



Rapport / Report

Renere havn

Tiltaksbeskrivelse for søknad om tillatelse til opprydding i forurensede sedimenter i Trondheim havn

20130339-03-R
9. mai 2014
Rev. nr.: 1, 30. mai 2014

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Renere havn
Dokumenttittel: Tiltaksbeskrivelse for søknad om tillatelse til tiltak i forurensede sedimenter i Trondheim havn
Dokumentnr.: 20130339-03-R
Dato: 9. mai 2014
Rev. nr.: 1, 30. mai 2014

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Sluppen
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Trondheim kommune
Kontaktperson: Stein O. Brandslet
Kontraktreferanse: Kontrakt datert 2013-09-20

For NGI

Prosjektleder: Mari Moseid, NGI
Utarbeidet av: Mari Moseid, NGI
Marianne Kvennås, NGI
Kontrollert av: Gijs Breedveld, NGI
Andre bidragsytere: Multiconsult AS

Sammendrag

Gjennom prosjektet Renere havn skal det skal gjennomføres tiltak i forurensede sedimenter i 4 delområder i Trondheim havn. I områdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna skal sedimentene tildekkes. Hvor det ikke er tilstrekkelig seilingsdyp skal det mudres før tildekking. Mudrede masser skal legges i en deponiløsning bestående av strandkantdeponi og sjøbunnsdeponi i Nyhavna. I delområdet Ilsvika skal sedimentene dekket til med tynntildekking pga stabilitetsmessige forhold i området. Tiltakene skal gjennomføres iht gjeldende krav for anleggs- og sjøarbeider. Framdriften og rekkefølgen av arbeider skal ta hensyn til miljø- og naturforhold. For prosjekterte tiltaksløsninger er det laget et miljøbudsjett.

Innhold

1	Innledning	5
2	Lokaliteter	6
3	Lokale forhold	10
3.1	Naturmangfold	10
3.2	Vannforskriften	11
3.3	Rekreasjon/friluftsjnteresser	12
3.4	Havne- og næringsvirksomhet	13
3.5	Kulturminner	14
3.6	Strømforhold	16
4	Forurensningsforhold og tiltaksbehov	17
4.1	Kanalen	17
4.2	Brattørbassenget	18
4.3	Nyhavna	19
4.4	Ilsvika	19
5	Omfang av det omsøkte tiltaket	22
5.1	Tiltakets størrelse	22
5.2	Rammebetingelser for prosjektering	23
5.3	Mudring	24
5.4	Tildekking	27
5.5	Deponi i Nyhavna	33
6	Kontroll av utførelse	38
6.1	Generelt	38
6.2	Kontroll geoteknikk	38
6.3	Kontroll av måloppnåelse	38
6.4	Overvåking av partikkelspredning	41
6.5	Støv og støy – anleggsarbeid	45
7	Avbøtende tiltak	46
7.1	Avbøtende tiltak ved mudring - partikkelsperre	46
7.2	Avbøtende tiltak ved tildekking	46
7.3	Partikkelsperre ved deponiområdet	47
7.4	Metodikk for innfylling i deponier	48
8	Miljøgiftsbudsjett og effekt av tiltakene	49
9	Sikkerhet Helse Arbeidsmiljø (SHA)	49
10	Referanser	50

Vedlegg:

Vedlegg A - Kartvedlegg

Vedlegg B - Miljørisikovurdering deponi – Multiconsult rapport

Vedlegg C - Strømvurderinger

Vedlegg D - Miljøbudsjett – beregning av spredning før, under og etter tiltak.

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

I prosjektet Renere havn har Trondheim kommune sammen med Trondheim Havn IKS fått utarbeidet løsninger for opprydding i forurensede sedimenter i 4 delområder, Kanalen, Brattørbassenget, Nyhavna og Ilsvika. I disse områdene foregår det i dag uakseptabel spredning av forurensning fra sedimentene og det må derfor gjennomføres tiltak for å redusere denne spredningen. Delområdet Ilsvika består av de to områdene Fagervika/Ilsvika nord og Ilsvika øst som er beskrevet i tiltaksplanen for Trondheim havn (NGI, 2011).

