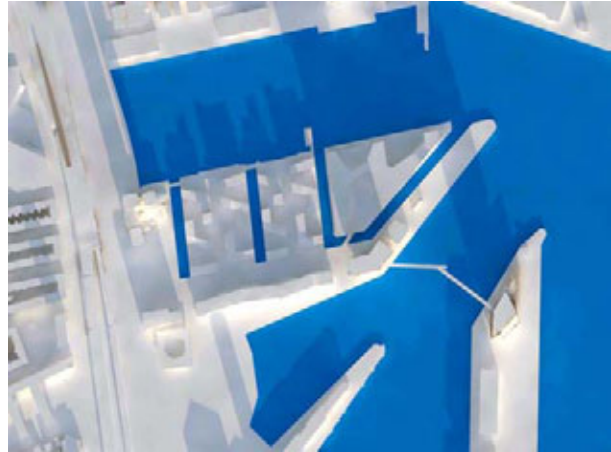


Sommersolhverv kl. 19

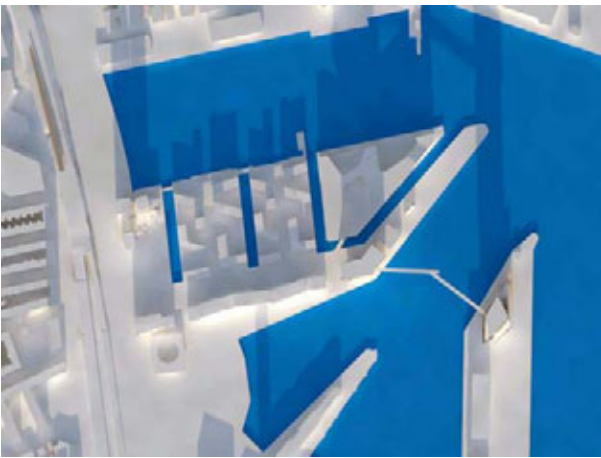
Vintersolhverv



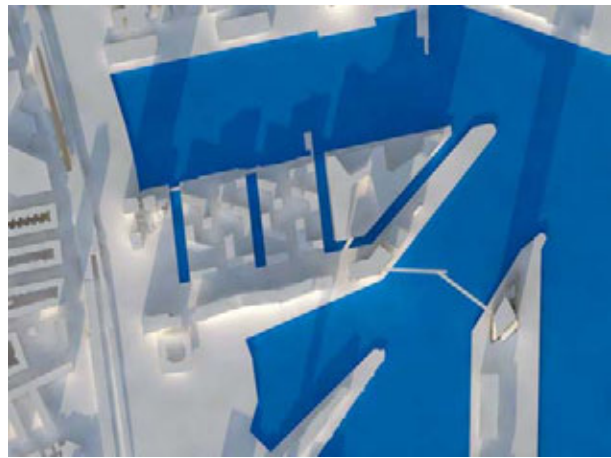
Vintersolhverv kl. 10



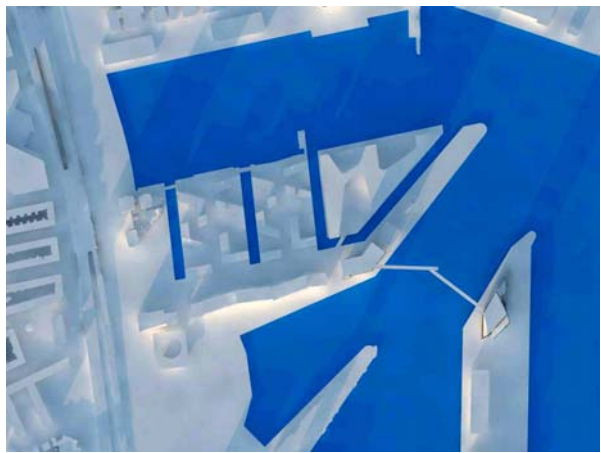
Vintersolhverv kl. 11



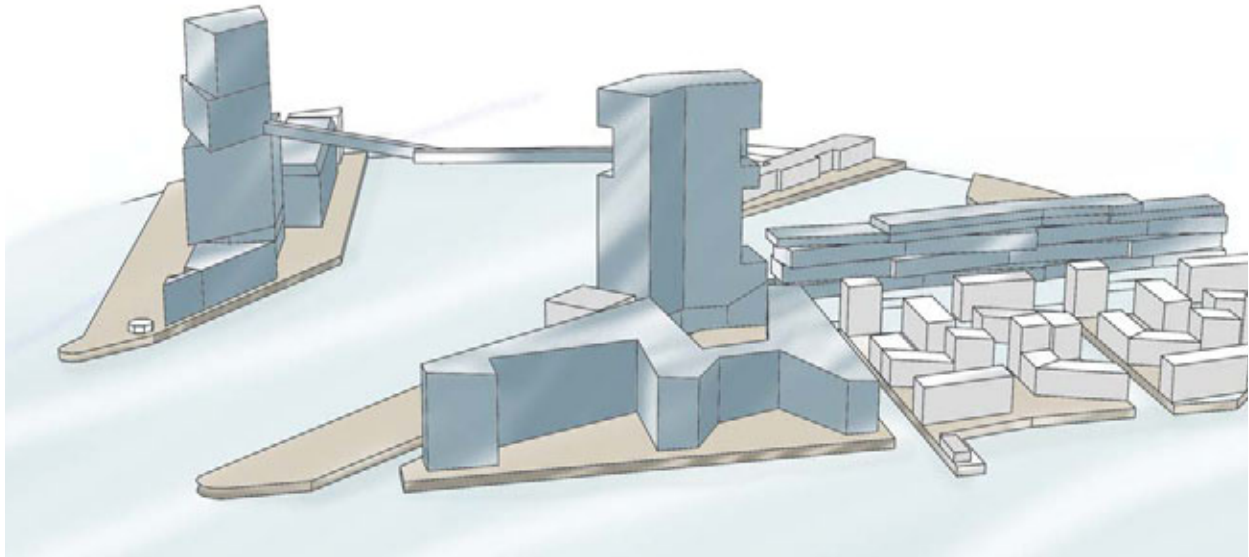
Vintersolhverv kl. 12



Vintersolhverv kl. 13



Vintersolhverv kl. 14



Marmormøllen, Copenhagen

Wind Environment Analysis

By & Havn

FORCE 108-34461

Project No. and Title of Report:

FORCE 108-34461

Wind Environment Analysis for Marmormolen, Copenhagen

Client:

By & Havn

Client's Ref.:

Lykke Ronnenberg

Author(s):

Silvia Geyer

Date:

2009-03-26

Approved by:



Revision	Description	By	Checked	Approved	Date
1	Final Report	SGE	SVL	CRS	2009-03-26
A	Issued for Client's Comments	SGE	SVL	CRS	2009-02-20

Keywords:

Flow Visualisation
Erosion Tests
Pedestrian Wind Comfort

Classification:

- Open
 Internal
 Confidential

<u>LIST OF CONTENTS:</u>	<u>PAGE:</u>
1. INTRODUCTION	1
2. SUMMARY AND CONCLUSIONS	2
3. TEST PERFORMANCE	4
3.1 Flow Simulation	4
3.2 Measurement	6
3.3 Flow Visualisation	7
3.4 Erosion Tests	7
4. RESULTS.....	8
4.1 Wind Climate.....	8
4.2 Pedestrian Wind Comfort.....	9
4.3 Flow Visualisation	16
4.4 Erosion tests	19
5. REFERENCES.....	20

- Appendix A: Photos of the Model
- Appendix B: The Boundary-Layer Wind Tunnel and its Equipment
- Appendix C: Erosion tests
- Appendix D: Desktop Study on the Current Condition

1. INTRODUCTION

By & Havn General Partnership has contracted FORCE Technology to conduct a wind-tunnel study on the area of the Marmormolen in Copenhagen, Denmark. Target of the study was the prediction of the pedestrian wind comfort in the areas surrounding the two new high rise buildings and in the access ways.

The tests were performed on a model at a geometric scale of 1:250 manufactured of foam using drawings and pictures provided by the client. Information regarding the statistical parameter describing the annual wind climate has been extracted from observations at the Copenhagen International Airport published by the Danish Meteorological Institute (DMI).

The assessment of the wind comfort is based on annual and summer statistics and the comfort criteria are defined on 10-minutes mean wind speeds.

The wind tunnel study was performed during January 2009. A desktop study to assess the current wind conditions at the area of the Marmormolen was performed in March 2009 and it is reported as Appendix D to the present report.

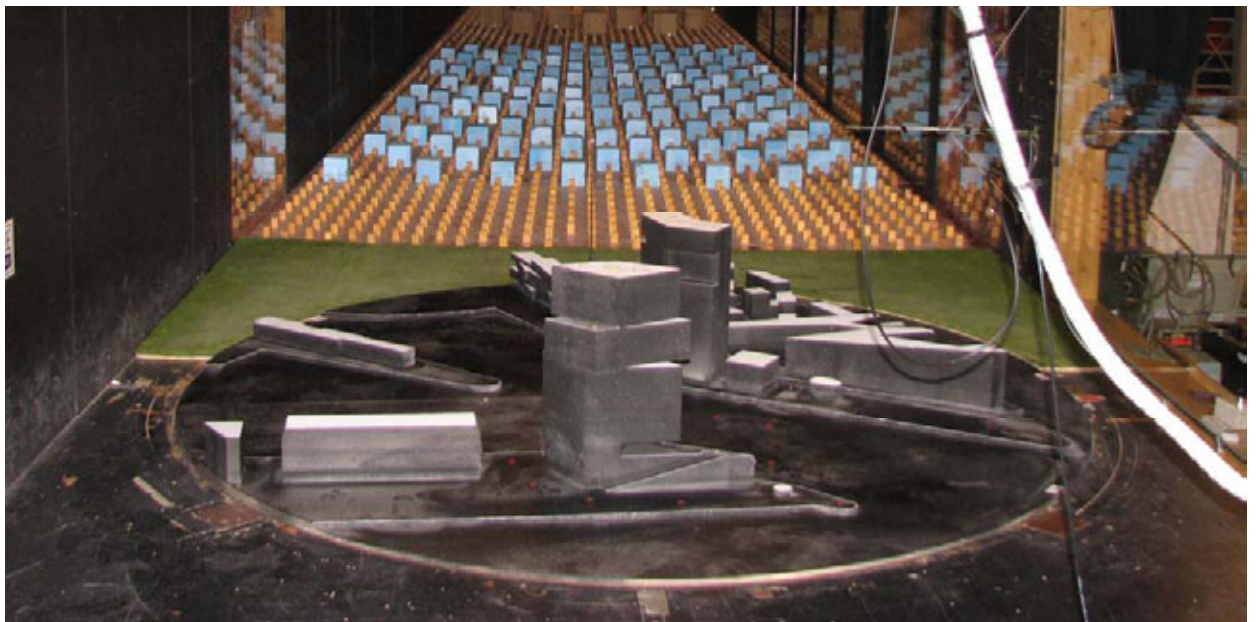


Figure 1.1 Wind-Tunnel Model of the Marmormolen, Copenhagen.

2. Summary and conclusions

The present report describes the results from wind-tunnel tests performed on a 1:250 model of the Marmormolen, Copenhagen. The model represents an architectural study for the new development area at the Marmormolen of Copenhagen. The wind-tunnel tests were carried out in FORCE's 2.6 m wide Boundary-Layer Wind-Tunnel.

Target of the wind-tunnel study was the assessment of the expected wind comfort in the areas around the two high rise buildings. The criteria used for the assessment are based on the local mean wind speed at approximately 1.5 meters height in full-scale.

The wind comfort was investigated at twenty (20) positions across the area and tested for eight wind directions. It should be emphasised that only the local wind speeds enter the comfort assessment. Other parameters such as the air temperature or likelihood of rainfall varying with season should be considered in an advanced comfort assessment.

The assessment of the wind comfort is based on four main categories of pedestrian activity: quick walk, slow walk, standing or sitting for a short time and standing or sitting for a long time. A quick walk corresponds to the lowest comfort requirements and a long stay to the highest. In the evaluation a particular area will be associated with an activity type for which the investigation predicts the comfort level. A demanding activity can be placed in an area with lower or even poor wind comfort condition if remedial measures are considered to improve the local wind climate.

The summary and conclusions of the desktop study are reported in the corresponding section of Appendix D.

All-Year-Assessment

The assessment of the wind comfort shows that all the entire investigated area is subject to strong wind throughout a year. Thus, the comfort conditions are generally poor and the installation of street cafés is not advisable in any region of the Marmormolen without taking remedial measures.

The access ways and the parking areas exhibit good wind conditions for a quick walk. The parking area on the west side of the Marmormolen presents good conditions also for a slow walk. The access way to the North side of the M-Tower shows good conditions both for a quick and slow walk, whereas the other accesses (on the North-East side) are only suitable for a quick walk. The wind speed at the access on the North-East side is affected by the presence of the nearby building.

The terraces on the M-tower exhibit poor comfort conditions for a short stay. The terrace on the L-Tower may be suitable for shorter sitting or standing. The roof of the M-Tower shows uncomfortable wind environment for maintenance.

Arranging sheltering elements such as bushes, trees, windscreens or sculptures can make local improvements of the wind conditions. Size and orientation of these remedial measures depend on the location of the area to be improved and on the dominant local airflow direction causing the unfavourable wind condition. Here, the results from flow visualisation provide the required information of the ground-near airflow.

Summer-Assessment

The wind comfort assessment focussing on the summer season shows slightly better conditions than obtained from the all-year-assessment. The new development site is nevertheless exposed to strong wind that lead to uncomfortable conditions for long sitting or standing. The area on the north side of the M-Tower is suitable for short stay. The terrace of the UN building exhibits good comfort level for sitting or standing shortly.

Installing sheltering devices such as windscreens or planting trees large and dense enough to create a significant shelter effect can improve the wind comfort conditions.

The flow visualisation shows that some speed-up may be expected around the south base of the M-Tower building in the opening between the tower and the adjacent building.

3. Test Performance

The wind-tunnel investigation of the Marmormolen area comprises several aspects such as the simulation of the atmospheric wind over sea and city and the analysis of meteorological observations to assess the main parameters describing the local wind climate and the wind comfort assessment.

The wind directions as used for the wind tunnel test are shown in Figure 3.1 below. The two high rise buildings are referred to as M-Tower (tower on "Marmorvej") and L-Tower (tower on "Langelinie Allé").

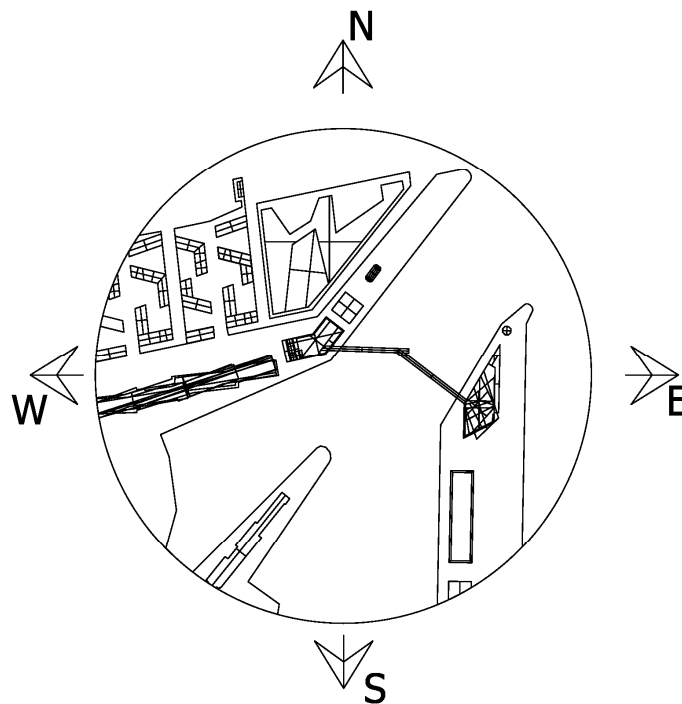


Figure 3.1 Definition of Wind Tunnel Directions.

3.1 Flow Simulation

The new high rise buildings and the surrounding area are located in the harbour of Copenhagen. For wind directions from North to East, the wind flow approaches the site over wide and open water areas. For the remaining wind directions, the wind flow approaches the site over an urban area.

Since changes in terrain category affect the level of mean wind speed and degree of turbulence in the approaching airflow, in the experiment two different atmospheric boundary-layers were simulated to represent the different characteristics of the approaching wind flow. Thus, a wind exposure corresponding to open sea (cat I of Eurocode1 /2/) was used for wind directions North-East, East and South east, whereas a rougher wind exposure (corresponding to terrain category III in the Eurocode1 /2/) was used for the remaining wind directions.

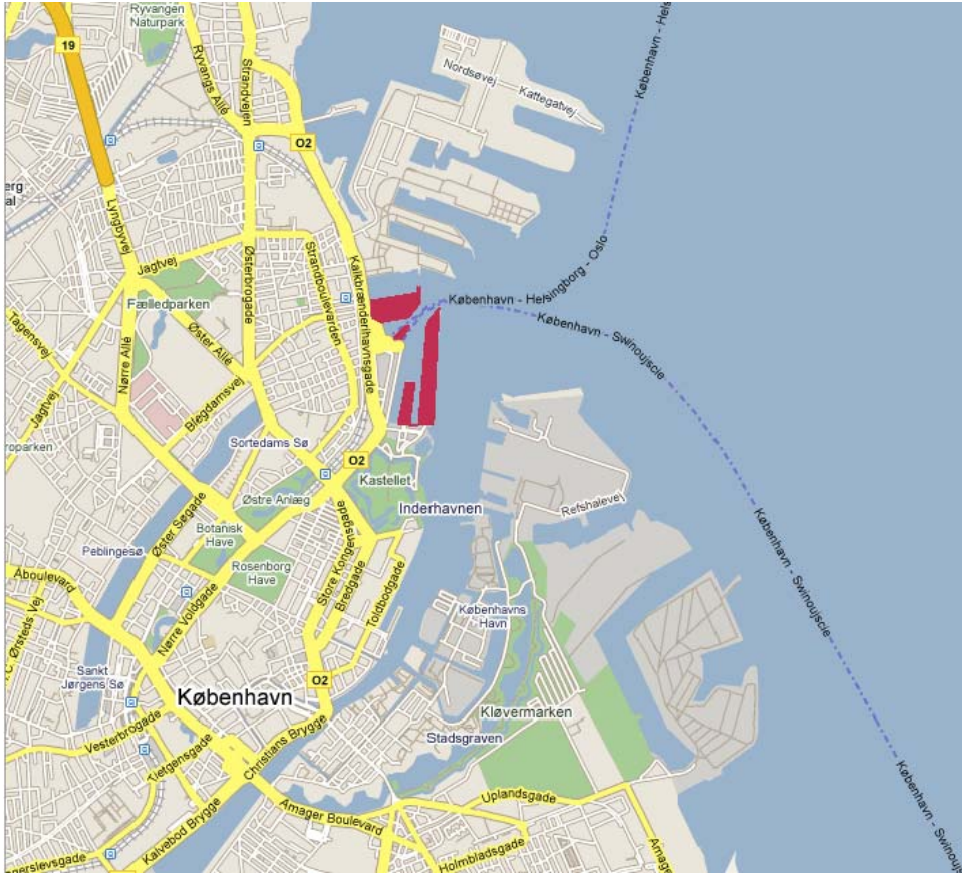


Figure 3.2. Location of the Marmormolen Development Area in Copenhagen.

The wind speed in the experiment was monitored and controlled by a Pitot tube mounted on the wind tunnel wall in front the turntable bearing the model of the Marmormolen and its built-in environment.

3.2 Measurement

Measurements of wind velocities on the model were performed to give a quantitative measure of the wind environment in the area surrounding the new buildings.

The measurements were performed using 1D hotwire anemometry. The position of the hotwire was remote-controlled using a traversing mechanism. Prior to the tests the hotwire probe was calibrated in a portable calibration unit, which is linked to a pressurised air supply. In the experiment the measurements were sampled for a time period that corresponds to at least 10 minutes in nature.

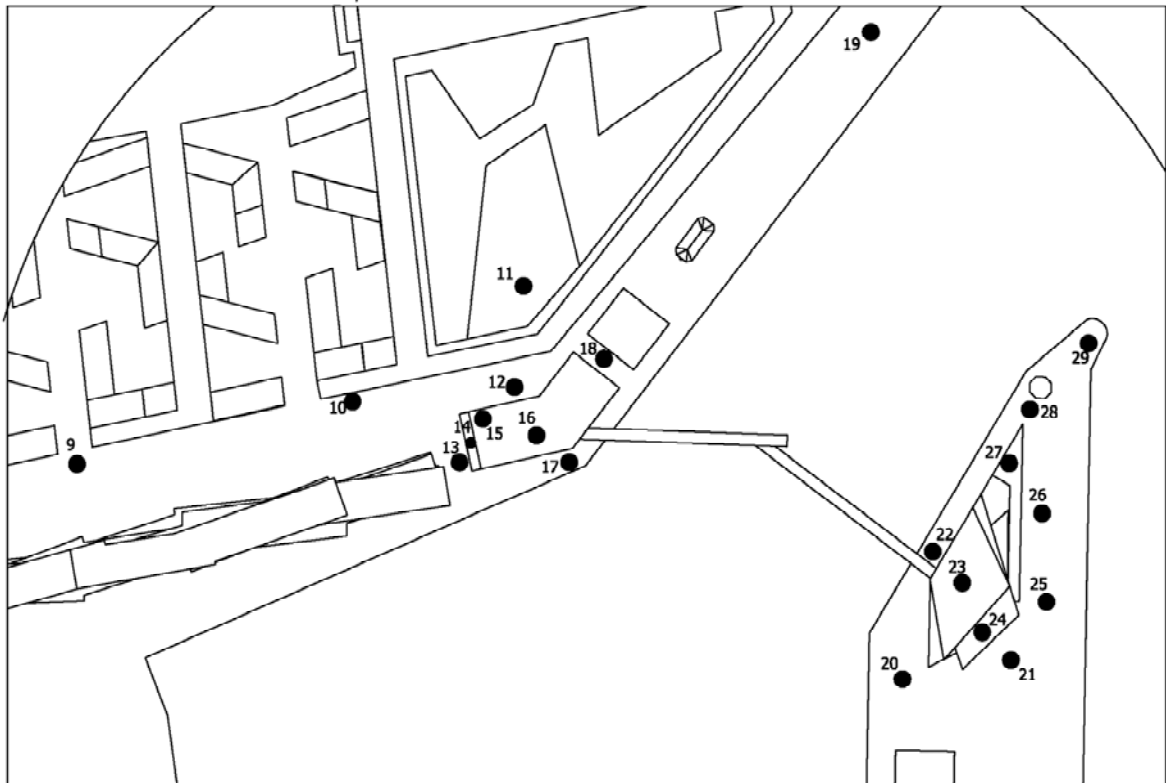


Figure 3.3 Positions of Hot-wire Measurements.