I alle delområdene består tiltakene i å dekke til sjøbunn med rene masser for å hindre spredning av forurensning. I Ilsvika vil tildekkingen på grunn av dårlige grunnforhold og bratt sjøbunn, bestå av et tynt lag med rene masser på sjøbunnen. I områdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna skal i tillegg en del av dagens sjøbunn mudres før tildekking for å gi et tilstrekkelig seilingsdyp etter tildekking. Mudret sjøbunn fra alle tre delområdene skal legges i et deponi i Nyhavna. Deponiløsningen i Nyhavna består av både strandkantdeponi og sjøbunnsdeponi.

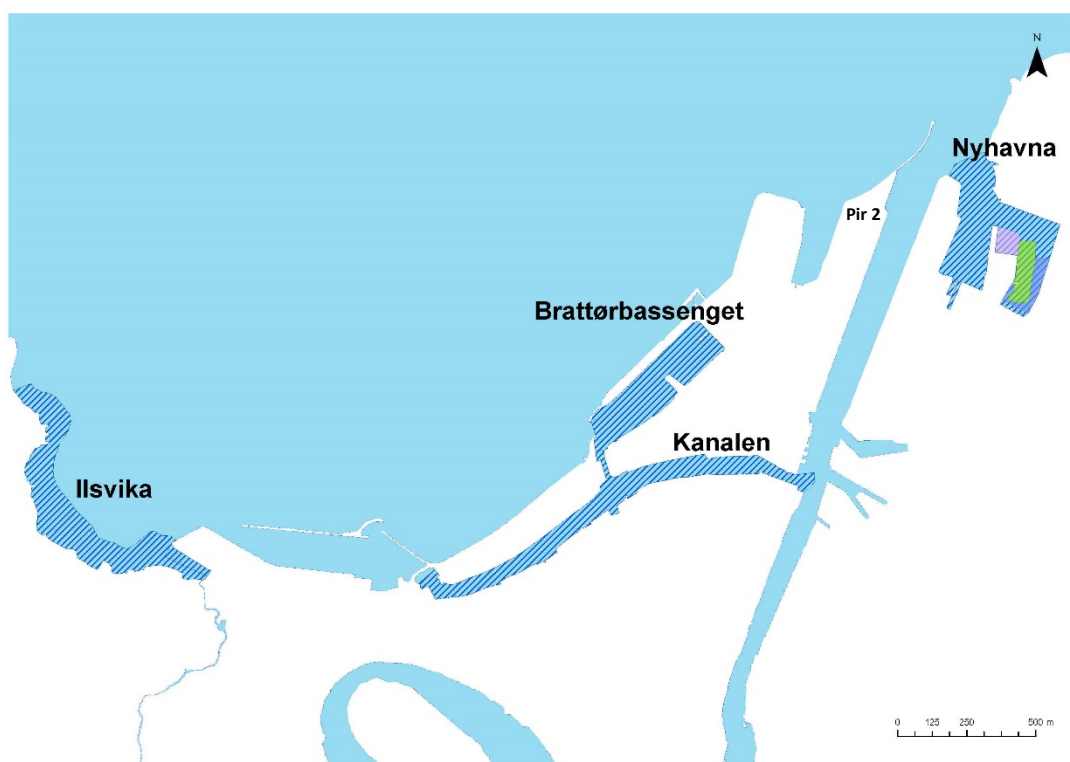
Utredning av deponi og tiltaksløsninger er presentert i flere rapporter og kan lastes ned på Trondheim kommunes nettsider (www.trondheim.kommune.no/renehavn).

Denne rapporten gir en beskrivelse av hvilke tiltak og aktiviteter som søkes utført i de fire delområdene og hvilken påvirkning de ulike tiltakene vil ha på omgivelsene. Et miljøgiftsbudsjett er presentert hvor spredning av forurensning før, under og etter tiltak er estimert. Basert på spredningsberegningene er effekten av tiltakene vurdert. Det er videre beskrevet kontrolltiltak under utførelse samt avbøtende tiltak for å redusere spredning av forurensning i tiltaksfasen.