Measurements were carried out at 21 single points at a pedestrian level, i.e. a height above the ground or the roofs corresponding to 1.5 meters in full-scale. The positions and numbering of the measuring points on the new development area are given in Figure 3.3 above.

In addition, the mean wind speed was measured at 8 points at a height of 18 meters in full-scale above the sea level. These points were located in the waterway between the two towers. The purpose of these extra measurements was to provide data for the ship simulation which are reported in a separate document.

3.3 Flow Visualisation

For the experimental investigation of airflow around or even through structures at model scale a variety of measuring techniques is on hand. The investigation of the wind condition at and around the two high rise buildings was performed through smoke visualization tests of the flow field around the structures. This technique allows for determining the streamlines of the flow field and hence of the dominating flow regimes such as the zones of stagnation, separation and reattachment.

The results from flow visualisation are reported as a description of the flow field as directly evaluated from observation of the wind tunnel tests.

3.4 Erosion Tests

The purpose of the erosion tests is to describe qualitatively the wind environment at ground level over a large area. The method gives continuous coverage, rather than discrete measurements, and results in zones of relative wind speed, which identify potential problem areas.

In the test a thin uniform layer of fine-grained bran was spread over the model area of interest. Prior to the actual test, the threshold speed of motion, U_{th} , of the particular material was determined. The threshold speed was used to determine the range of flow speeds in the wind-tunnel tests speeds and serves as a reference to determine areas where the buildings create shelter or speed-up effects in the near-ground flow.

The threshold value can be interpreted as the wind speed level that would be at ground level in the investigated area if no buildings or other manmade structures would be present. The speed-up factors Ω indicate to which degree areas in the built-in environment are sheltered ($\Omega < 1$) or more exposed to the wind ($\Omega > 1$) compared to a situation without buildings and structures.

A speed-up factor of $\Omega = 0.5$ indicates an area exposed to approximately half the free unobstructed wind speed and analogue $\Omega = 2$ indicates areas with twice as much wind speed as without buildings and structures.

4. Results

4.1 Wind Climate

Wind Observation

To estimate the statistical parameter of the occurrence probabilities for wind speeds in eight directional sectors the data for wind statistics recorded at the metrological observation station of Copenhagen International Airport, operated by the Danish Meteorological Institute (DMI) /1/, have been used.

The construction site for the Marmormolen is approximately 10 kilometres north from the meteorological station. Regarding the transferability of the available wind climate data following considerations have been made:

1. **Terrain:** The meteorological station is located in the flat open terrain of the airport (terrain category II after Eurocode /2/). The new development area is surrounded by open sea from North-East to South-East and by a suburban terrain for the remaining compass range.
2. **Mean Wind Speeds:** Due to the different terrain environment, the ground-near wind speeds (at pedestrian level) for wind direction from South to North can be lower at construction site compared to the meteorological station at the airport.
3. **Orography:** The landscape around the development site can in principle be characterized as flat terrain. There are not slopes that can have some influence on the wind speed and direction for winds.

Based on the above considerations it can be concluded that the data from the meteorological station at Copenhagen International Airport are applicable for the wind tunnel assessment of the wind comfort at the Marmormolen.

All Year and Summer Wind Climate

To assess the wind comfort conditions at the new development the dominating wind directions throughout a year need to be identified. For the present study wind climate data published by the Danish Meteorological Institute /1/ have been used.

The DMI data were recorded for twelve wind directions, with sectors of 30°. The data were combined to obtain the wind statistics parameters for the eight wind directions object of the study (sectors of 45°), as listed in the following tables.

ALL YEAR			
Wind Direction	Probability of wind direction [%]	Weibull Parameter A [-]	Weibull Parameter k [-]
North	7.54	6.297	2.210
North-East	7.59	5.738	2.101
East	10.58	6.060	2.669
South-East	10.20	5.715	2.797
South	12.63	6.294	2.324
South-West	18.63	6.698	2.339
West	21.93	6.847	2.174
North-West	10.89	6.371	2.211

Table 4.1 Annual Wind Statistics.

SUMMER			
Wind Direction	Probability of wind direction [%]	Weibull Parameter A [-]	Weibull Parameter k [-]
North	7.91	5.242	2.979
North-East	6.43	3.555	1.279
East	7.92	4.879	2.905
South-East	10.29	4.852	2.992
South	13.90	5.432	3.294
South-West	15.87	5.541	2.452
West	24.23	6.181	2.501
North-West	13.45	6.286	2.668

Table 4.2 Summer Wind Statistics.

4.2 Pedestrian Wind Comfort

The criteria for the assessment of pedestrian wind comfort are based on different definitions of the relevant windiness to consider. Most approaches relate their threshold values to a wind speed u , which considers the mean local wind speed \bar{u} and the corresponding standard deviation σ_u as given in equation 4.1 below.

$$u = \bar{u} + c \cdot \sigma_u \tag{4.1}$$

Here, c is a factor that acts as a peak factor to determine a gust wind speed, which should not be exceeded beyond a certain limit. The present wind comfort assessment is based on mean wind speeds ($c=0$).

It should be noted that for hot-wire measurements with a level of turbulence above 25%, the measurement of the mean wind speed is not reliable but only indicative.

The comfort of pedestrians depends highly upon the mean and fluctuating wind velocity but also on the air temperature, air humidity, solarisation, indirect solar radiation, rain, age of the person and numerous other parameters. The person's perception of the wind will further be influenced by dust particles or sand raised to the eyes by wind or rain, which is blown horizontally towards the eyes or under the clothes.

Here, only the local wind speed is taken into account. Other parameters may be considered for advanced assessment.

FORCE Approach

The wind environment can be evaluated with a reasonable degree of accuracy by the simple approach outlined below. The criterion described is the so-called 5 metres/second criterion, which in building studies has proven to yield reasonable results:

The acceptability of the wind environment for various activities is characterized by a probability of exceedence of 5 m/s for the 10 minutes mean velocity.

The 5 metres/second criterion takes into consideration the usage of the location and the percentage of the time the wind speed limit may be exceeded. The method is based on mean velocities and omits the effect of turbulence.

Activity	Areas	Characterization of Wind Environment		
		Acceptable	Unpleasant	Very Unpleasant
Quick Walk	Pavements, Paths	43 %	50 %	53 %
Slow Walk	Parks, Working Areas	23 %	34 %	53 %
Stand or Sit for a Short Time	Parks, Working Areas, Squares	6 %	15 %	53 %
Stand or Sit for a Long Time	Outside Restaurants and Theatres	0.1 %	3 %	53 %

Table 4.3 Probability of Exceedence of 5 m/s for Different Activities based on a Definition of the Local Mean Wind Speed.

Table 4.3 suggests these probabilities, valid for temperatures above 10°C. Based on this information it is judged that a probability of exceedence of 12% of air-flow velocities above 5 m/s on a plaza is a "moderate" value for an evaluation of the user comfort. However, this decision is fully up to the designer. A lower value should be chosen in areas where pedestrians are expected to be sitting for longer time like outdoor cafés (3%) or restaurants (0.1%).

Following interpretation for wind comfort is applied based on the boundary values given in Table 4.3 above:

"Acceptable"	<	good	<	"Acceptable"
"Unpleasant"	<	moderate	<	"Unpleasant"
"Very unpleasant"	<	poor	<	"Very unpleasant"
	<	very poor		

In "very poor" wind situations it may occur that people get blown over or do have significant difficulties in keeping balance.

Applying the 5m/s-criterion the annual exceeding probabilities ^ap at the different measuring points have been determined based on the wind climate characteristics introduced in section 3.1.

Point	ALL YEAR ^a p[%]	SUMMER ^s p[%]
9	13%	7%
10	16%	8%
11	9%	5%
12	9%	8%
13	36%	31%
14	28%	25%
15	33%	26%
16	48%	38%
17	40%	28%
18	42%	37%
19	26%	15%

Point	ALL YEAR ^a p[%]	SUMMER ^s p[%]
20	54%	42%
21	32%	20%
22	42%	32%
23	30%	25%
24	15%	12%
25	35%	25%
26	24%	18%
27	62%	51%
28	49%	44%
29	47%	40%

Table 4.4 Annual and Seasonal Probabilities for exceeding the Threshold Value of 5 m/s at a particular measuring Point.

According to the above interpretation of the wind comfort, the comfort level for each point according to the planned usage is reported in Table 4.5.

Point	Planned usage	Activity	Level of comfort, ALL YEAR	Level of comfort, SUMMER
9	Parking Area	Quick Walk	GOOD	GOOD
10	Café Area	Long Stay	POOR	POOR
11	Short Break	Short Stay	MODERATE	GOOD
12	Entrance	Quick Walk	GOOD	GOOD
13	Entrance	Quick Walk	GOOD	GOOD
14	Short Break	Short Stay	POOR	POOR
15	Short Break	Short Stay	POOR	POOR
16	Maintenance	Slow Walk	POOR	POOR
17	Entrance	Quick Walk	GOOD	GOOD
18	Entrance	Quick Walk	GOOD	GOOD
19	Short Break	Short Stay	POOR	MODERATE
20	Parking Area	Quick Walk	VERY POOR	GOOD
21	Parking Area	Quick Walk	GOOD	GOOD
22	Entrance	Quick Walk	GOOD	GOOD
23	Maintenance	Slow Walk	MODERATE	MODERATE
24	Short Break	Short Stay	MODERATE	MODERATE
25	Entrance	Quick Walk	GOOD	GOOD
26	Parking Area	Quick Walk	GOOD	GOOD
27	Café Area	Long Stay	VERY POOR	POOR
28	Café Area	Long Stay	POOR	POOR
29	Short Break	Short Stay	POOR	POOR

Table 4.5 Level of comfort for the planned usage.

A different evaluation of the results could be performed considering for each point the level of comfort for persons sitting or standing for long and short period of time. It is clear to observe that a point with a good comfort level for a short stay would be as well suitable for activities with lower comfort requirements, such as walks.

The wind comfort is analysed by outside activities. Figure 4.1 through Figure 4.4 display the wind comfort levels "good", "moderate", "poor" and "very poor" indexed by colours.

**Predicted Wind Comfort (All Year):
SITTING/STANDING FOR A LONG PERIOD OF TIME**

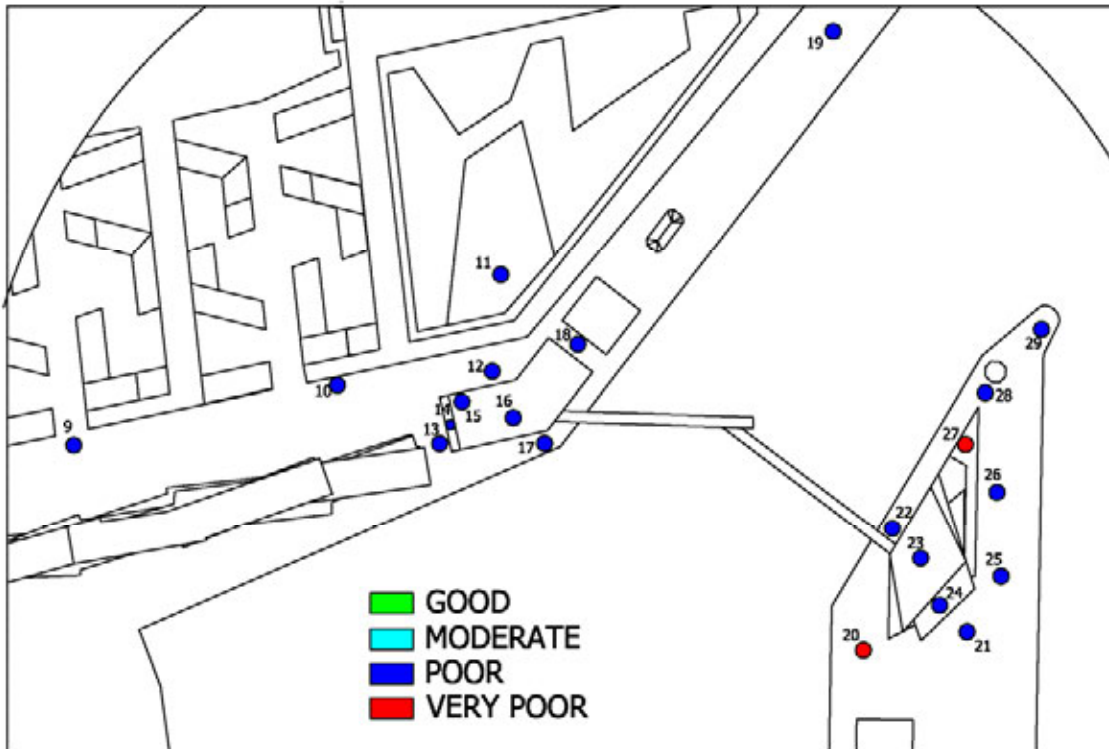


Figure 4.1 Wind Comfort Index for Sitting or Standing over a long Period of Time (All Year).

The investigated points show a general poor wind comfort condition, which becomes even very poor for points 20 and 27. Thus, outdoor activities at the south side of the L-Tower or at its North edge would be strongly inadvisable if no remedial measures are considered to improve the local wind climate.

Points 11 and 12 are closer to the lower boundary values for the poor, but still far from an acceptable value of v_p (5 m/s). The comfort on the terrace of the M-Tower (point 15) is decisively poor. The comfort level on the terrace of the L-Tower (point 24) is rather higher but nevertheless not satisfactory.

**Predicted Wind Comfort (All Year):
SITTING/STANDING FOR A SHORT PERIOD OF TIME**

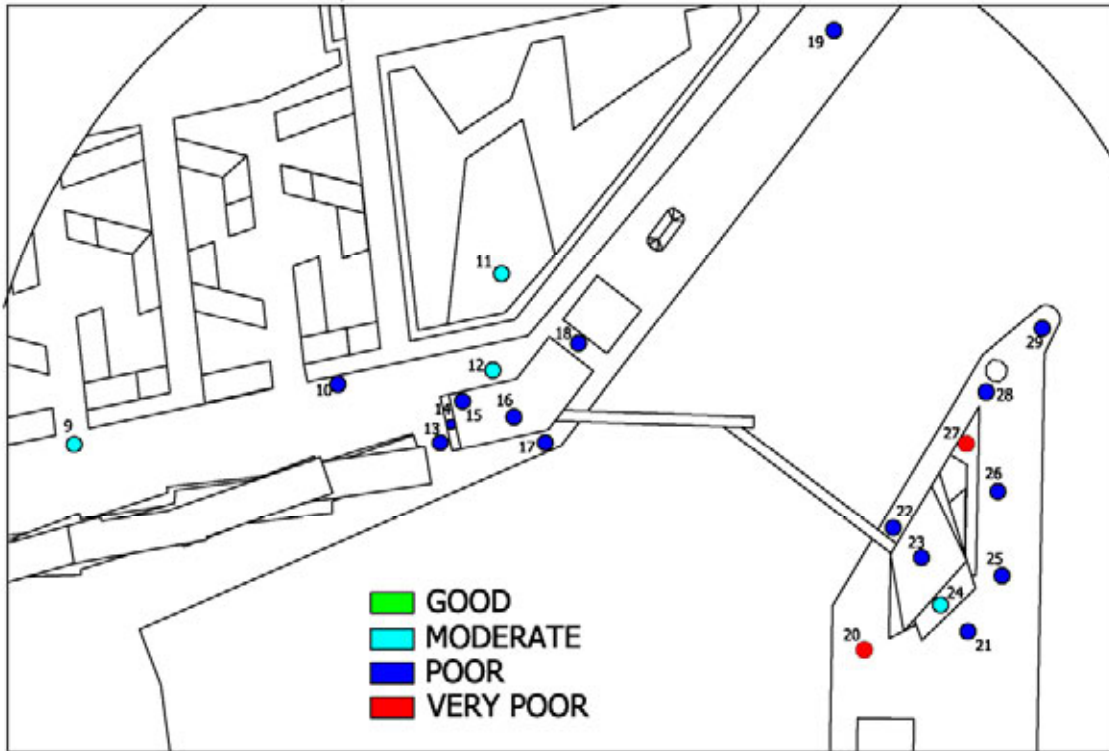


Figure 4.2 Wind Comfort Index for Sitting or Standing over a **short** Period of Time (All Year).

With respect to activities involving just a short stay, the areas around points 9, 10 and 11 show a moderate level of comfort. The comfort level on the terrace of the L-Tower (point 24) is suitable for a short stay, whereas the comfort level on the terrace of the M-Tower (point 15) is still poor.

Even though the criterion does indicate a poor wind condition for this activity, point 10 exhibits the larger proximity to “moderate” wind conditions.

For walking in general, the wind condition varies from moderate to good in most of the areas around two high rise buildings, except for the “very poor” points close to the L-Tower.

**Predicted Wind Comfort (Summer):
SITTING/STANDING FOR A LONG PERIOD OF TIME**

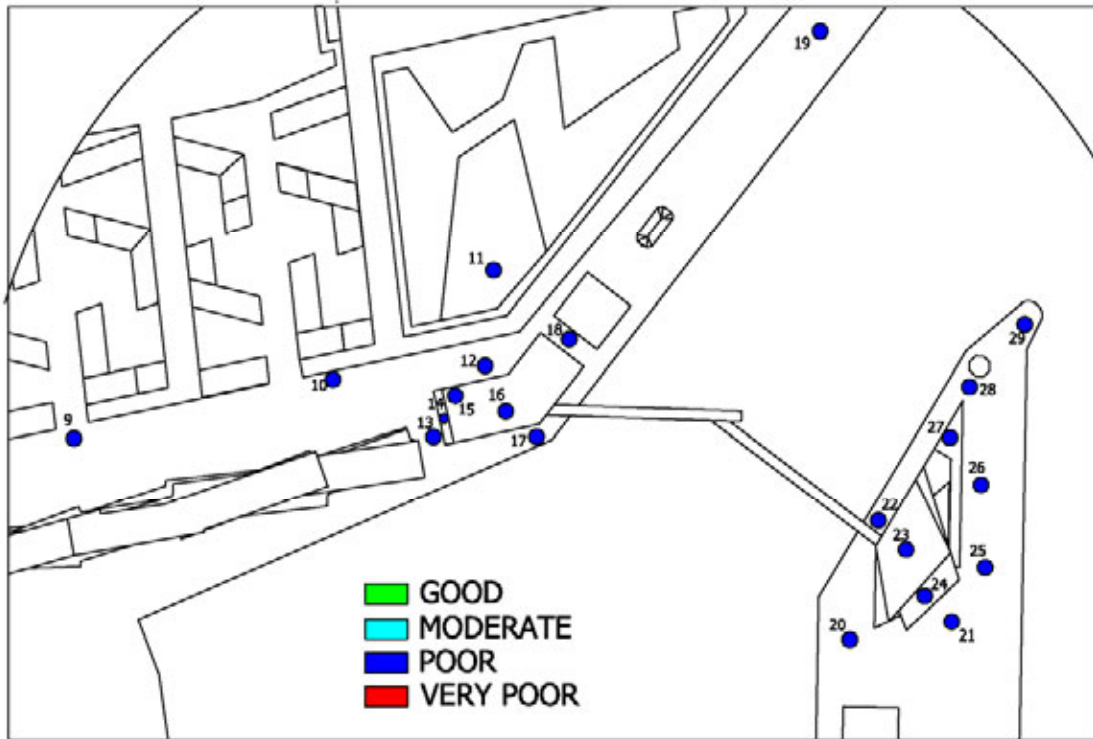


Figure 4.3 Wind Comfort Index for Sitting or Standing over a long Period of Time (Summer).

Even If the wind comfort during the summer period from late May to early September is significantly better than the results based on an all year statistic indicate, the wind comfort level for a long stay is still in the poor range for all the investigated areas.

Arranging sheltering elements such as bushes, trees, windscreens or sculptures can make local improvements of the wind condition. Size and orientation of these remedial measures depend on the location of the area to be improved and on the dominant local airflow direction causing the unfavourable wind condition. Here, the results from flow visualisation provide the required information of the ground-near airflow.