Før tiltakene skal gjennomføres må det innhentes tillatelse fra Miljødirektoratet i henhold til Forurensningsloven §11.

2 Lokalteter

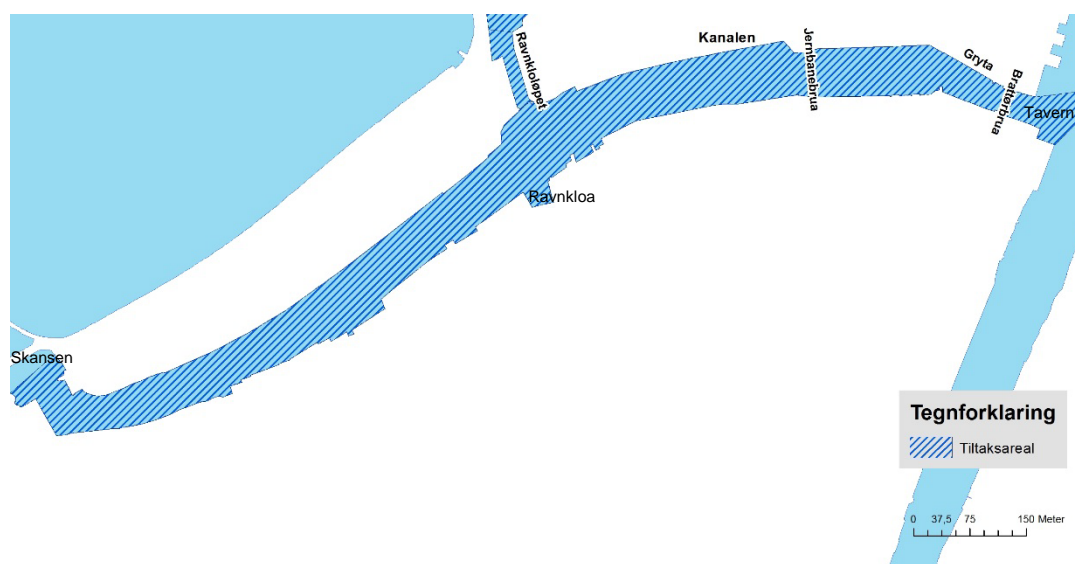
Områdene hvor det søkes gjennomført tiltak er Ilsvika, Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna i Trondheim havn. Tiltaksområdene er gitt i Figur 2.1. Tiltakene omfatter mudring av forurensede sedimenter og tildekking med rene masser i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna. I Nyhavna skal det etableres en deponiløsning med strandkantdeponi og sjøbunnsdeponi for mudremasser fra alle tre delområder som skal mudres. I Ilsvika skal sjøbunnen kun tildekkes med rene masser.



Figur 2.1 Tiltaksområder i Trondheim havn vist med blå skravur; Ilsvika, Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna. I Nyhavna er strandkantdeponi og sjøbunnsdeponi vist med hhv lilla og grønn farge.

2.1.1 Kanalen

Delområdet Kanalen ligger i den sørlige delen av Trondheim havn mellom Brattøra og bykjernen. Kanalen er ca. 1500 m lang og ca. 60 m bred, som gir et areal på ca. 100.000 m² (inkl. Ravnkløløpet og området ved Tavern, se Figur 2.2). Kanalen går fra Skansen bru gjennom et område bebygd med brygger og kaier, hvor mange av kaiene er av bolverk som er i dårlig stand. Mange av de gamle bryggene står på trepåler. Kanalen er preget av småbåttrafikk. Byggingen av ny tunnelkulvert ved Skansen bru i veiprojektet Nordre avlastningsvei har gitt begrensninger for størrelse på båter (dypgående) som kan trafikkere Kanalen. Seilingsdyp i Ravnkløløpet er tilsvarende dyp som ved Skansen, samt at det er begrenset seilingshøyde under Brattørbrua.