**Predicted Wind Comfort (Summer):
SITTING/STANDING FOR A SHORT PERIOD OF TIME**

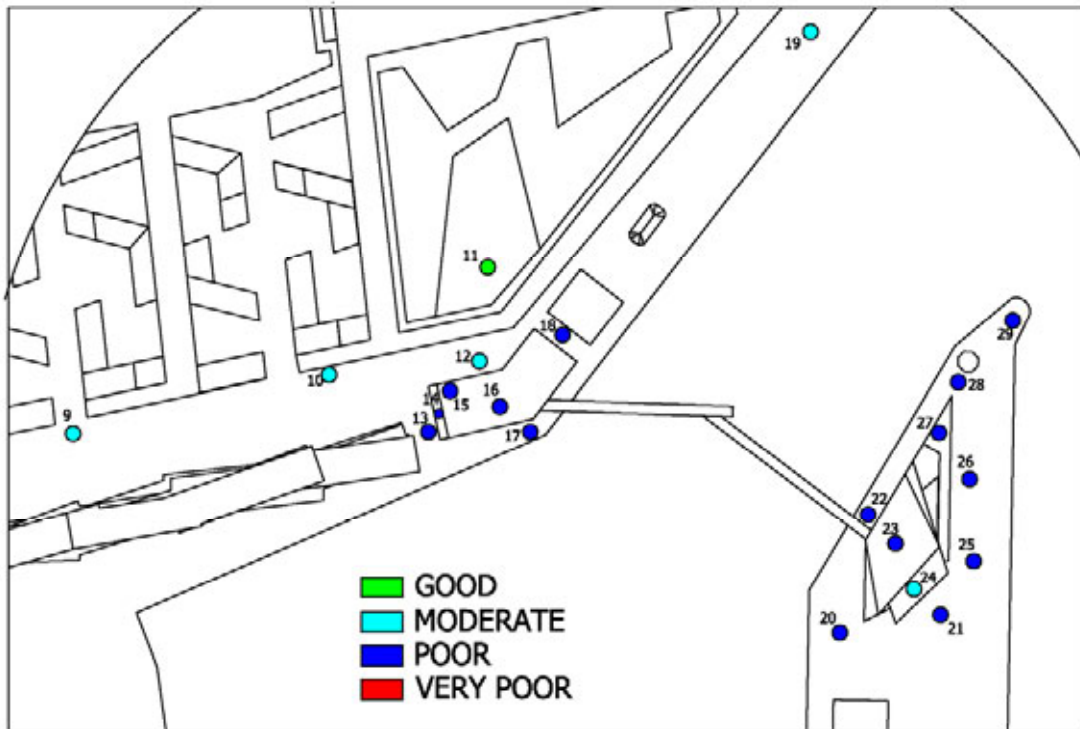


Figure 4.4 Wind Comfort Index for Sitting or Standing over a short Period of Time (Summer).

During the summer time the level of comfort for sitting or standing for a short period of time is generally enhanced. The North area of the Marmormolen shows a level of comfort raising from “moderate” (points 9, 10, 12, 19 in descending comfort order) to “good” (point 11).

It appears that, whereas the wind comfort level on the terrace of the L-Tower (point 24) is moderate, the terrace on the M-Tower (point 15) presents a poor comfort, even for a short stay during the summer period.

Remedial measures such as trees, windscreens or sculptures can improve the local wind condition. These remedial measures could be considered to shelter some areas around the towers.

4.3 Flow Visualisation

The flow patterns observed with flow visualisation technique can be described as follows:

Wind direction N

M-Tower: The wind is displaced to either side of the building. The wind going around the east end of the building is further influenced by the displacement effect of the downstream L-Tower. It appears that the flow is redirected along the L-Tower, which might affect the ground-level wind comfort as well.

On the upstream side some downwash effects might be expected, even though not observed. The magnitude of their impact at ground level depends on the sheltering building upwind of the M-Tower.

The overall width of the M-Tower is slightly larger than the cross-wind projected area of the M-Tower.

L-Tower: The tower is aligned "aerodynamic" with the wind direction. This means that the approaching wind is displaced to either side, without creating observable downwash effects along the upstream façade of the L-Tower.

Around the base the flow separates at the edges of the widest cross-wind expansion of the building. Directly downstream the separation zone indicates a sheltered area.

Wind Direction N-W

M-Tower: Here, the tower faces with its west façade the approaching wind. A clear downwash is observable entering the space between the base of the high-rise building and the adjacent UN-Building on the north side.

High wind speeds can be expected between the high-rise and the low-rise building adjacent to the east side of the tower.

Behind the M-Tower a wake flow is observable spanning a little bit more than the projected cross-wind width of the tower building. The recirculation behind the tower reaches up to the top and includes the roof as well.

L-Tower: The wind meets the façade at its broadest expansion and is displaced around either (sharp edged) corner of the tower building. A large wake zone is observable with clear circulation in each side of the wake flow.

The flow around the west corner meets at ground level the façade of a low-rise adjacent building and is again divided into a part going along the harbour basin and one entering the recirculation behind the L-Tower.

No significant downwash is observed. This is mainly due to the particular building shape that has a large opening over a terrace. That opening and the off-line façade area prevent the development of a downwash effect.

However, large speed-up effects can be expected on the terrace at the north end of the L-Tower.

Wind Direction W

M-Tower: The approaching wind meets the small side of the tower façade and is mainly displaced towards the sides. No downwash is directly observable but can be assumed to some degrees since the building is also at the base directly exposed to the approaching wind.

Some speed-up can be expected on the land-side of the tower between the tower base and the adjacent low-rise building (UN-Building). The canal is in principle aligned to the prevailing wind direction and is open for the approaching wind to enter.

On the downwind side of the building a typical wake flow is observable covering the entire rear façade of the tower building. The width of the wake flow corresponds to the cross-wind width of the tower building.

L-Tower: The approaching wind stagnates on the south part of the west façade and is displaced to each side of the tower building. Some downwash is observable underneath the stagnation point.

The terrace at the north side of the L-Tower is exposed to approaching wind and displaced airflow to the north corner.

Behind the building a typical wake flow is observable. The width of the wake flow is slightly larger than the cross-wind width of the tower building.

Wind Direction S-W

M-Tower: The south part of the M-Tower is angled towards the approaching wind flow. This creates a sheltered zone on the land side of the tower, due to flow separation from the upwind façade, and some accelerated wind flow along the water side of the tower base.

No particular downwash on the upwind façade observable. This is due to the relative angle of the façade and to the clustered surface of the façade or building.

There might be some speed-up around the south base of the tower building in the opening between tower and adjacent building.

A typical wake flow is observed on the rear side of the high-rise building, covering the entire height and roof of the tower. The width of the wake flow is slightly larger than the cross-wind width of the tower building. The canal along the UN-Building is covered by the wake flow to a large extend.

L-Tower: The tower building is relatively well aligned to the approaching wind. This leads to that the flow is divided by the leading (south) corner of the building. The airflow goes round the base of the building on either side. Higher ground-near wind speeds are observed on the west side of the building base and a sheltered zone on the east side of the base.

Between the south corner of the tower and the adjacent low-rise building some speed-up effects can be expected at pedestrian level.

The largest part of the terrace on the north side of the L-Tower base building is well sheltered from the prevailing wind.

A typical wake flow is observed on the rear side of the high-rise building, covering the entire height and roof of the tower. The width of the wake flow is slightly larger than the cross-wind width of the tower building.

Wind Direction S

M-Tower: The approaching wind stagnates on the southern part of the east façade creating a flow at the base of the building as a combination of downwash and flow along the base. The area at the water side of the tower building can be considered as being exposed to the wind.

Some speed-up can also be expected in the opening between to south side of the tower and the low-rise adjacent building. The rear side, i.e. the west side, of the high-rise building is well sheltered by the wake flow behind the tower.

A typical wake flow is observed on the rear side of the high-rise building, covering the entire height and roof of the tower. The width of the wake flow is slightly larger than the cross-wind width of the tower building. The wake flow covers the low roof inside the V-shape area of the UN-Building.

L-Tower: The tower ground-plan is aligned with the prevailing wind direction. This means that the wind is divided to either side of the tower building without creating significant or observable downwash effects.

Some speed-up effects at the tower base are observable at the south edge, facing towards the adjacent low-rise building and the broadest expansion on the east side of the base.

Sheltered area is the west side of the base underneath the footbridge and the terrace on the north side of the tower building.

Due to the aerodynamic shape of the building for this particular wind direction the wake flow is smaller than the cross-wind width of the building.

Wind Direction S-E

M-Tower: The M-Tower is facing the approaching wind with its broad side. The building is positive angled across the wind flow. This supports the displacement of the approaching air to either side of the building. Some downwash is observed on the upwind side of the tower building.

Speed-up effects are expected on each side of the base of the tower building, between the bases and the adjacent low-rise buildings.

The rear side of the tower is well sheltered. The sheltered zone extends over the canal and includes large parts of the UN-Building north of the M-Tower.

L-Tower: The L-Tower is facing the approaching wind with its broad side. The wind is displaced towards the sides creating a larger wake flow on the rear side of the tower. The wake flow is at its largest dimension approximately 1.5 the tower cross-wind width.

Some downwash effects are visible on the upstream side of the façade. The displaced air moves towards ground level at the tower base and through the opening between the southern side of the tower base and the adjacent low-rise building.

The terrace on the north side of the L-Tower is exposed to the airflow diving underneath the cantilevering part of the building.

4.4 Erosion tests

The results of the erosion tests are presented as pictures of the investigated areas coloured according to the speed-up factor Ω of the different regions.

The colour scale proceeds from dark red to dark blue with descending quality of the wind environment. Thus, dark red areas correspond to well-sheltered zones whereas dark blue areas are exposed to more than twice as much wind speed as without buildings and structures.

In combination with the flow visualisation, the origin of higher wind speed and local jet-flows can be identified and be used to design remedial measures such as windscreens or the arrangement of trees and bushes.

The complete result documentation is contained in Appendix C.

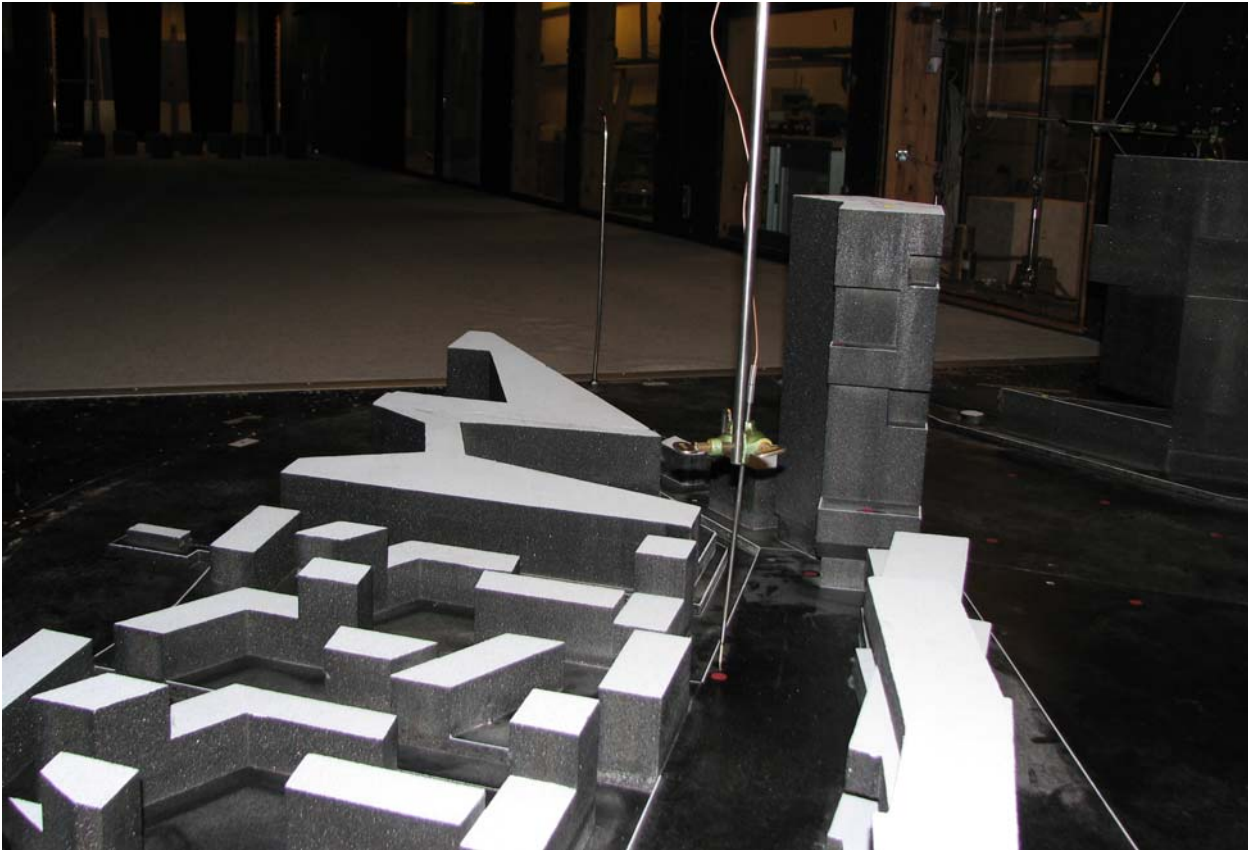
5. References

- /1/ Danish Meteorological Institute, 1999
Observed Wind Speed and Direction in Denmark - with Climatological Standard Normals,
1961-90
Danish Meteorological Institute – Ministry of Transport, Technical Report 99-13, Copenhagen
1999

- /2/ Eurocode 1
Actions on structures-Part 1-4: General Actions- Wind Actions
April 2005

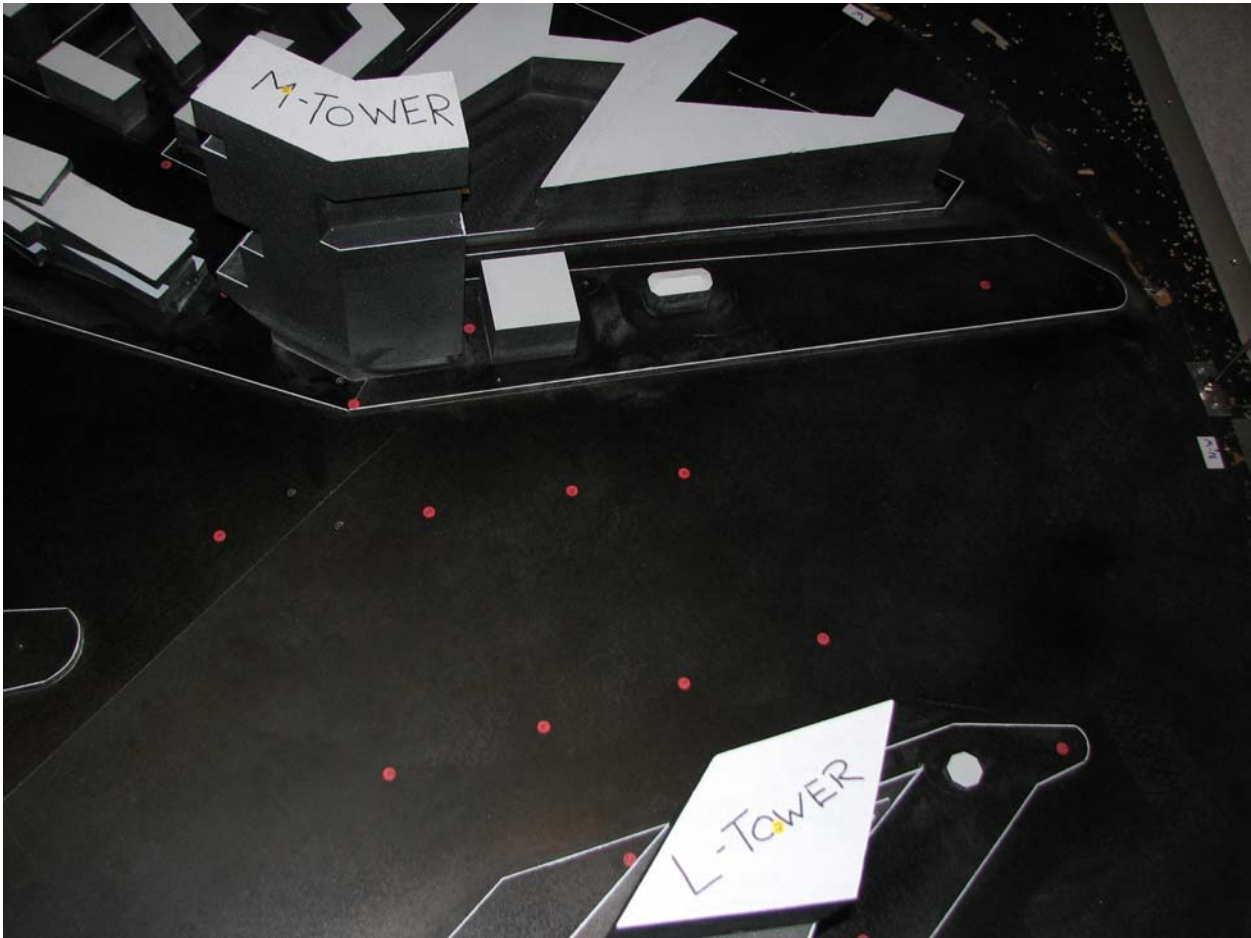
Appendix A

Photos of the model.









Appendix B

The Boundary Layer Wind Tunnel and its Equipment.

The Boundary-Layer Wind Tunnel

The boundary-layer wind tunnel is employed for investigations of the effects of the wind in nature, for example the wind conditions in complex terrain, wind pressures on buildings, wind loads on ships, wind environment in built-up areas and the dispersion of smoke.

Model scales are typically between 1:100 and 1:500 and even smaller for models of landscapes.

The wind tunnel is of the open circuit type and is integrated into a building raised for the purpose. The tunnel consists of an inlet section, a working section and a fan section. The air is sucked through the wind tunnel and returned through the building in which the wind tunnel is situated. The fan is positioned in the downstream end, which means that the static pressure in the working section is below atmospheric pressure.

In the inlet section, the air passes through a honeycomb, two fine-meshed nets and a contraction. Thus, a flow with uniform velocity and very little turbulence can be obtained.

The working section has the following principal dimensions:

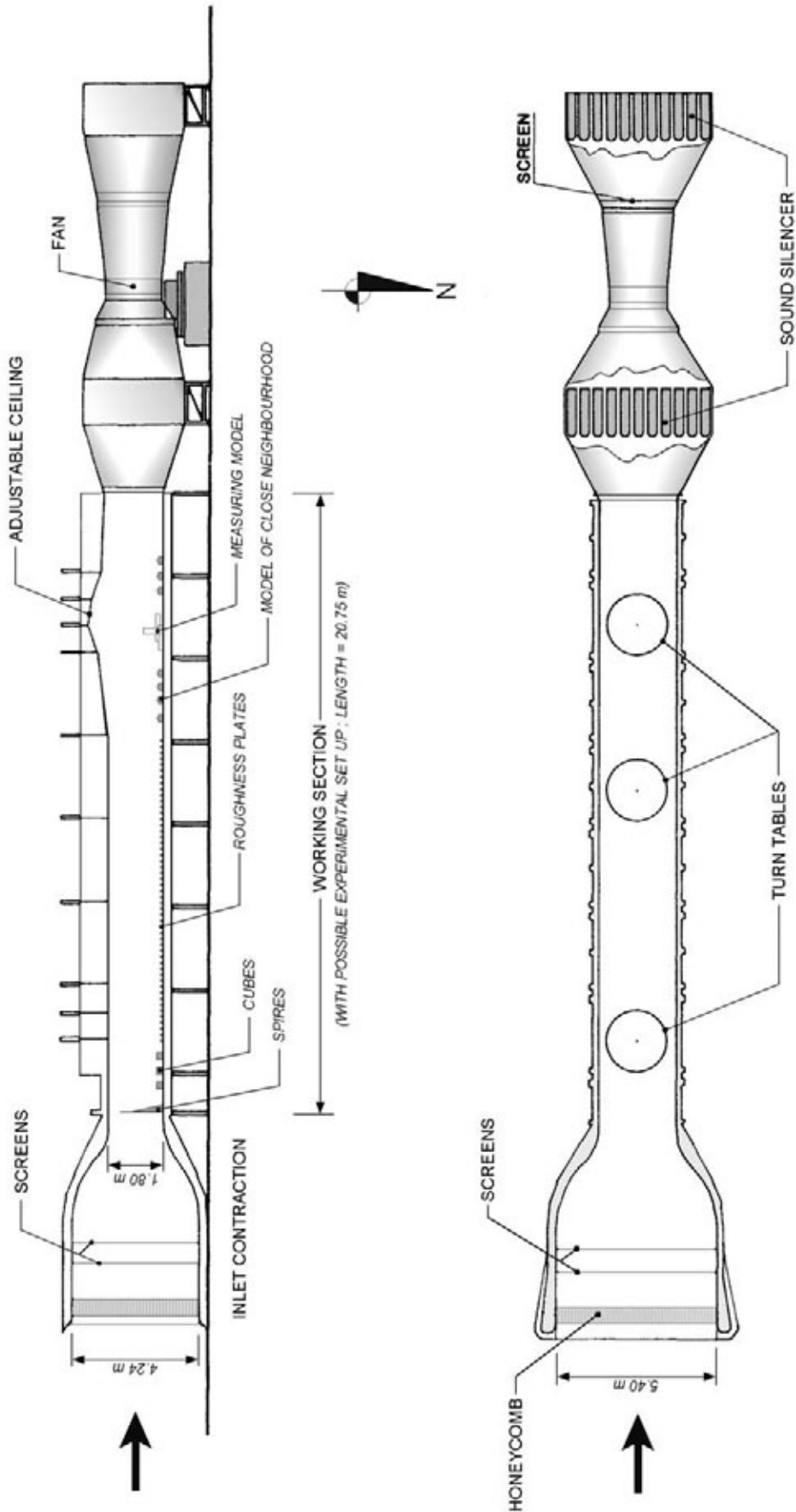
Length	=	20.8 metres
Width	=	2.6 metres
Height	=	1.8 - 2.3 metres (adjustable).

The adjustable height of the ceiling makes it possible to adjust the static pressure along the working section.

The long working section is necessary to build up a natural boundary-layer wind profile. The model is placed on the computer-controlled turntable in the downstream end of the working section. Rotating the turntable simulates different wind directions. The accuracy of the positioning by the computer is within a few tenths of a degree.

The fan section consists of an upstream diffuser with a grid, an upstream sound silencer, a contraction, a fan, two downstream diffusers (the last one with a grid), and a downstream sound silencer.

Temperature differences with height cannot be simulated in the wind tunnel.



Traversing Mechanism

A DANTEC traversing mechanism specially designed for the wind tunnel is used to position the hot-wire probes and the tubes sucking air samples from the Beckman Hydrocarbon Analyser.

The mechanism can move in 3 directions within a test volume of: Longitudinal 3 metres, vertical 1.5 metres and traverse 2.1 metres. The mechanism can be controlled by the computer or manually. The accuracy of the positioning by the computer is within a few tenths of a millimetre.

Hot-Wire Equipment

A DANTEC temperature-compensated hot-wire equipment is used for measuring mean wind velocities and turbulence components.

The resulting mean velocity and turbulence in a plane are measured with a single-wire probe type 55 P 81. Thus, a single-wire probe does not register the wind direction. Therefore, part of the turbulence will be hidden in the resulting mean velocity. Two components of velocity and turbulence are measured with a dual-wire probe type 55 P 61. All hot-wire signals are linearized and sampled by a PC.

Generally, the accuracy of the mean velocity measurements is better than the accuracy of the measured turbulence intensity. The accuracy on the turbulence intensity is best at low intensities. The error is less than 15% for turbulence intensities less than 20%. The run duration for measuring mean values and standard deviation (turbulence) is at least 10 minutes full-scale.

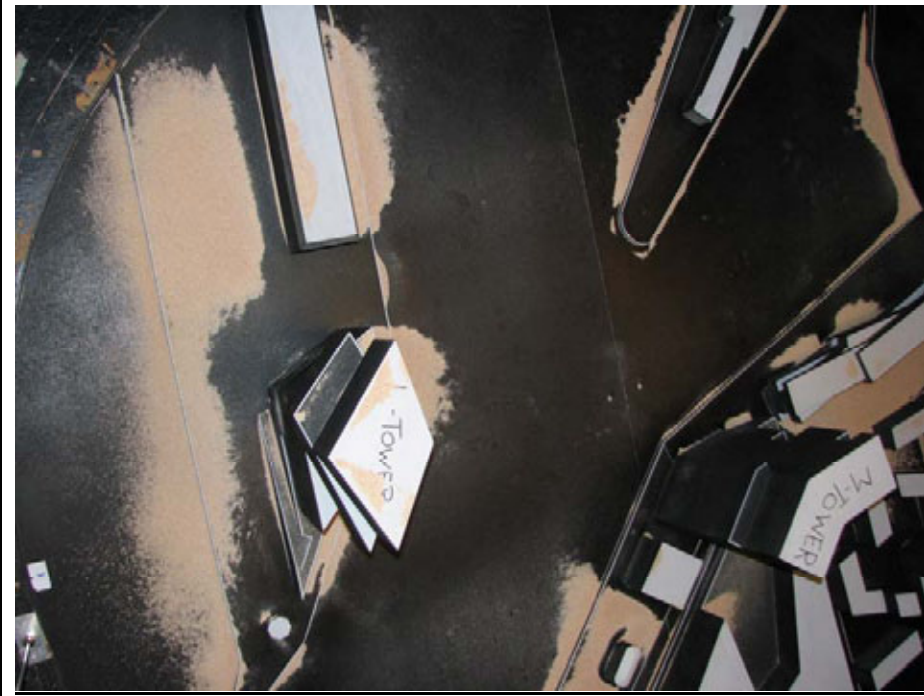
Appendix C

Erosion Tests

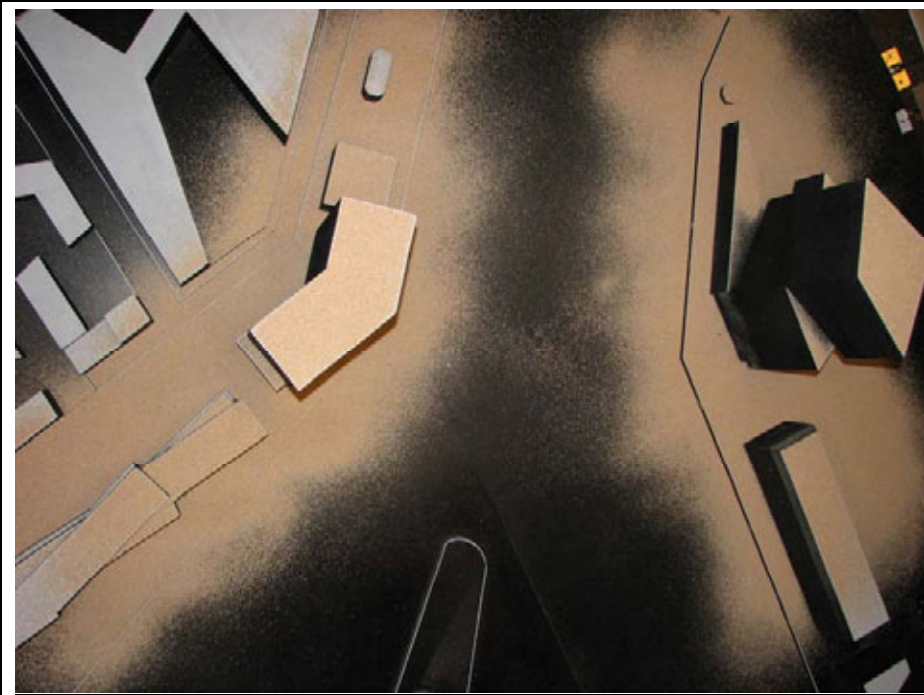
Wind Direction East



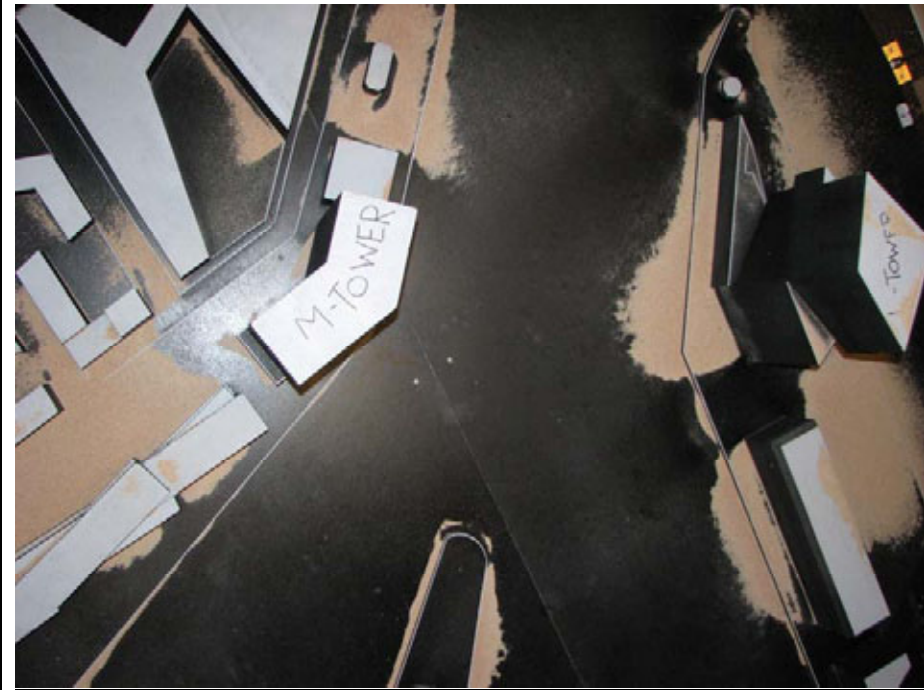
L-Tower
Wind Speed = 0 m/s



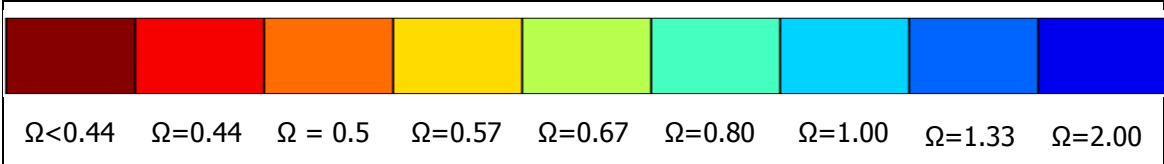
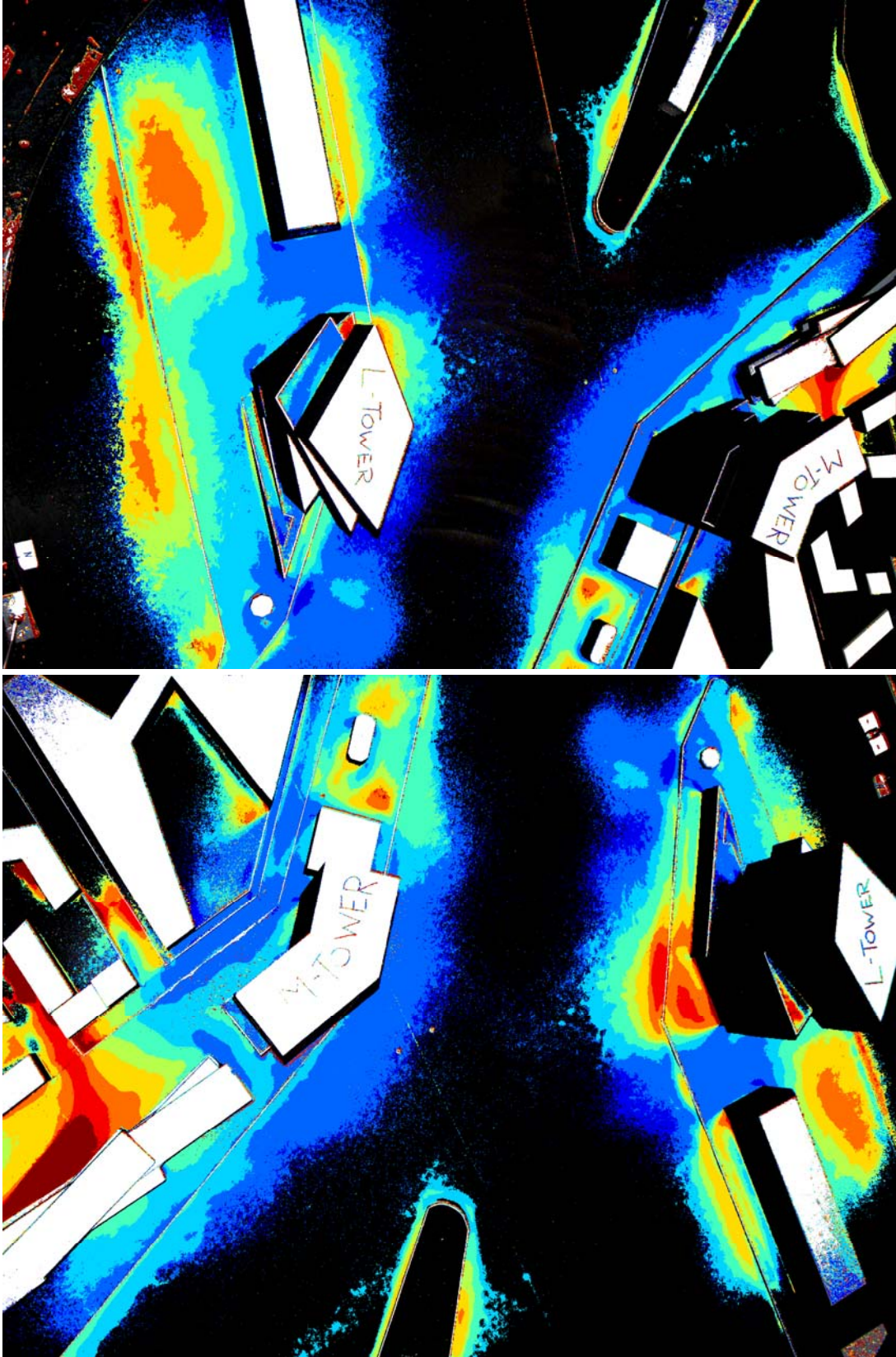
L-Tower
Wind Speed = 6.0 m/s



M-Tower
Wind Speed = 0 m/s



M-Tower
Wind Speed = 6.0 m/s



Wind Direction West



L-Tower
Wind Speed = 0 m/s



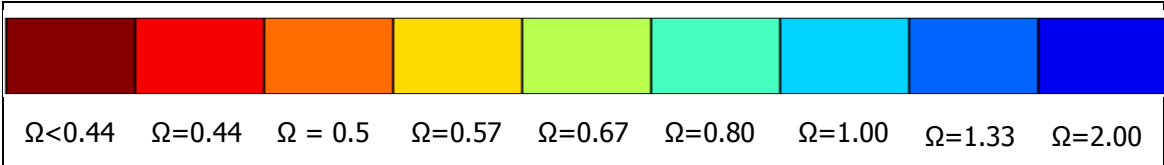
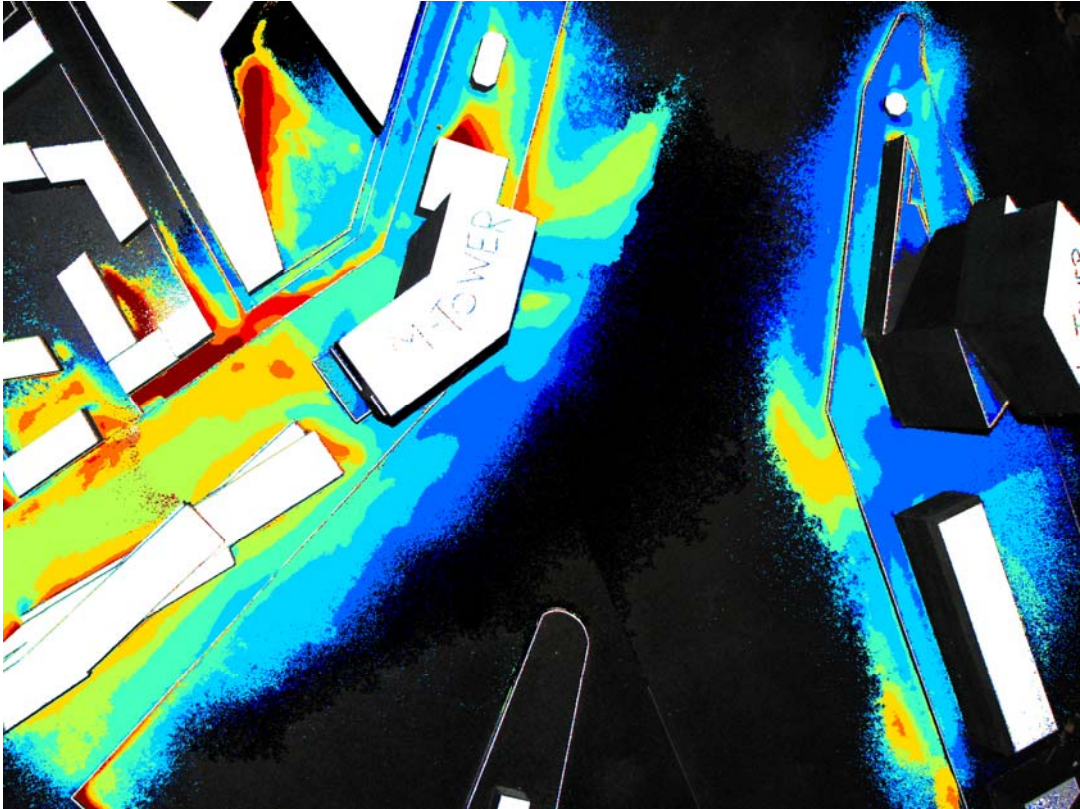
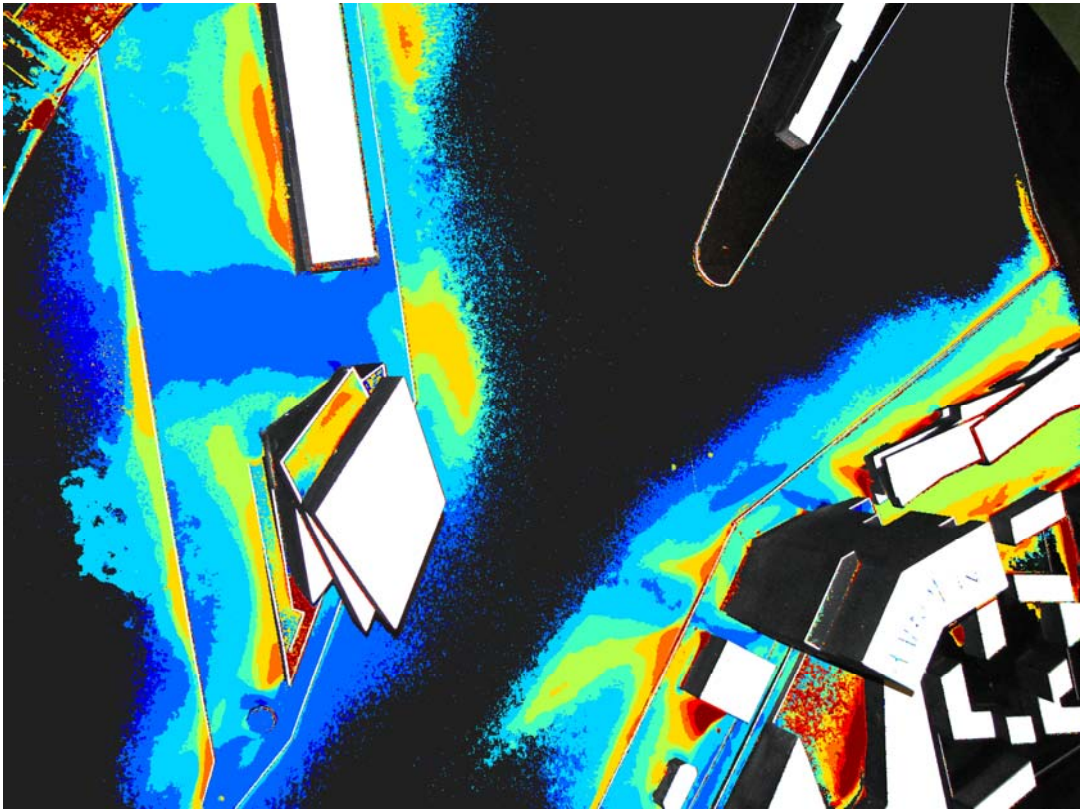
L-Tower
Wind Speed = 9.0 m/s