Figur 2.2 Tiltaksområde Kanalen inkludert Ravnkløløpet (skravert)

2.1.2 Brattørbassenget

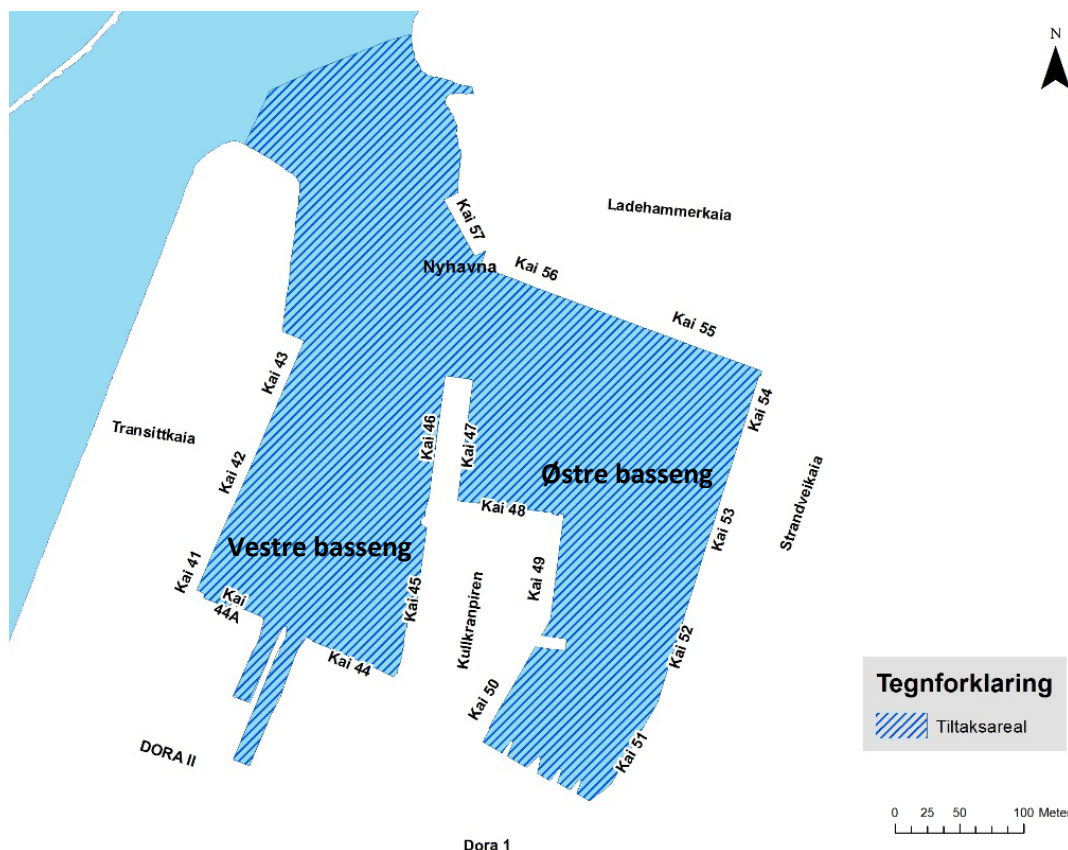
Brattørbassenget er ca. 80.000 m² og er avgrenset av Brattørmoloen i nord/nordvest, St. Olavs Pir med Ravnkløløpet i vest samt fylling mot Pirterminalen i øst og kaifront mot Jernbanen i sør (se Figur 2.3). I bassenget trafikkerer hovedsakelig hurtigbåter, men det er også noe småbåttrafikk. Det er bygd en ny pir ut i bassenget med ny hurtigbåtterminal, som ble tatt i bruk i januar 2014. I indre del av bassenget hvor hurtigbåtterminalen lå tidligere skal det bygges ny gjestehavn (småbåthavn) samt en sjøtrapp. Det prosjekteres i tillegg en ny kai/promenade langs Brattørkaia lengst vest. På innsiden av Brattørmoloen skal det legges flytebrygger langs hele moloen. Området er langt på vei endret fra å være et område med hovedsakelig havnerelatert virksomhet til å bli en bydel med næring, kontorer, hotell og publikumsattraksjoner.