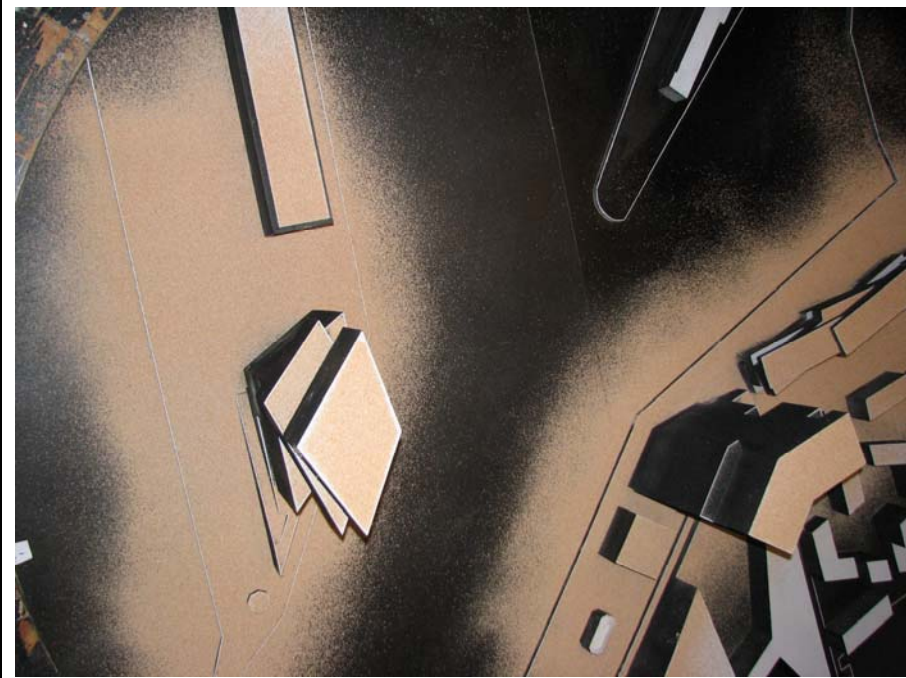
M-Tower
Wind Speed = 0 m/s



M-Tower
Wind Speed = 9.0 m/s



Wind Direction South-West



L-Tower
Wind Speed = 0 m/s



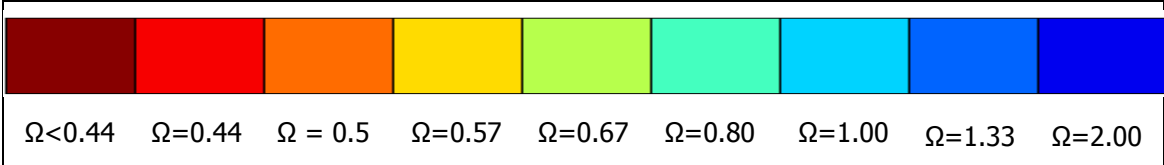
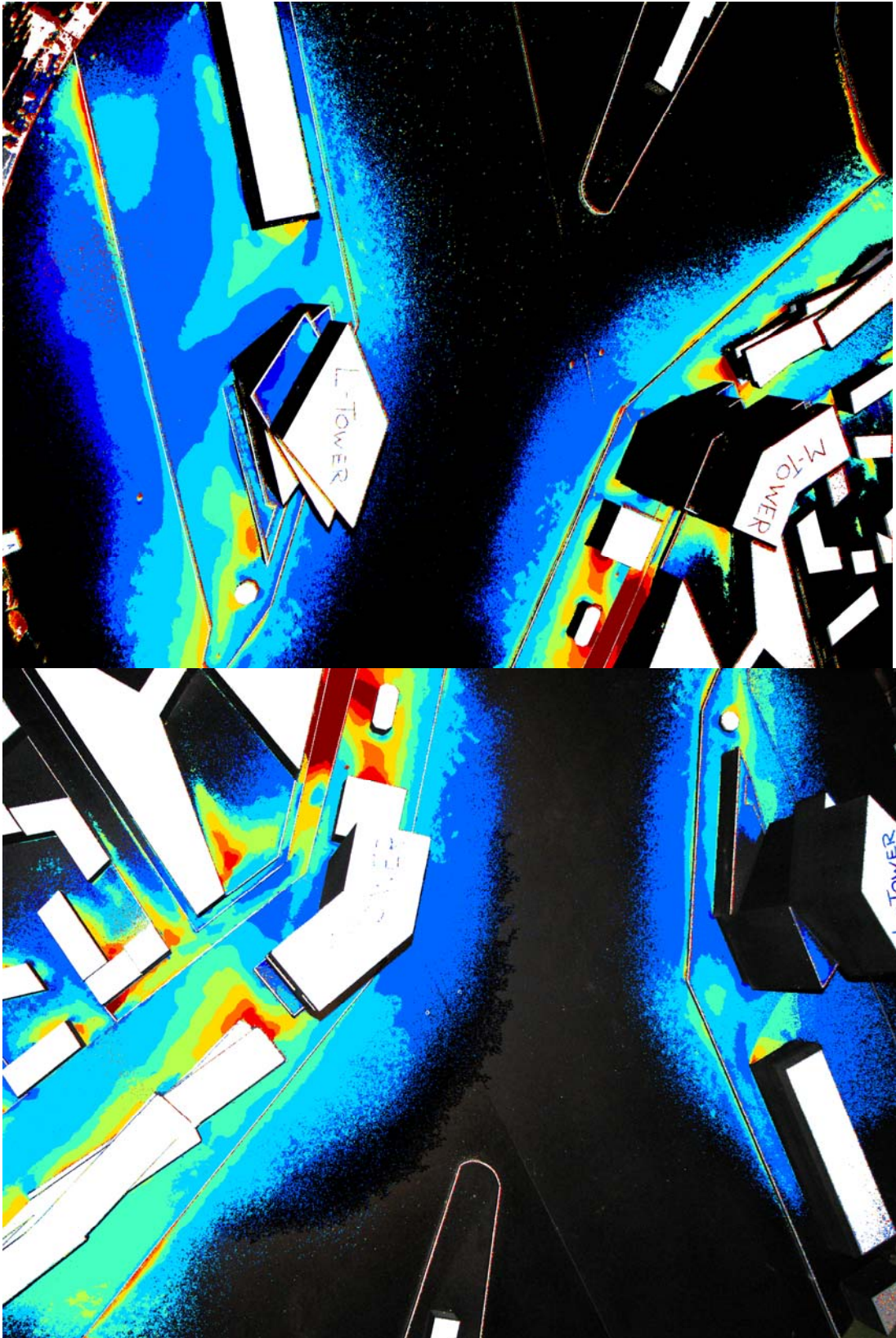
L-Tower
Wind Speed = 4.5 m/s



M-Tower
Wind Speed = 0 m/s



M-Tower
Wind Speed = 4.5 m/s



Appendix D

Desktop Study on the Current Condition.

Introduction

The present desktop study provides an illustrated and commented assessment of the current wind conditions at the area of the Marmormolen in Copenhagen, Denmark. The wind conditions are evaluated applying fluid mechanical background knowledge.

The assessment of the wind comfort is based on annual statistics, i.e. no seasonal effects are taken into account.

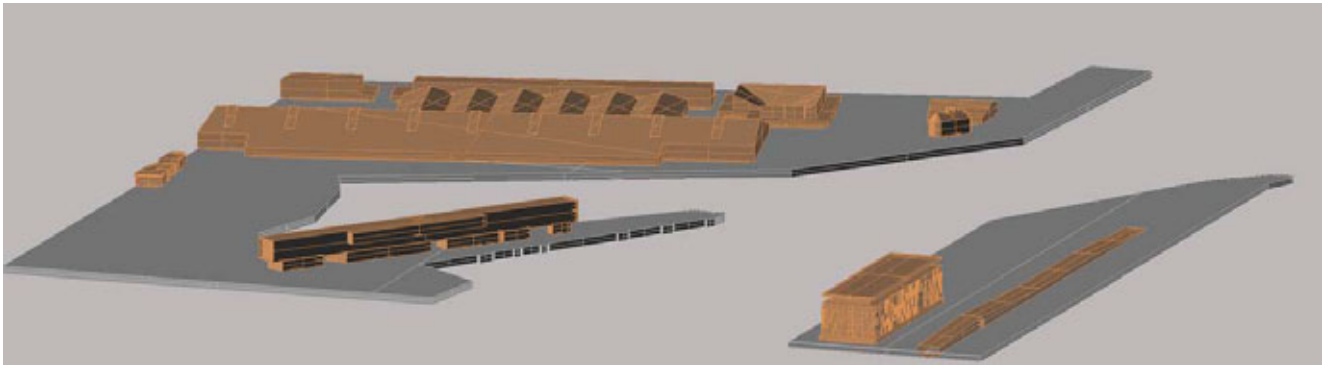


Figure D.1 Current situation at the Marmormolen site.



Figure D.2 Map of the Marmormolen site.

Summary and Conclusions

The present Appendix contains the result of a desktop study of the wind comfort for the current condition at the Marmormolen, Copenhagen. Basis of the study are the drawings provided by the client and meteorological data published by the Danish Meteorological Institute.

The assessment of the wind comfort is limited to ground level and the results are not suitable to be transferred to other location such as balconies or roof areas.

The evaluation is of a qualitative character: the general pattern of the wind flow is estimated and the evaluation of the wind comfort, based on the available information, is indicative. Areas where the wind comfort is assumed to be unpleasant are indicated, but no quantification can be made to what extent the comfort is affected beyond an acceptable limit.

Overall Assessment

The area at the Marmormolen is currently open and exposed to wind. Thus, the existing wind comfort conditions are mainly unpleasant for outdoor activities.

Due to the moderate size of the existing high rise buildings, the downwash and displacement effects are estimated to be noticeable, but below a level of dramatic deterioration of the local wind comfort conditions.

In general, the wind near the building corners at ground level is accelerated and some increase in the wind speed should be expected. Apart from the side vortices, which are areas of high wind speed and low wind comfort, the leeward side of buildings is mainly sheltered from the wind.

The area at the end of Langelinie Allé is currently bare and exposed to the wind. There, the wind comfort is estimated to be suitable only for quick walking. The walk along the sea is to some extent sheltered by the low structure built between Langelinie Allé and Langeliniekaj but the wind comfort conditions on Langelinie Allé are expected to be poorer due to redirection of the wind flow along the street.

The magazines existing on Marmorvej provide a shelter to the leeward area. Thus, the wind comfort conditions are assumed to be satisfying for sitting or standing for a short period of time.

Comparison with the new development

The Marmormolen area is currently open and exposed to wind. The new development includes two tower-like buildings at the end of Langelinie Allé and on the corresponding position on Marmorvej. These structures will provide shelter for the leeward areas but will generate speed-up effects near the buildings corners.

In a simplified view, wind mainly approaches from west to southwest. In those areas showing sheltered wind conditions in the new development, the wind comfort can be considered as improved or "better as today". Analogue, areas showing significant exposure to wind will quite likely decrease in wind comfort quality compared to today. All other areas are expected to be similar to the present situation.

It is important to bear in mind that the comparison can only be indicative since the present situation is evaluated as a desktop study whereas the future situation is investigated based on a detailed wind tunnel study.

Wind Climate

Wind Climate Data

With respect to pedestrian wind comfort the wind climate describes how often and with which velocity wind occurs from different directions at a specific location. The wind directions are normally combined in directional sectors. For each sector a set of parameters describes the statistical properties of the occurring wind speeds. For the desktop study the wind climate data published by the Danish Meteorological Institute /1/ have been used, as reported in section 4 of the report.

All-Year Wind Climate

To assess the current wind comfort conditions at the Marmormolen site, the dominating wind directions throughout a year need to be identified. A graphical presentation of the most frequent wind directions is given in Figure D.3 below. The wind statistic parameters reported in Figure D.2 were derived from the wind statistics recorded at the meteorological observation station of Copenhagen International Airport. The location of interest does not present terrain particularities (such as close valleys or mountains) that can affect the general wind statistic.

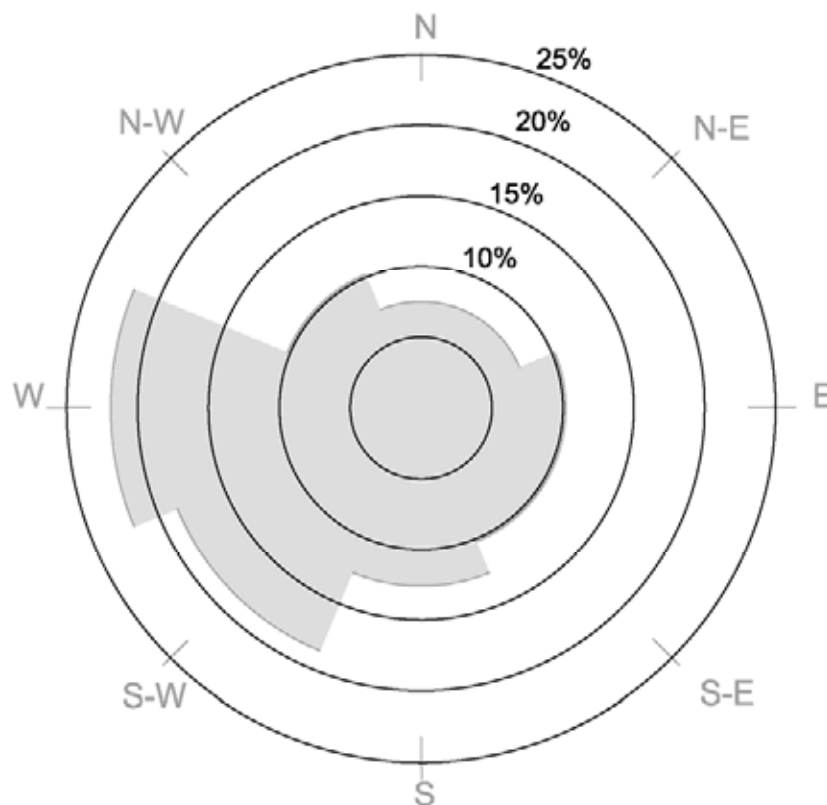


Figure D.3 Annual wind rose for the Copenhagen Airport.

According to Figure D.3, the main wind directions to be considered in the pedestrian wind comfort assessment are West to South, in descending order of dominance. Thus, the desktop study will mainly focus on these wind directions.

Current Wind Conditions

Areas and wind directions of interest

Figure D.4 gives an overview on the area of the Marmormolen. Currently, low-rise buildings of irregular ground plans (A, B, C and D) are located on Marmorvej. The area on Langelinie Allé presents only a five storey building (F) with a rectangular ground plan and a low-rise structure (G) developed along the walk on the sea side. A four storey building is located on the central pier, with a South-West orientation.

Based on the considerations in the preceding section three wind directions have been chosen for wind comfort assessment. "West" (270°), which is for the majority of months the dominating wind direction, especially in summer period, "South-west" (225°) and "South" (180°).

The present evaluation of the wind comfort, based on fluid mechanic theory and experience, points out the expected flow around the buildings and areas with accelerated airflow. Those areas are in general considered to be more exposed to wind and are characterised by a lower wind comfort condition. For each wind direction, a figure illustrates the ground near wind field for the specific wind direction. Furthermore, the description of the airflow around the buildings is illustrated by examples.

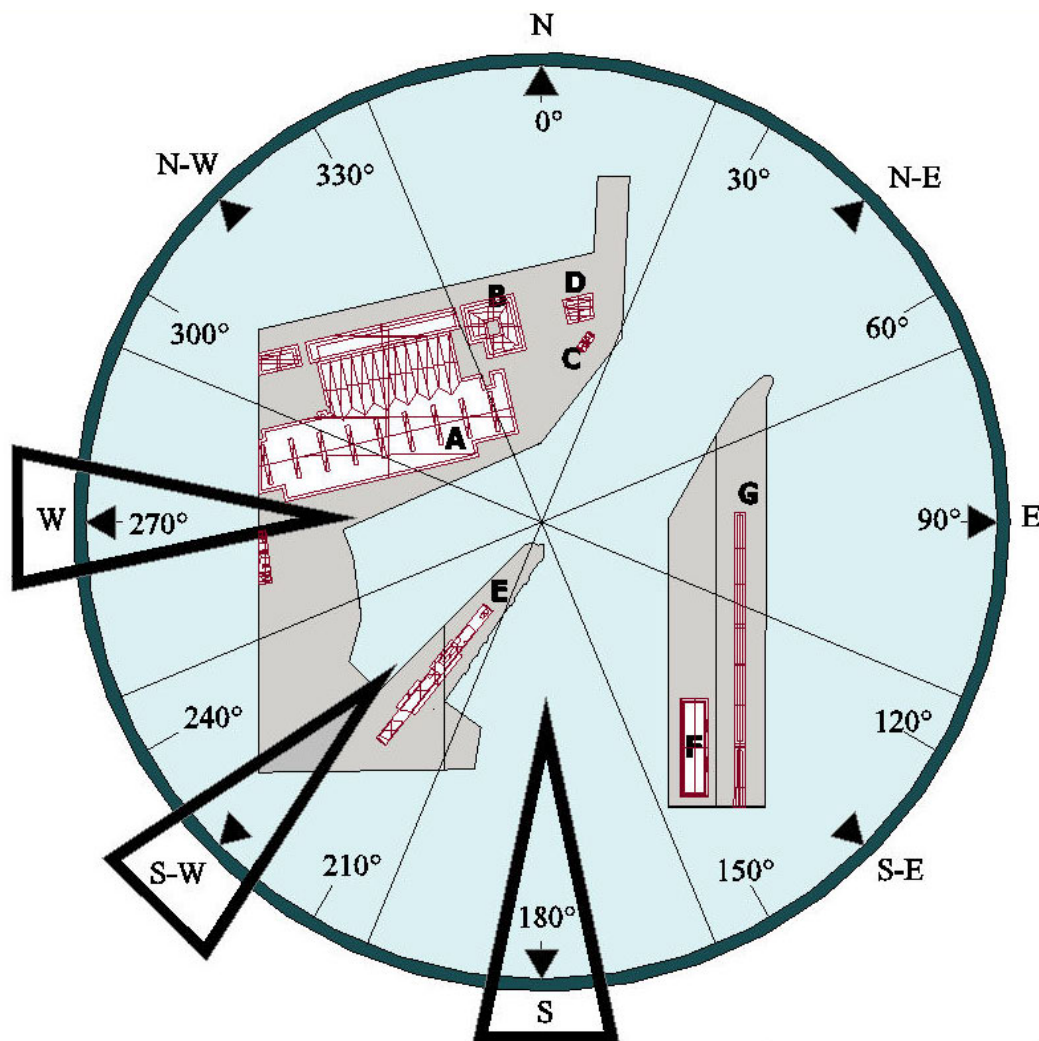


Figure D.4 Area and Wind Directions of interest for the Wind Comfort Assessment.

General Flow around buildings

The ground-near airflow around and between the buildings in the area of interest is assessed based on fundamental building aerodynamics. In the figure below the general flow field and its features around a single building is illustrated.

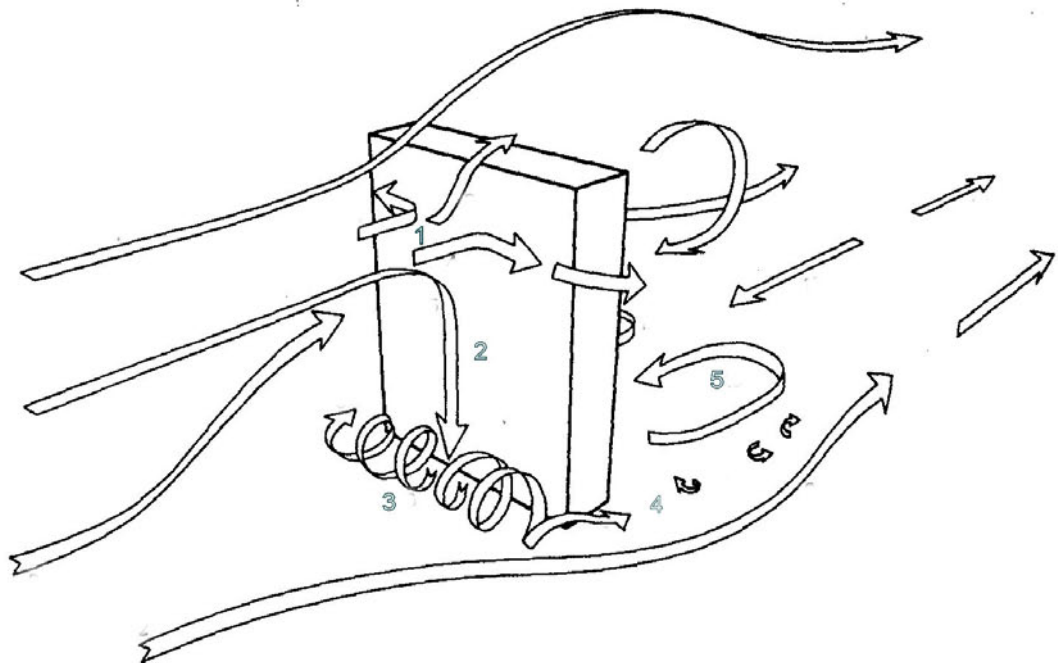


Figure D.5 Airflow around a single building (generic example).

The wind blowing on a building as shown in figure D.5 forms a stagnation point 1 on the windward façade. From there the wind is displaced to all sides of the building. A part of the airflow is moving downwards forming a “downwash” (2), which can in some cases significantly affect the wind comfort at the base of the building. At ground level horseshoe-vortex (3) are generated on the windward surface of the building and the air moves towards the sides and separates here forming an accelerated turbulent flow (4). On the leeward side of the building a wake recirculation (5) is usually observed. Thus, apart from the side vortices (4), which are areas of high wind speeds and low wind comfort the leeward side is mainly sheltered from the wind.

Wind from West

For wind coming from West, the overall wind flow is displaced above building A and B, with local reattachments on the upwind side of building B. The courtyard between buildings A and B is well protected by the surrounding buildings. Due to the small height of these structures, no relevant reverse airflow should occur, but local high wind speeds may be expected near the corners. The blocks downwind are to some degree sheltered, but will still have some speed-up flow around the corners.

Figure D.6 exemplifies the flow pattern for the courtyard between buildings A and B as the airflow for a square surrounded by low rise structures.

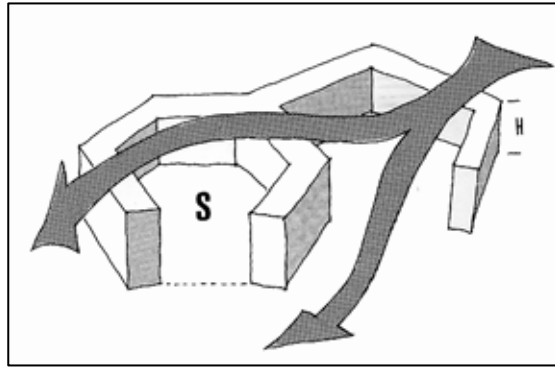


Figure D.6 Wind flow above a square surrounded by buildings (generic example).

As the wind is incident to building E, a vortex will fall over the building and the flow could be redirected into the openings at the base of the building. There, a speed-up flow may generate poor comfort conditions. The airflow characteristics for a building with significant openings underneath is sketched in figure D.7.

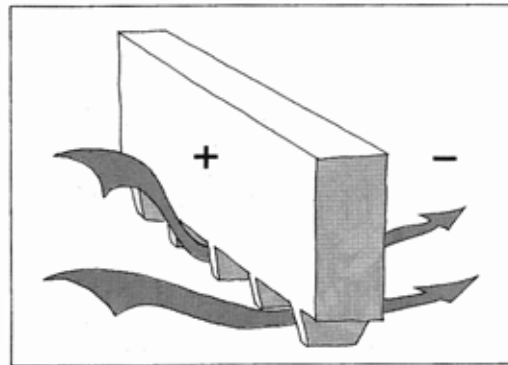


Figure D.7 Flow through openings (generic example).

This wind direction is perpendicular to the long side of the buildings on Langelinie Allé. The airflow on the windward side of building F is to a great extent transported downwards and a significant vortex flow may develop, with speed-up effects around the corners. Before the flow reaches the structure G, a large area with reverse flow occurs (see figure D.8).

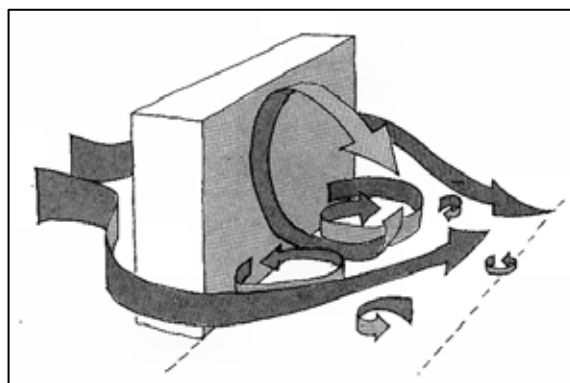


Figure D.8 Flow pattern on the downwind side of a building (generic example).

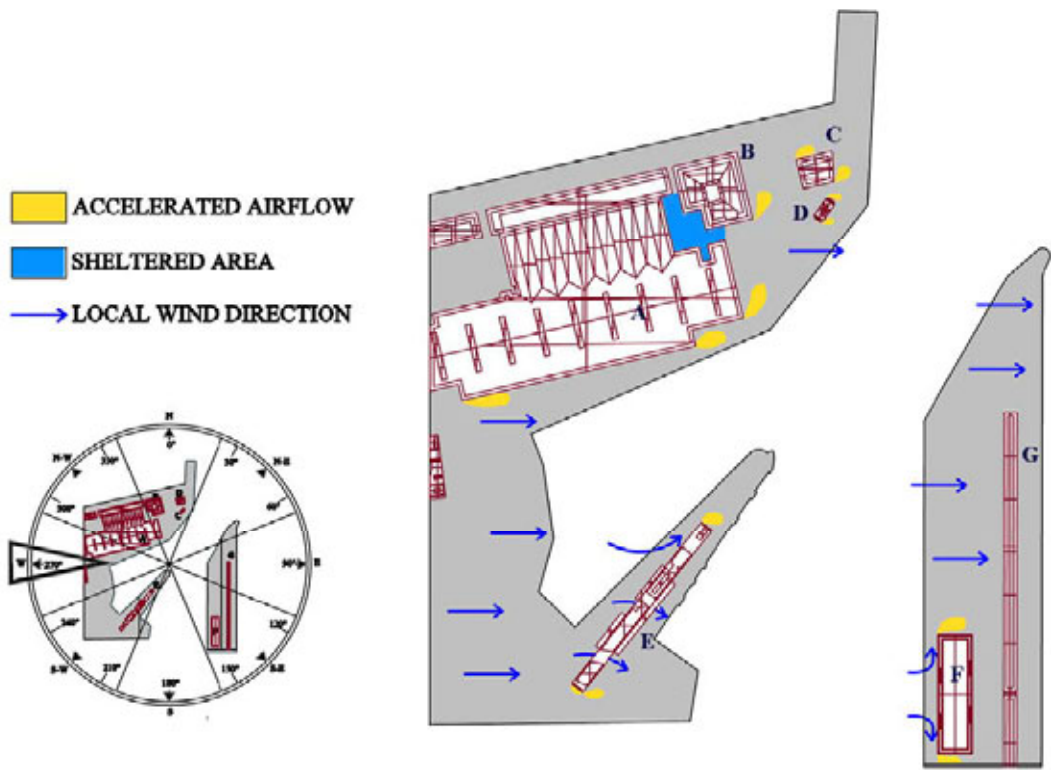


Figure D.9 Ground near wind field for wind coming from West.

Wind from South-East

When the wind is coming from South-East, the building complex on Marmorvej (building A and B) is inclined to the airflow. Nevertheless, due to the small vertical dimension of the buildings, the flow would be mainly transported over the roofs and along the buildings. Generally, the flow will create corner vortexes at the base of the buildings. Largest effect is expected at block A, standing most upwind in the building complex.

Building E is aligned with the flow. Thus, the wind flow would be mainly transported alongside the structure. Only minor areas on the windward and leeward sides of the building will be subjected to reverse airflow. The typical flow pattern for a tall, slender building is reported in figure D.10.

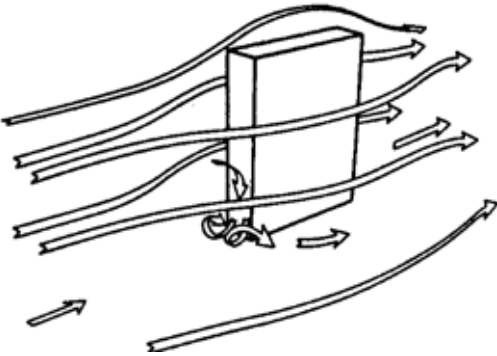


Figure D.10 Airflow pattern around a tall slender building (generic example).

On Langelinie Allé, it is assumed that some wind will “fall over” the upwind building and be redirected downwards the ground level in the area between building F and G.

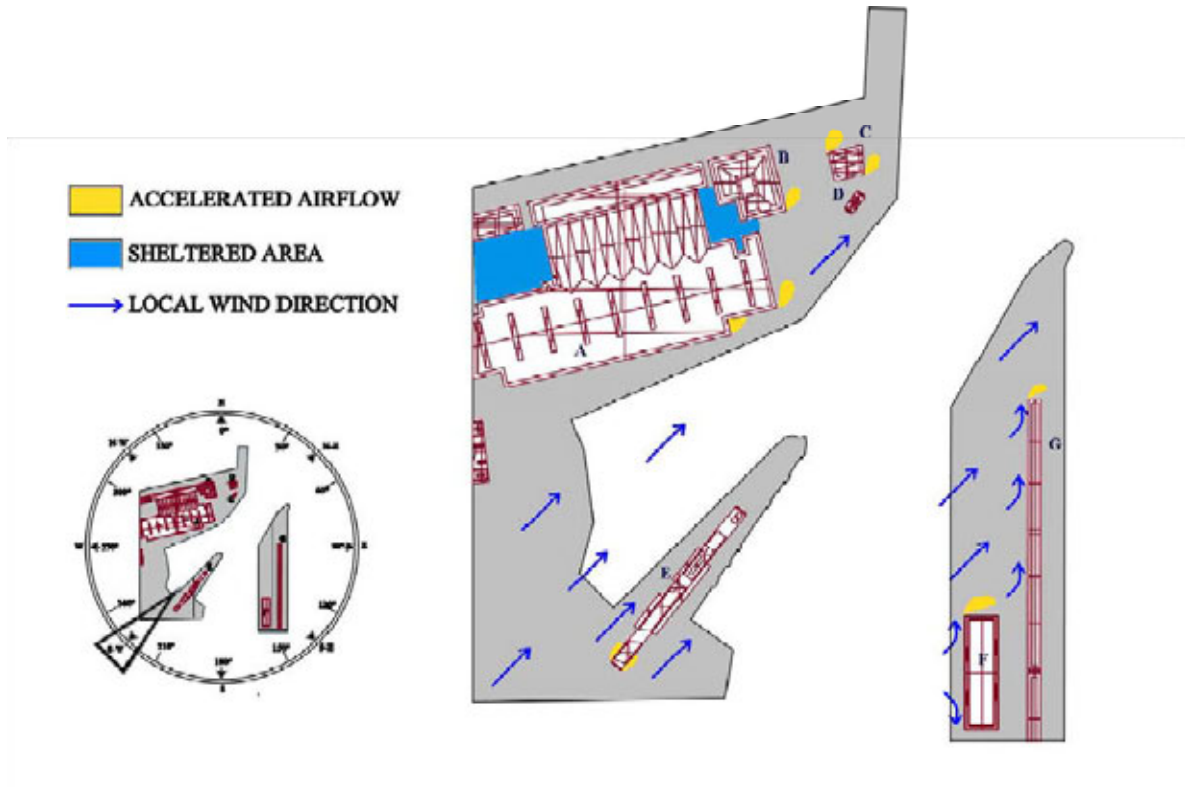


Figure D.11 Ground near wind field for wind coming from South-West.

Wind from South

For the wind direction South, the block A faces the wind with its larger side. However, a significant downwash effect is not expected and it is assumed that the airflow is transported over the building. Some speed-up effects may occur at the corners, but the backyard is well sheltered by the surrounding buildings.

The flow coming from South has an angle of incidence on block E of 45 degrees. Thus, part of the flow will “fall over” the building and generate a recirculation zone on the leeward side, and some wind will be redirected into the openings at the building ground floor.

The wind coming from South approaches the building F on its small side. Consequently, reverse airflow should occur only in small areas. The flow will be redirected along the axis of the area between blocks F and G, causing an unpleasant wind condition.

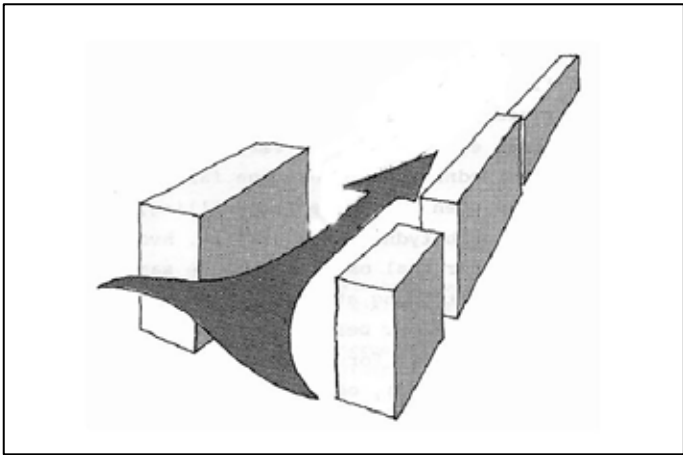


Figure D. 12 Wind Flow along two aligned structures (generic example).

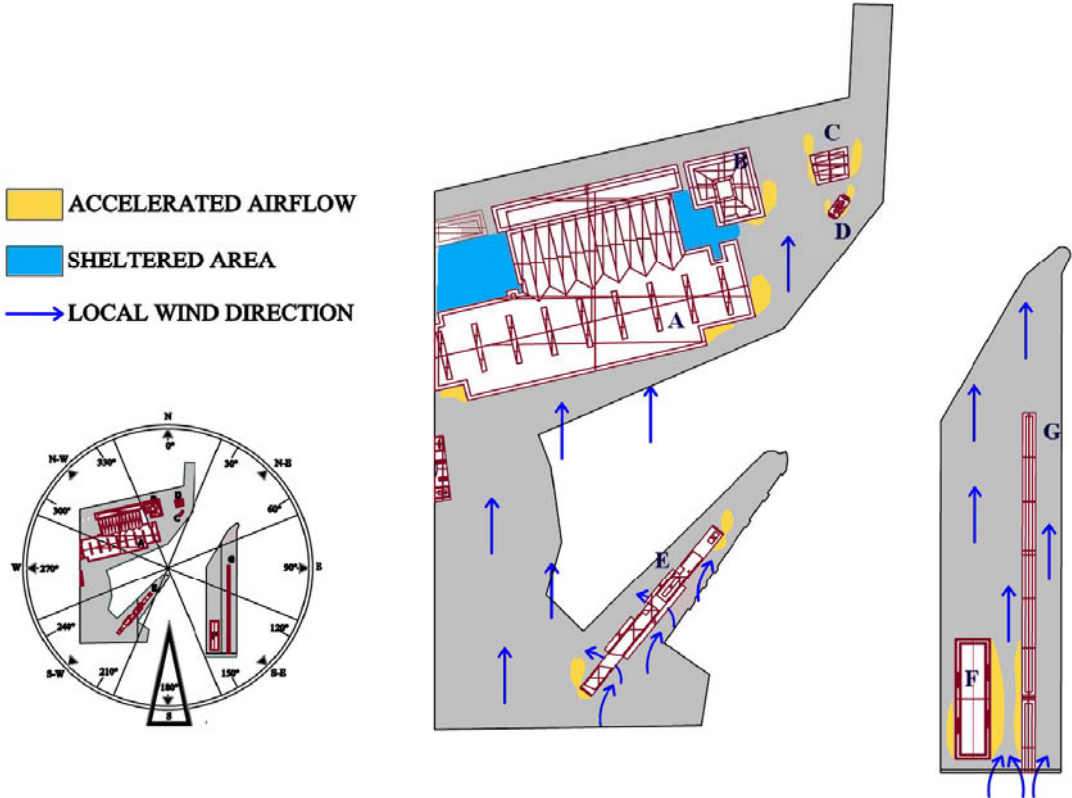


Figure D.11 Ground near wind field for wind coming from South.

Marmormolen P/S

Luftkvalitetsvurdering i anlæg og drift

Marts 2009

COWI A/S

Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Marmormolen P/S

Luftkvalitetsvurdering i anlæg og drift

Marts 2009

Dokumentnr. 70648-A1-01
Version Final 01
Udgivelsesdato 25. marts 2009

Udarbejdet Mette Quaade (mmk)
Kontrolleret Douglas R. Clark (drc)
Godkendt Mette Quaade (mmk)

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	3
2	Resumé	5
2.1	Nuværende forhold	5
2.2	Projektets påvirkning af luftkvaliteten	5
2.3	Afværgeforanstaltninger	7
2.4	Manglende viden	7
3	Metode	8
3.1	Anlægsfasen	8
3.2	Driftsfase	9
4	Eksisterende forhold	10
4.1	Nuværende luftkvalitet	10
4.2	Kort beskrivelse af de miljøfarlige stoffer	11
5	Emissionskrav	13
5.1	Miljøkrav i Københavns Kommune	13
5.2	Emissionskrav til entreprenørmateriel	14
5.3	Emissionskrav til lastbiler	15
6	Anlægsfasens indvirkning på luftforureningen	16
6.1	Emission fra byggepladserne	17
6.2	Emission fra transport af jord, beton/betonelementer, affald mv.	18
6.3	Diffus støvemission	19
6.4	Indirekte emissioner	20
6.5	Emission af CO ₂ fra fremstilling af materialer	20
7	Driftsfasens indvirkning på luftforureningen	22
7.1	Emissioner som følge af et energiforbrug ved drift af bygninger	22

7.2	Emission fra forventet mertrafik	23
7.3	Øvrige afkast	23
8	Opsummering	25
9	Mulige afværgeforanstaltninger i anlægsfasen	27
10	Mulige afværgeforanstaltninger i driftsfasen	29
11	Overvågning	31
12	Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne	32
13	Referencer	33

1 Indledning

Som et led i VVM af byudviklingsprojekt på Marmormolen i Københavns Nordhavn er COWI blevet bedt om at vurdere projektets virkninger på luftkvaliteten lokalt, regionalt og globalt i anlæg og drift.

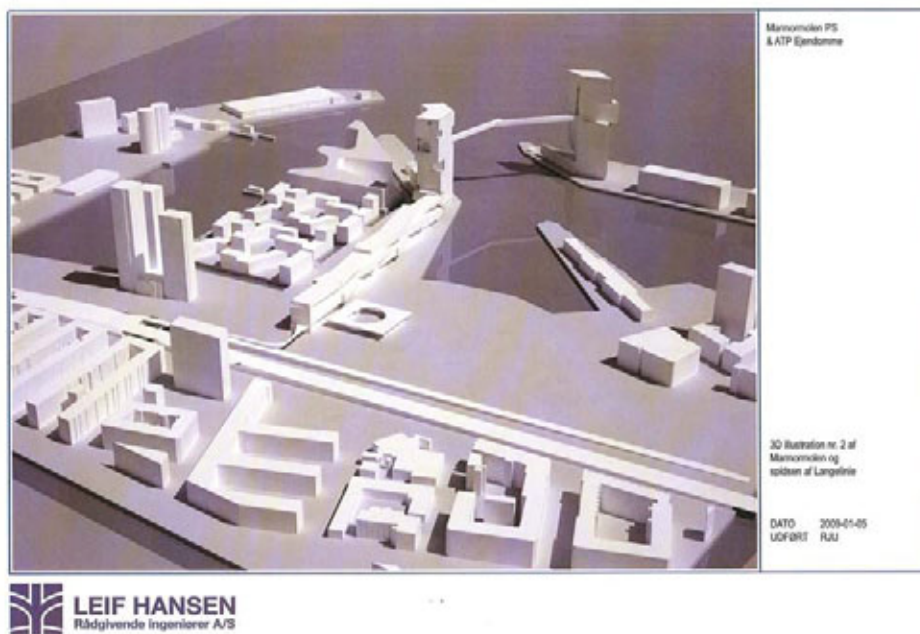
Den globale virkning skal ses i lyset af et energiforbrug samt forbrug af fossile brændstoffer, som giver anledning til udledning af kuldioxid og dermed påvirkning af det globale klima.

Der vil i dette notat redegøres for de væsentligste kilder til luftforurening samt deres emissioner af en række stoffer.

Kilder til påvirkning af luftkvaliteten i anlægsfasen er blandt andet emission fra entreprenørmaskiner, emission fra lastbiler til transport af materialer, opgravet jord mv. samt diffus støvemission fra jordarbejde og oplag.

I driftsfasen vil nye/ændrede kilder, som påvirker luftkvaliteten i forhold til basis, være indirekte emission som følge af et øget energiforbrug til drift af bygninger, øget emission som følge af projektets generering af mertrafik i området, emission fra nye afkast fra restauranter, parkeringshuse etc.

Projektet på Marmormolen omfatter nedrivning af eksisterende bygninger på arealet, fjernelse af togspor, arealudvidelse af molen, etablering af kanaler samt opførelse af en række bygninger, hvilket fremgår af Figur 1.



Figur 1: Illustration af projektet på Marmormøllen

2 Resumé

2.1 Nuværende forhold

København har et relativt høje baggrundsniveauer af NO_x og PM₁₀ samt tilfælde af overskridelser af EU's grænseværdier på enkelte trafikerede strækninger. Det betyder, at man ved anlæg af nye projekter dels i anlægsfasen og dels i driftsfasen skal sikre, at det ikke sker i konflikt med EU's grænseværdier for luftkvalitet.

Emissionerne fra anlægsfasen vil være reguleret af dels emissionskrav til lastbiler og entreprenørmateriel dels via miljøzonekrav til lastbiler samt kommunale krav til diffus støv fra anlægsarbejder.

Emissioner fra driftsfasen vil være reguleret af krav fra bygningsreglementet samt af luftvejledningen.

2.2 Projektets påvirkning af luftkvaliteten

Projektet vil betyde en påvirkning dels af den lokale luftkvalitet i den umiddelbare nærhed af byggepladsen dels regionalt og globalt. Den globale påvirkning skal ses i sammenhæng med et energiforbrug og dermed en udledning af CO₂.

Påvirkningen er vurderet på basis af emissionsopgørelser i anlægsfasen og driftsfasen. De er forbundet med en vis usikkerhed, da de anvendte forudsætninger er tilvejebragt på et tidspunkt, hvor projektet endnu ikke er endeligt fastlagt. Ændring i valg af entreprenørmaskiner, deres driftstid, transportlængder og mængder vil have afgørende indvirkning på emissionsopgørelserne.

Ikke desto mindre vurderes opgørelserne at give en god indikation af niveauet samt af de væsentligste kilder.

2.2.1 Påvirkning i anlægsfasen

Anlægsfasen giver anledning til emission fra en lang række kilder:

- Transport med lastbil af materialer til byggepladserne

- Transport med lastbil af jord, affald mv. fra byggepladsen
- Arbejde med gravemaskiner og andet entreprenørmateriel på byggepladsen
- Tomgangskørsel med lastbiler på byggepladserne
- Diffus emission af støv ved arbejde og kørsel på byggepladsen
- Indirekte emission som følge af energiforbrug
- Indirekte emission som følge af materialeforbrug.

Projektet vurderes ikke at give anledning til en væsentlig og dermed generende merkonzentration af NO_x og partikler i de omkringliggende boligområder. Det skyldes dels distancen og dels de gode spredningsforhold i området.

Den diffuse støv fra anlægsarbejdet vurderes at udgøre den potentielt største gene for området. Men i kraft af at den kan reduceres væsentligt ved hjælp af afværgeforanstaltninger, bør det ikke blive et problem – hverken miljø- eller arbejdsmiljømæssigt. Yderligere er det i henhold til Københavns Kommunes regulativer påbudt at anvende arbejdsmetoder og afværgeforanstaltninger, således at støv reduceres mest muligt.

Det største CO₂-bidrag fra anlægsfasen vurderes at komme fra fremstilling af materialer. For at reducere bidraget mest muligt, vil det derfor være hensigtsmæssigt at indarbejde krav til miljørigtig projektering i udbudskrav.

2.2.2 Påvirkning i driftsfasen

I driftsfasen vil emissioner, der bidrager til luftforurening, komme fra følgende kilder:

- Mertrafik i området
- Diverse afkast fra parkeringshuse, restauranter mv.
- Energiforbrug til drift af bygningerne.

Det er vurderet af Rambøll, at projektet giver anledning til en mertrafik på 0,1 procent i regionen, og projektet vurderes derfor ikke at give anledning til nogen mærkbar merkonzentration af NO_x og partikler.

Med hensyn til CO₂ er den største kilde til emission i driftsfasen energiforbrug i bygningerne, det vil sige el og varme. For at reducere bidraget mest muligt vil det derfor være hensigtsmæssigt at indarbejde krav til lavenergibygge-ri/energirigtig projektering i udbudskrav.

2.3 Afværgeforanstaltninger

Der findes en lang række mulige afværgeforanstaltninger til at reducere projektets indflydelse på luftkvaliteten både lokalt, regionalt og globalt. Det vurderes derfor at være muligt at kunne reducere projektets påvirkninger væsentligt.

2.4 Manglende viden

Opgørelsen af emissioner fra anlægs- og driftsfasen er forbundet med stor usikkerhed, da de anvendte forudsætninger er tilvejebragt på et tidspunkt, hvor projektet endnu ikke er endeligt fastlagt. Ændring i valg af entreprenørmaskiner, deres driftstid, transportlængder, valg af materiale samt mængder og nøgletal for energiforbrug har således afgørende indvirkning på emissionsopgørelserne.

3 Metode

I denne redegørelse for luftkvaliteten er der valgt at fokusere på beregning af de samlede emissioner fra de enkelte anlægsarbejder og fra driften. På den baggrund er der opstillet mulige afværgeforanstaltninger.

Da der endnu kun foreligger meget sparsomme oplysninger om projektet, vil der være tale om overslagsberegninger, som giver en indikation af emissionernes størrelse, samt hvor de væsentlige bidrag kan findes.

Spredningsberegninger er fravalgt, da de dels tidsmæssigt er meget krævende og dels vurderes ikke at kunne bidrage til en yderligere forståelse af luftforureningens omfang og betydning.

3.1 Anlægsfasen

Emissioner, der vil give bidrag til luftforurening i anlægsfasen, vil primært komme fra følgende kilder:

- Transport med lastbil af materialer til byggepladserne
- Transport med lastbil af jord, affald mv. fra byggepladsen
- Arbejde med gravemaskiner og andet entreprenørmateriel på byggepladsen
- Tomgangskørsel med lastbiler på byggepladserne
- Diffus emission af støv ved arbejde og kørsel på byggepladsen
- Indirekte emission som følge af energiforbrug
- Indirekte emission som følge af materialeforbrug.

Med hensyn til diffus emission og emissioner fra entreprenørmaskiner og lastbiler vil der fokuseres på de stoffer, som har den væsentligste indflydelse på den lokale luftforurening, og det drejer sig om NO_x og PM₁₀.

I supplement hertil vil der for alle kilder blive opgjort et CO₂-bidrag, hvilket primært vil have indflydelse på det globale klima.

Emissionstal for entreprenørmateriel er fastlagt på basis af nøgletal hentet i CORINAIR, Emission Inventory handbook, 2007.

Emissioner fra transport af jord, beton, betonelementer, affald mv. med lastbil er baseret på baggrundsrapport om trafik, støj og emissioner, version 2, fra Rambøll.

Den diffuse støvemission fra anlægsarbejdet er beregnet på basis af amerikanske erfaringstal hentet fra US EPA, AP-42, afsnit 13.2.3.

Nøgletal for emissionsfaktorer ved produktion af 1 kWh elektricitet er baseret på nøgletal fra 2008 for kraftværker øst for Storebælt (Energinet.dk).

Nøgletal for emission forbundet med fremstilling af materialer er hentet i Håndbog for miljørigtig projektering. CO₂-udledning fra fremstilling af beton vil blive medtaget.

3.2 Driftsfase

I driftsfasen vil emissioner, der bidrager til luftforurening, komme fra følgende kilder:

- Trafik til området
- Diverse afkast fra parkeringshuse, restauranter mv.
- Energiforbrug til drift af bygningerne.

Der vil igen for driftsfasen fokuseres på de væsentlige parametre, hvilket for energiforbrug er de samme som for anlægsfasen. Med hensyn til ændring i emission fra vejnettet fremgår de af baggrundsrapport om trafik, støj og emissioner, version 2, fra Rambøll.

Hvor det er muligt, er emissionerne kvantificeret.

CO₂-udledning fra bygninger som følge af el- og varmekonsum baseres på Energidataindsatsens nøgletal fra www.ele.femsek.dk.

4 Eksisterende forhold

4.1 Nuværende luftkvalitet

Luftkvaliteten i København overvåges af DMU ved hjælp af løbende målinger på tre målestationer beliggende på to meget trafikerede strækninger og en tagstation i indre by. Der er ingen kontinuerte målestationer placeret i havneområdet eller i nærheden af Marmormolen, hvorfor baggrunds niveauet kun kan estimeres på baggrund af øvrige målinger.

De tre målestationer omfatter to gadestationer samt en tagstation. Tagstationen samt en af gadestationerne ligger omkring Jagtvej/Tagensvej, og den anden gadestation er placeret i det indre København nær Rådhuspladsen.

Ved gadestationen (nr. 1257) på Jagtvej sker døgnmålinger af PM₁₀ og grundstoffer (inkl. tungmetaller) på filtre, samt halvtimes målinger af NO, NO₂, O₃, CO, PM₁₀, Benzene og Toluene.

Ved tagstationen (nr. 1259) H. C. Ørsted Institutet sker døgnmålinger af PM₁₀ og grundstoffer (inkl. tungmetaller) på filtre samt halvtimes målinger af NO, NO₂, O₃, CO, PM₁₀ og meteorologiske parametre.

Tagstationen er placeret på et fladt tag af en syv etagers bygning, der huser institutter og laboratorier tilhørende det naturvidenskabelige fakultet på Københavns Universitet. Koncentrationerne målt ved tagstationen betragtes som repræsentativ for det generelle bybaggrunds niveau på afstand fra direkte kilder.

Ved Gadestationen (nr. 1103) på H.C. Andersens Boulevard sker døgnmålinger af TSP og grundstoffer (inkl. tungmetaller) samt halvtimes målinger af NO, NO₂, O₃, CO, SO₂, PM₁₀ and PM_{2.5}

Nedenfor er gengivet et uddrag af resultaterne fra målestationerne for 2007, baseret på tal fra DMU, DMU årsopgørelse fra 2008¹.

Tabel 4-1: Nitrogendioxide (NO₂) i 2007, time middelværdier.

¹ NERI Technical Report Nr. 681, 2008. The Danish air quality monitoring programme.

Målestation/enhed: µg/m ³	Antal	Gennemsnit	19. højeste timeværdi
Gadestation Jagtvej	8230	41	139
Gadestation H.C. Andersens Boule- vard	8125	52	158
Tagstation HC Ør- stedsinstituttet	8421	19	74
Grænseværdi**		40	200

Tabel 4-2: Årlig statistik for PM₁₀ i 2007, døgnmiddelværdier.

Målestation/enhed: µg/m ³	Antal	Gennemsnit	36. højeste døgnværdi
Gadestation Jagtvej	325	30	47
Gadestation H.C. Andersens Boule- vard	292	38	58
Tagstation HC Ør- stedsinstituttet	341	24	39
Grænseværdi**		40	50

** I henhold til BEK 137 af 10. februar 2007 om mål og grænseværdier for luftens indhold af visse forurenende stoffer.

De væsentligste konklusioner fra overvågningsprogrammet i 2007 med relevans for Marmormole projektet er, at København i dag har en række stærkt trafikerede gadestrækninger, hvor EU's grænseværdier ikke overholdes, både hvad angår partikler, og hvad angår NO₂. Det skal således sikres, at det nye projekt ikke vil medføre uacceptable forhold omkring Marmormolen. Bybaggrunds-niveauet fra tagstationen indikerer, at baggrunds-niveauer i havneområdet (ikke i nærheden af afkast fra maskiner eller skibe) overholder grænseværdierne.

Baggrunds-niveauet specielt for partikler er relativt højt og udgør en væsentlig kilde til luftforurening. I kombination med megen trafik og/eller lokaliteter med dårlig spredning vil der være mulighed for overskridelse af gældende grænseværdier.

4.2 Kort beskrivelse af de miljøfarlige stoffer

NO_x

Kvælstofoxider NO_x består af Kvælstofdioxid (NO₂) og kvælstofoxid (NO) og dannes ved forbrænding i motorer samt ved forbrænding af fossile brændstoffer ved elproduktion. Emission af disse to gasarter lægges sammen som kvælstofoxider (NO_x), kun NO₂ er sundhedsskadelig. NO₂ og NO indgår i fotokemiske reaktioner i luften sammen med ozon (O₃) og flygtige organiske forbindelser (HC). Effekten af NO_x er af både lokal og regional art.

NO₂ er luftvejsirriterende og kan nedsætte lungefunktionen og menneskers modstandskraft mod infektioner i lungerne. NO₂ er især et problem for folk med luftvejssygdomme, f.eks. astma og kronisk bronkitis samt for børn og ældre.

NO_x-udledningen er derudover medvirkende til sur nedbør, der kan påvirke vegetationen og sårbare vandmiljøer

PM₁₀ / PM_{2,5}

PM₁₀ er partikler, der er mindre end 10 mikrometer i diameter. PM₁₀ kommer fra forbrænding og fra støvende mekaniske processer. Langtransport af PM₁₀ fra de øvrige europæiske lande er en væsentlig kilde i Danmark, og baggrunds-koncentrationerne er derfor næsten lige så høje ude på landet, som de er inde i byen. Spidskoncentrationer af PM₁₀ stammer dog mest fra lokale kilder.

Luftforurening med partikler har længe været kendt som sundhedsskadeligt og er primært årsag til både luftvejssygdomme og hjertekarsygdomme. I de senere år er opmærksomheden blevet rettet mod størrelsesfordelingen af luftforureningspartikler som betydende for sundhedseffekterne. Meget tyder på, at specielt de ultrafine partikler (PM_{2,5}) udgør et alvorligt sundhedsmæssigt problem.

Øvrige stoffer

Ved forbrænding dannes andre luftforurenende stoffer, som i dag ikke længere udgør et væsentligt miljøproblem i København:

- Svovldioxid (SO₂) dannes ved forbrænding af svovlholdigt brændstof. Svovlindholdet i brændstof til køretøjer er reduceret væsentlig de sidste år, og SO₂-koncentrationerne i København er meget lave og betragtes ikke længere som et problem. I dag stammer langt den største del af SO₂-emissioner fra afbrænding af svovlholdigt kul og olie på kraftværkerne. Problemet er således mest af regional art, idet SO₂ på samme måde som NO_x forårsager forsurening.
- Kulilte (CO) kommer hovedsagelig fra køretøjer. CO-niveauer forventes at falde med faktor 4 fra 1995 til 2010 på grund af forbedring af bilparken og brændstof (Jensen, S.S. et al, 2000). Det nuværende niveau, som fremgår af ovenstående tabeller, ligger langt under grænseværdien for CO.
- Benzen måles kun på Jagtvej i København. Der er indført reduktioner i benzenindholdet i benzin de seneste år. Dette bidrager til lavere koncentrationer i luften. Benzen-niveauet forventes at falde med en faktor 10 fra 1995 til 2010 på grund af forbedring af bilparken og brændstof (Jensen, S.S. et al, 2000).
- Ozon dannes i atmosfæren gennem fotokemisk reaktion mellem kvælstofoxider og organiske forbindelser. Den største del af den ozon som måles i Danmark, kommer fra kilder uden for Danmark. I gaderummet reduceres ozon på grund af reaktion med NO fra trafikken til dannelse af NO₂. De største ozonkoncentrationer findes således på landet om sommeren.

5 Emissionskrav

5.1 Miljøkrav i Københavns Kommune

5.1.1 Miljøzone

Københavns Kommune vil fra den 1. september 2008 indføre miljøzone inden for Ring 2 og Vejlands Allé.

Det betyder, at alle dieseldrevne køretøjer (ikke entreprenørmaskiner, der ikke er indregistrerede) over 3,5 ton, der kører inden for miljøzonen, som minimum skal opfylde Euronorm 3 eller have monteret partikelfilter.

Dette krav skærpes fra 1. juli 2010, således at dieseldrevne køretøjer skal opfylde Euronorm IV eller have monteret partikelfilter.

Det er kommunernes forventning, at miljøzonen vil reducere trafikens bidrag til forurening med de ultrafine partikler med 20 procent i 2010.

5.1.2 Øvrige miljøkrav

Københavns Kommune har forskrifter vedrørende udførsel af bygge- og anlægsarbejder i kommunen (Københavns Kommune 2006).

Med relevans for luftkvaliteten i forbindelse med anlægsarbejdet foreskriver Regulativet for Københavns Kommune, at:

- valg af maskiner, arbejdsmetoder og indretning af arbejdspladsen skal ske, så omgivelserne generes mindst muligt af støv
- udførende entreprenør skal foretage regelmæssig vanding i tørre perioder i forbindelse med støvende aktivitet.

Københavns Kommune har derudover indført tomgangsregulativ for at begrænse forureningen fra holdende køretøjer. Regulativet foreskriver, at motoren i et holdende motordrevet køretøj ikke må være i gang længere end højst nødvendigt og højst i 1 minut (Københavns Kommune, 2001).

I 1999 vedtog Københavns Kommunes Borgerrepræsentation, at dieselskøretøjer, der anvendes af kommunen eller anvendes ved kørsel for kommunen, skal

have påmonteret partikelfiltre (senest i år 2003). Dette gælder således ved bygge- og anlægsarbejder, der udføres for Københavns Kommune.

5.2 Emissionskrav til entreprenørmateriel

Emissioner fra entreprenørmateriel, som anvendes til bygge- og anlægsprojekter, er reguleret via BEK. 339 af 10. maj 2005: Bekendtgørelse om begrænsning af luftforurening fra mobile, ikke-vejgående maskiner. Denne dækker blandt andet emission fra dieseldrevne gravmaskiner, dozere, hjullæsere, kompressorer og mobilkraner.

Bekendtgørelsen lister en række emissionsgrænser, som indføres trinvis, se nedenstående. "Ikrafttrædelsestidspunkt" betyder, at man ikke må markedsføre fabriksnye motorer efter den anførte dato, medmindre de lever op til emissionskravene.

Tabel 5-1: Grænseværdier for dieselmotorer med motoreffekt i området mellem 18-560 kW

Motoreffekt kW		CO	HC	NO _x	HC + NO _x	Partikler	Ikrafttrædelsestidspunkt	
		g/kWh					Motorer med vekslende hastighed	Motorer med konstant hastighed
Trin 1 37 £ P < 75	C	6,5	1,3	9,2	-	0,85	1/4-1999	-
Trin 2 130 £ P £ 560	E	3,5	1,0	6,0	-	0,2	1/1-2002	1/1-2007
75 £ P < 130	F	5,0	1,0	6,0	-	0,3	1/1-2003	1/1-2007
37 £ P < 75	G	5,0	1,3	7,0	-	0,4	1/1-2004	1/1-2007
18 £ P < 37	D	5,5	1,5	8,0	-	0,8	1/1-2001	1/1-2007
Trin 3 A 130 £ P £ 560	H	3,5	-	-	4,0	0,2	1/1-2006	1/1-2011
75 £ P < 130	I	5,0	-	-	4,0	0,3	1/1-2007	1/1-2011
37 £ P < 75	J	5,0	-	-	4,7	0,4	1/1-2008	1/1-2012
19 £ P < 37	K	5,5	-	-	7,5	0,6	1/1-2007	1/1-2011
Trin 3 B 130 £ P £ 560	L	3,5	0,19	2,0	-	0,025	1/1-2011	-
75 £ P < 130	M	5,0	0,19	3,3	-	0,025	1/1-2012	-
56 £ P < 75	N	5,0	0,19	3,3	-	0,025	1/1-2012	-
37 £ P < 56	P	5,0	-	-	4,7	0,025	1/1-2013	-
Trin 4 130 £ P £ 560	Q	3,5	0,19	0,4	-	0,025	1/1-2014	-
56 £ P < 130	R	5,0	0,19	0,4	-	0,025	1/10-2014	-

Som det fremgår, sker der en kraftig skærpelse af kravene for partikelemission ved indførelse af trin 3B, hvilket i praksis vil betyde montering af partikelfilter eller "kombifilter" hvor der både er katalysator og partikelfilter i samme enhed.

I trin 4 skærpes kravene til udledning af NO_x med en faktor 10, hvilket i praksis vil betyde montering af katalysator.

5.3 Emissionskrav til lastbiler

I Danmark er det EU's euronormer, der fastsætter emissionsgrænser til biler, lastbiler, busser mv. Euronormer blev indført i 1992. Normerne er implementeret i dansk lov via Bekendtgørelse om detailforskrifter for køretøjers indretning og udstyr. Grænseværdierne indføres gradvist, som det fremgår af nedenstående Tabel 5-2. Som for grænseværdierne for de ikke-vejgående maskiner betyder "dato", at der ikke må markedsføres maskiner efter denne dato, som ikke opfylder emissionsnormerne. Euro IV har betydet, at der er sket en reduktion af partiklerne. Dette er i praksis sket ved en justering af motorerne og ikke ved montering af partikelfiltre. Forslaget til Euro VI skærper kravene til NO_x, og det forventes, at katalysator bliver nødvendig.

Tabel 5-2: Euronormer gældende for lastbiler (g/kWh)

Tier	Dato	CO	HC	NO _x	PM	Smoke
Euro I	1992, < 85 kW	4,5	1,1	8,0	0,61	
	1992, > 85 kW	4,5	1,1	8,0	0,36	
Euro II	Okt. 1996	4,0	1,1	7,0	0,25	
	Okt. 1998	4,0	1,1	7,0	0,15	
Euro III	Okt. 2000	2,1	0,66	5,0	0,10 0,13 ^a	0,8
Euro IV	Okt. 2005	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Euro V	Okt. 2008	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
Euro VI†	April 2013	1,5	0,13	0,4	0,01	

† Forslag

a - motorer mindre end 0.75 dm³ pr. cylinder

6 Anlægsfasens indvirkning på luftforureningen

Anlægsfasen inkluderer følgende hovedaktiviteter²:

- Nedrivning af UNICEF's administration og lager (33.000 m²)
- Fjernelse af belægning, togspor og pierspids mod nord
- Udvidelse af Marmormolens grundareal ved opfyldning
- Opførelse af FN-byen (45.000 m²)
- Opførelse af hotel (25.000 m²)
- Opførelse af erhvervsbånd (36.000 m²)
- Opførelse af tårne på Marmormole og Langelinie kaj (i alt 60.000 m²)
- Opførelse af bolig øst og vest (30.000 m²).

Projektet forventes påbegyndt i januar 2010 og er estimeret afsluttet i 2018-2020.

FN-byen forventes at blive startet op i januar 2010 og forventes afsluttet i januar 2012. Hotellet forventes startet op i juli 2011 og afsluttet 2012. Hvornår de øvrige bygninger opføres, vides på nuværende tidspunkt ikke præcist.

Kilderne til luftforureningen i anlægsfasen er som omtalt under metode følgende:

- Arbejde med gravemaskiner og andet entreprenørmateriel på byggepladsen
- Tomgangskørsel med lastbiler på byggepladsen
- Transport af materialer til byggepladsen med lastbiler.
- Transport af jord, affald og andet fra byggepladsen med lastbiler

² Notat: Baggrundsdata for miljøredegørelsen, Peter Hansen, 20. januar 2009.

- Diffus emission af støv fra nedrivning, håndtering af materialer og kørsel på byggepladsen
- Indirekte emission som følge af et energiforbrug.

I de følgende afsnit er de væsentligste emissioner fra ovennævnte kilder blevet kvantificeret med henblik på at opgøre omfanget samt identificere de mest betydende kilder.

Da data fra det specifikke byggeri er meget sparsomme, er emissionerne estimeret på basis af erfaringer og data fra sammenligneligt byggeri.

6.1 Emission fra byggepladserne

6.1.1 Beregningsforudsætninger

Der foreligger ikke oplysninger om det præcise antal maskiner, som tænkes i drift under de forskellige faser. I nedenstående beregninger er det således forudsat, at der er fire maskiner i drift på pladsen gennem hele forløbet. Det er i beregningerne forudsat, at det er en gravemaskine, en boremaskine, en betonbil/pumpe og en almindelig lastbil.

Det er herudover forudsat, at de arbejder 8 timer dagligt 300 dage om året, hvilket for hele driftsperioden svarer til en samlet maskindriftstid på 4 gange 19.200 timer, det vil sige i alt 76.800 timer.

Der er i Tabel 6-1 defineret en række standardentreprenørmaskiner med en given motorstørrelse, som beregningerne tager udgangspunkt i.

Tabel 6-1: Standardentreprenørmaskiner

Maskinpark	Type	Motorstørrelse kW
Betonbiler/betonpumpebil	Mercedes Benz ACTROS II 3244B	320
Gravemaskine stor	Volvo EC 240B	134
Boremaskine	Bauer BG 36	354
Alm lastbil	Volvo FE 18-26 ton	209

Emission fra entreprenørmaskiner er baseret på nøgletal fra CORINAIR, (CORINAIR 2007). Emissionsfaktorer for NO_x, og PM₁₀ fremgår af nedenstående Tabel 6-2. Tallene fra CORINAIR baserer sig på grænseværdierne i trin 3A. Trin 3A er valgt med den forudsætning, at maskinerne har en levetid på ca. 8.000 timer og derfor ikke nødvendigvis er af nyeste model.

Tabel 6-2: Emissionsfaktorer baseret på nøgletal fra CORINAIR, tabel 8-5b: Baseline emission factors for NRMM stage III (for 20 _ P < 560 kW) controlled diesel engines in [g/kWh], irrespective of engine type

Parameter [g/kWh]	Motorydelse i kW	
	130-300	300-560
Ikrafttrædelsesdato	01-07-2005	01-07-2005
NOx	3,5	3,5
PM ₁₀	0,2	0,2

Emission fra lastbiler og betonbiler/-pumper, når de er på pladsen og er i drift, er baseret på grænseværdierne for EURO 5, se Tabel 5-2.

Gennemsnitsbelastningen af maskinerne er sat til 0,6 for entreprenørmaskinerne og 0,4 for betonbilerne/-pumperne.

6.1.2 Beregningsresultater

På basis af ovenstående forudsætninger er der foretaget beregninger af emissionerne fra entreprenørmaskiner samt betonbiler og -pumper på pladsen.

Tabel 6-3: Emission fra entreprenørmaskiner i anlægsfasen

Emission fra entreprenørmaskiner	NOx	PM ₁₀	CO ₂
	ton	ton	ton
Gravemaskine	5	0,31	612
Boremaskine	14	0,82	612
Betonpumpe/betonbil	5	0,05	510
Alm. lastbil	2	0,02	510
I alt emissioner (ton)	26	1,20	2.244

6.2 Emission fra transport af jord, beton/betonelementer, affald mv.

Emissionsberegningerne baseres på beregningerne i baggrundsrapport for trafik, støj og emissioner, version 2, fra Rambøll.

Forudsætninger for beregningerne fremgår af ovennævnte notat.

Det samlede trafikarbejde fra transport fordelt på henholdsvis transport af jord, beton, betonelementer, affald mv. fremgår nedenstående tabel.

Tabel 6-4: Antal transportere samt transportlængde og trafikarbejde jf. tabel 7 i baggrundsrapport om trafik, støj og emissioner fra Ramboll

Aktivitet	Bemærkninger	Antal transportere	Transportlængde pr. tur	Trafikarbejde
		Stk.	km	10 ⁶ km
Jordtransport	Nordhavn/Kalvebod	8.250 / 2.750	2 / 20	0,03 / 0,11
Byggemodning		2.200	20	0,09
Byggeri	Betontransporter/øvrigt.	11.100 / 5.600	40 / 20	0,89/ 0,22
I alt		29.900		1,34

På basis af det samlede trafikarbejde er emissionerne fra det samlede trafikarbejde beregnet.

Tabel 6-5: NO_x (ton), Pm₁₀ (ton) og CO₂ udslip (ton) i anlægsperioden jf. tabel 8 i baggrundsrapport om trafik, støj og emissioner fra Ramboll

Parameter	Emission (ton)
NO _x	5,1
PM ₁₀	0,04
CO ₂	1.020

6.3 Diffus støvemission

Bygge- anlægsarbejder er en kilde til støvemission, der kan have stor midlertidig indflydelse på den lokale luftkvalitet. Graden af støvemission vil variere fra dag til dag og være afhængig af aktivitetsniveauet, de specifikke aktiviteter, jordtypen samt de meteorologiske forhold. En stor del skyldes håndtering af løs jord samt trafik af tunge køretøjer på midlertidige ikke-befæstede veje (US EPA AP-42, 13.2.3).

Støvemissioner fra de enkelte byggepladser i anlægsfasen er baseret på amerikanske erfaringstal (US EPA AP-42, 13.2.3), der giver 2.700 kg støv (TSP, total suspended particulates) per hektar per måned (30 dage), under tørre forhold ("semi-arid") og uden tiltag for kontrol af diffus støvemission.

I beregningerne er det antaget, at PM₁₀ er 50 procent af TSP, Krause og Smith (2006).

Byggepladsen er ca. 80.000 m² (80 ha), heraf er det estimeret, at der arbejdes på ca. en ottende del gennem hele anlægsperioden. Anlægget er estimeret til at være i otte år, det vil sige 96 måneder.

Under de forudsætninger estimeres den ukontrollerede diffuse støvemission ved anlæg til ca. 100 ton støv (PM₁₀).

Det skal understreges, at der er mange effektive metoder til reduktion af diffus støvemission, der kan reducere støvemissionen med 90-95 procent. Det betyder, at med de rette forholdsregler vil den diffuse støvemission ikke være noget problem, hverken arbejdsmiljømæssigt eller miljømæssigt.

6.4 Indirekte emissioner

Ud over de dieseldrevne motorer er der en lang række eldrevet udstyr som indirekte via et energiforbrug påvirker luftkvaliteten regional og globalt. Energiforbrugende udstyr omfatter:

- Eldrevne kraner
- Eldrevne pumper
- Eldrevne kompressorer
- Diverse inkl. ventilation, mindre maskiner, velfærdsinstallationer mv.

Der foreligger ikke oplysninger om energiforbrug til anlægsarbejdet. Fra tidligere projekter er erfaringen, at med hensyn til CO₂-udledningen vil eldrevet udstyr stå for 40 procent af udledningen, hvor det dieseldrevne udstyr står for 60 procent. Anvendes samme forudsætning her, er CO₂-udledningen fra eldrevet udstyr ca. 1.490 ton CO₂.

6.5 Emission af CO₂ fra fremstilling af materialer

Der vil være et ikke ubetydeligt bidrag til CO₂-udledningen fra fremstilling af materialer (f.eks stål og beton). Idet der ikke p.t. foreligger beregninger af den forventede mængde, er der foretaget et meget groft overslag over betonmængden for kunne vurdere, hvor stor en del af projektets CO₂-bidrag, som kommer fra materialer. Mængderne fremgår af Tabel 6-6.

Tabel 6-6: Estimerede mængder

Materiale	Mængde m ³
Beton	38.450
Beton elementer	44.300

I mængdeopgørelsen er det forudsat, at fundament og vægge i kældre støbes, og at øvrige vægge bygges op med betonelementer, som beklædes med stål, glas mv. Der er regnet med, at tykkelse af fundament er 0,5 meter og vægge er 0,3 meter.

Udledning af CO₂ fra fremstilling af beton er baseret på nøgletal fra Håndbog for miljørigtig projektering. Det er forudsat, at der kommer 0,2 ton CO₂ ved fremstilling af 1 ton beton, uanset om det er støbebeton eller betonelementer.

Der er i det tal ikke taget hensyn til betonens eventuelle CO₂-optag i bygnin-
gens levetid eller ved efterfølgende nedrivning.

Tabel 6-7: Emission af CO₂ ved fremstilling af beton og betonelementer

Emission	CO ₂ ton
Fremstilling af beton	39.700

På trods af den store usikkerhed vurderes den største enkeltkilde til emission af CO₂ i anlægsfasen at være fremstilling af materialer. Det er således vigtigt at indtænke miljørigtige materialer i design samt i detailprojekteringen af de enkelte bygninger.

Det kan nævnes, at det er muligt at opnå op til 40 procents reduktion i CO₂-bidraget fra beton. De specifikke muligheder er dog meget tæt knyttet til de tekniske egenskaber, betonen skal have i de enkelte tilfælde, og kan derfor først endelig fastlægges i detailprojekteringen af de enkelte bygninger.

7 Driftsfasens indvirkning på luftforureningen

Bygningerne på Marmormolen er tiltænkt en blanding af erhverv og bolig. I forhold til den nuværende situation må der forventes en del mere trafik til området, herudover vil der være en række mindre kilder til emission, som kan bidrage til den lokale luftkvalitet f.eks. fra ventilation af parkeringskældre, restauranter mv. Yderligere vil bygningerne bidrage indirekte via et øget energiforbrug til drift af boliger og kontorer.

7.1 Emissioner som følge af et energiforbrug ved drift af bygninger

Energiforbrug til drift af bygninger dækker varme, varmt vand, ventilation, belysning og øvrigt elektricitetsforbrug til drift af kontor, hotel og boliger.

Beregning af CO₂-udledningen fra drift af bygningerne er baseret på gennemsnitlige nøgletal fra Energiledelsesordningen og tager ikke hensyn til energirigtig projektering eller mulig anvendelse af CO₂-neutrale brændstoffer. Nøgletallene er danske gennemsnitstal for den enkelte anvendelseskategori fra 2004 og dækker alt energiforbrug til bygningerne.

Det vurderes at være et noget konservativt skøn i forhold til et nybyggeri, der blandt andet skal leve op til bygningsreglementets krav om en maksimal tilført energiramme pr. kvadratmeter pr. år.

Beregningsresultaterne giver således ikke det nøjagtige billede, men kun en indikation af størrelsesordenen.

Tabel 7-1: Estimerede emissioner som følge af energiforbrug ved drift af bygninger

Bygning	Areal	Anvendelse	CO ₂ ton/år
FN-byen	45.000	kontor	2.102
Hotel	25.000	hotel	1.850
Erhvervsbånd	26.000	kontor	1.214
Tårn på Marmormole	29.000	kontor	1.354
Tårn på Langelinie	30.000	kontor	1.401
Bolig ø'er	28.000	etagebolig	599
CO ₂ udledning fra bygninger i alt			8.520

Som det fremgår, kan drift af bygninger betyde et ikke ubetydeligt CO₂-bidrag, hvorfor man i projekteringen skal være opmærksom på energirigtig projektering og design.

I henhold til Bygningsreglementet skal nye bygninger, der anvendes til hotel og boligformål, leve op til en maksimal ramme for energitilførsel til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand, som ligger på 70 kWh/m²/år. For kontorer er det på 95 kWh/m²/år, og i det tilfælde er det inklusiv belysning.

For at leve op til kravene for lavenergibyggeri er den maksimale ramme for energitilførsel for bolig og hoteller i klasse 1: 35 kWh/m²/år og for klasse 2: 50 kWh/m²/år. For kontorer er det henholdsvis for klasse 1: 50 kWh/m²/år og for klasse 2: 70 kWh/m²/år. Dette er inklusiv belysning. Lavenergibyggeri er foreløbig en frivillig ordning.

For passivhuse er kravene 15 kWh/m²/år til opvarmning alene.

Der er således et stort potentiale i at stille krav om lavenergibyggeri/energirigtig projektering.

7.2 Emission fra forventet mertrafik

Af nedenstående tabel fremgår den forventede meremission som følge af mere trafik i området omkring Marmormolen. Resultaterne er baseret på beregninger i baggrundsrapport om trafik, støj og emissioner, version2, fra Rambøll – tabel 15.

Tabel 7-2: Udslip af skadelige stoffer ton pr. år jf. tabel 15 i baggrundsrapport om trafik, støj og emissioner fra Rambøll

Parameter	Meremission (ton /år)
CO	26
NO _x	4
PM ₁₀	0
CO ₂	2.600

7.3 Øvrige afkast

Projektet vil betyde en lang række enkelte afkast fra almindelig rumventilation, restauranter, parkeringshuse etc. Der foreligger p.t. ikke nogen præcis oversigt over, hvilke afkast der er tale om, eller hvor de kan forventes.

De forventes ikke umiddelbart at give anledning til problemer, da der primært er tale om rumventilation.

Placering og højde af ventilation fra restauranter, parkeringshuse mv. skal være under hensynstagen til nærliggende beboelse. Emissionerne er underlagt luftvejledningens grænseværdier.

8 Opsummering

Ovenstående opgørelser af emissioner fra anlægsfasen og driftsfasen er forbundet med en vis usikkerhed, da de anvendte orudsætninger er tilvejebragt på et tidspunkt, hvor projektet endnu ikke er endeligt fastlagt. Ændring i valg af entreprenørmaskiner, deres driftstid, transportlængder og mængder vil have afgørende indvirkning på emissionsopgørelserne.

Ikke desto mindre vurderes opgørelserne at give en god indikation af niveauet samt af de væsentligste kilder.

Som det fremgår, er anlægsarbejdet kilde til en ikke ubetydelig totalemission af NO_x og partikler og CO₂.

Det er ikke umiddelbart muligt via totalberegningerne at give et præcist bud på, hvilken koncentration i omgivelserne emissionerne giver anledning til.

I kraft af at distancen til nærmeste boligområde med etageejendomme er ca. 120 meter, og der imellem boliger og byggeområde ligger baneareal samt Kalkbrænderihavnsvej, forventes anlægsarbejdet ikke at give anledning til en væsentlig merkoncentration af forurenende stoffer i de nærmeste boligområder.

Herudover skal det bemærkes, at i modsætning til nogle generelt høje baggrunds niveauer vil eventuelle høje niveauer, som følge af anlægsarbejdet, være midlertidige og forholdsvis kortvarige.

Med hensyn til den diffuse støvemission hidrørende fra håndtering af jord, kørsel på ikke-befæstede arealer mv., som er estimeret til 100 ton, er det en betragtelig mængde, som vurderes at kunne skabe gener også for de omkringliggende boligområder, såfremt der ikke anvendes afværgeforanstaltninger. Problemerne forventes at være højest ved høj vindstyrke og vind fra østlige retninger, og når der sker arbejde på pladsens mest vestlige område.

Kommunens regulativer foreskriver brug af afværgeforanstaltninger og arbejdsmetoder, der minimerer generne fra støv. Følges dette, anses støv ikke for at blive et problem, hverken miljø- eller arbejdsmiljømæssigt.

Med hensyn til CO₂-emission fra projektet giver Tabel 8-1 en oversigt over de væsentlige kilder.

Tabel 8-1: CO₂-emissioner i anlægsfasen (ton)

Samlet CO ₂ emissioner	CO ₂ (ton)
Entreprenørmaskiner diesel	2.240
Entreprenørmaskiner el	1.490
Transport af jord og beton	620
Fremstilling af beton	39.700
I alt anlægsfase	44.000

Til sammenligning udledte Danmark i 2005 ca. 52 millioner ton, hvilket svarer til en udledning pr. dansker på omkring 10 ton. Bidraget i anlægsfasen svarer således til, hvad 4.400 danskere udleder på et år.

Tabel 8-2: CO₂-emissioner fra 10-års drift (ton / 10år)

Samlet CO ₂ emissioner	CO ₂ (ton)
Bygningsdrift 10 år	85.200
Mertrafik i 10 år	26.200

Bidraget for en 10-års driftsperiode svarer til, hvad 1.110 danskere udleder i samme periode.

De to tabeller tydeliggør endvidere, at indsatsen med at nedbringe projektets CO₂-belastning skal lægges i bygningernes udformning, isolering mv., således at energiforbruget i driften (til varme) kan reduceres mest muligt, samt i valg af materialer, således at materialernes CO₂-bidrag ved fremstilling reduceres mest muligt.

9 Mulige afværgeforanstaltninger i anlægsfasen

I dette afsnit oplyses en række forslag til mulige afværgeforanstaltninger til reduktion af emissioner ved anlægsfasen.

De er så vidt muligt listet i en rækkefølge med de mest effektive først.

Der er ikke taget hensyn til meget specifikke forhold, og der kan derfor være nogle af forslagene, som vil være svært gennemførlige på grund af byggepladsens beliggenhed eller andre lokale faktorer.

Afværgeforanstaltninger er ikke påkrævet for andet end støvreduktion og tomgangskørsel jf. afsnit 5.1.

Følgende mulige afværgeforanstaltninger til reduktion af gener fra emission fra dieselmotorer kan overvejes:

- Brug af eldrevet udstyr hvor muligt (pumper, kompressor mv.)
- Krav om anvendelse af entreprenørmaskiner, kompressorer mv. som opfylder specifikke skærpede emissionskrav, f.eks. Trin 3b
- Krav om anvendelse af lastbiler til transport mv. som opfylder specifikke skærpede emissionskrav f.eks. EURO 6
- Partikelfiltre monteres på dieselentreprenørmaskiner og stationære dieselmotorer (kompressor, generator, o.l.) anvendt i anlægsfasen
- Katalysator til fjernelse af NO₂ monteres på entreprenørmaskiner og lastbiler anvendt i anlægsfasen.
- Fastsættelse og håndhævelse af tomgangsregler på byggepladsen
- Dokumentation for løbende vedligehold af maskiner.

Følgende mulige afværgeforanstaltninger til reduktion af diffuse støvgener foreslås. Inspiration er hentet i CEQA, 1997.

- Brug af vandvogne eller sprinklersystemer, således at luftbåren støv fra byggepladserne reduceres mest muligt. Krav om øget vandingsfrekvens ved vindhastigheder over 25 km/t (7 m/s). Genbrugsvand bør anvendes når muligt.
- Jævnlig vanding af henlagt jord mv. der kan give anledning til støvgener.
- Fartgrænsen for alle arbejdskøretøjer bør ikke overstige 25 km/t på overflader uden belægning på byggepladsen.
- Installer hjulvaskere, hvor køretøjer kører ud fra en ikke-belagt vej til gaden, eller foretag afvaskning af lastbiler og udstyr, før de forlader området.
- Fej de omkringliggende transportveje jævnligt. Vandfejmaskiner med genbrugsvand bør om muligt anvendes.
- Alle lastbiler, der transporterer jord, grus, sand eller andre løse materialer, skal overdækkes, eller toppen af læsset skal være mindst en halv meter under toppen af ladet.
- Alle veje, indkørsler, fortov m.m., som skal have belægning, bør færdiggøres hurtigst muligt.
- Stålblader anbringes på jordområder, hvor lastbiler og entreprenørmaskiner kører. Det gøres så hurtigt som muligt efter planering.

Følgende mulige afværgeforanstaltninger til reduktion af CO₂-udledning fra materiale fremstilling foreslås:

For at sikre fokus på miljørigtig projektering kan bygherre gøre anvendelse af miljørigtige materialer en vigtig del af udbudskrav.

Krav i udbud kunne indbefatte:

- Dokumentation for valg af miljørigtige materialer

10 Mulige afværgeforanstaltninger i driftsfasen

Den største påvirkning af projektet i driftsfasen vil være indirekte i form af et energibrug i bygninger til varme og elektricitet. For at minimere det, er det vigtigt at indtænke energirigtig projektering allerede i designfasen af bygningerne.

Det anses at være uden for nærværende notats formål at komme med specifikke forslag til energibesparelser, da det hænger så tæt sammen med arkitektur og detailprojektering. Nedenstående afværgeforanstaltninger er således meget generelle.

For at sikre fokus på energirigtig projektering kan bygherre gøre energirigtig projektering til en vigtig del af udbudskrav.

Krav i udbud kunne indbefatte:

- Krav om lavenergibyggeri klasse 1
- Dokumentation for væsentlige energiforbrug.

I henhold til SBI er det nødvendigt for at kunne leve op til kravene for lavenergibyggeri at kombinere forskellige strategier, f.eks.:

- Reduktion af kuldebroer
- Ekstra isoleringstykkelse i vægge og brug af højisolerende ruder og komponenter
- Optimal udnyttelse af solindfald og dagslys, herunder orientering af bygning i forhold til sol- og skyggeforhold
- Energieffektiv ventilation
- Udjævning af temperaturændringer over døgnet ved brug af materialer indendørs med høj varmekapacitet.

Det anføres endvidere af SBI, at det forudsætter, at arkitekter tidligt i projekteringen tager højde for de formrelaterede dispositioner, der har konsekvenser for energiforbruget i nybyggeriet.

11 Overvågning

Det anbefales at:

- der sker en dokumentation for anvendt brændsels- og energiforbrug til entreprenørmaskiner og lastbiler i forbindelse med udarbejdelse af et grønt regnskab for anlægsfasen
- der stilles krav om, at entreprenørerne udarbejder en oversigt over anvendte maskiner, der dokumenterer overholdelse af krav til emission af NO_x og partikler
- der som en del af miljøledelsessystemet for anlægsprojektet sker dokumentation for anvendelse af afværgeforanstaltninger.

12 Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne

Opgørelsen af emissioner fra anlægs- og driftsfasen er forbundet med en stor usikkerhed, da de anvendte forudsætninger er tilvejebragt på et tidspunkt, hvor projektet endnu ikke er endeligt fastlagt. Ændring i valg af entreprenørmaskiner, deres driftstid, transportlængder, valg af materiale samt mængder samt nøgletal for energiforbrug har således afgørende indvirkning på emissionsopgørelserne.

13 Referencer

- 1 CORINAIR, Emission Inventory handbook, 2007
- 2 NERI Technical Report No. 623, 2007, The Danish Air Quality Monitoring Programme, Annual Summary for 2006, DMU
- 3 US EPA, AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 13: Miscellaneous Sources, 1995
- 4 US EPA AP-42, 13.2.3 Heavy Construction Operations
- 5 Bekendtgørelse om mål og grænseværdier for luftens indhold af visse forurenende stoffer, BEK 137 af 10. februar 2007
- 6 <http://www.miljozone.dk/borger.html>
- 7 Forskrift for visse miljøforhold ved bygge- og anlægsarbejder i Københavns Kommune, Københavns Kommune 2006
- 8 Miljømæssige forholdsregler ved bygge- og anlægsarbejder i Københavns Kommune, 2001
- 9 CEQA Air Quality Handbook. Air Pollution Control District, San Luis Obispo County, California, 1997.
<http://www.slocleanair.org/business/pdf/ceqa-handbook.pdf>
- 10 "Håndbog i miljørigtig projektering" BPS publikation 121 januar 1998
- 11 Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:DA:PDF>)
- 12 Jensen, S.S. et al, 2000
- 13 BEK. 339 af 10. maj 2005: Bekendtgørelse om begrænsning af luftforurening fra mobile, ikke vejgående maskiner
- 14 Bekendtgørelse om detailforskrifter for køretøjers indretning og udstyr

- 15 Krause og Smith (2006). Final –Methodology to Calculate Particulate Matter (PM) 2.5 and PM 2.5 Significance Thresholds, South Coast Air Quality Management District, Calif. USA. Appendix A, Updated CEIDARS Table with PM2.5 Fractions.
http://www.aqmd.gov/CEQA/handbook/PM2_5/finalmeth.doc,
http://www.aqmd.gov/ceqa/handbook/PM2_5/finalAppA.doc
- 16 Energiledelsesordningen, <http://elo.femsek.dk>
- 17 SBI anvisning om bygningsreglementet, <http://www.sbi.dk/br08/7>