Figur 2.3 Tiltaksområde Brattøra (skravert)

2.1.3 Nyhavna

Området er ca. 130.000 m² og ligger rett øst for utløpet av Nidelva. Havneområdet består av to basseng, vestre og østre basseng (se Figur 2.4). Innerst i bassengene ligger Dora I og II som opprinnelig er to tyske ubåtbunkere fra andre verdenskrig. I Dora II i vestre basseng har det etter krigen vært verftsvirksomhet. Dora I i østre basseng brukes til blant annet arkiv, lager, kulturvirksomhet o.a. I Nyhavna-området har det tidligere også foregått metallbearbeiding, forsinking, fornikling og fortinning. Ladebekken går i kulvert under en gammel fylling på Lade. Utløpet av kulverten gikk tidligere ut i østre basseng, men er nå lagt om og går ut lengre nordvest, i utløpet av Nidelva. Nyhavna er i dag en industrihavn med tilhørende båttrafikk. Det er i tillegg enkelte flytebrygger med småbåter i området.



Figur 2.4 Tiltaksareal Nyhavna (skravert)

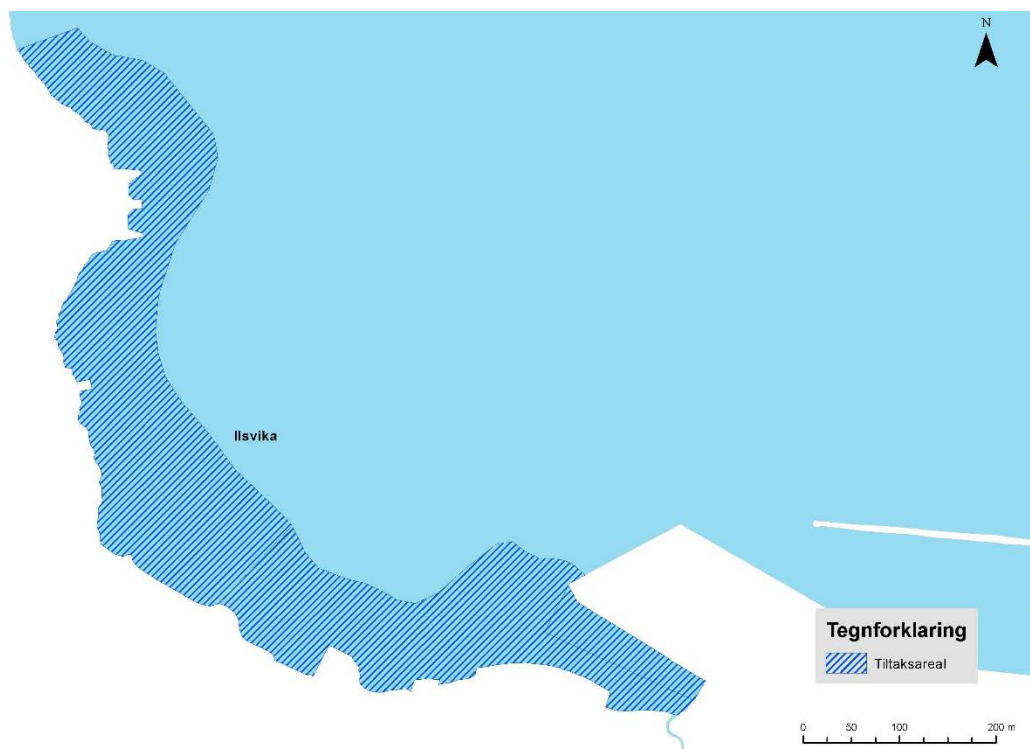
2.1.4 Ilsvika

Området ligger i den sørvestlige delen av Trondheim havn. Området som skal tildekkes er arealet langs land som er grunnere enn 20 m (se Figur 2.5). Det totale tiltaksarealet er ca. 100.000 m².

Området har vært påvirket av tidligere oppredningsvirksomhet for gruveindustri (Killingdal Grubeselskab A/S, 1952-1980) og store mengder avgangsmasser fra oppredning av svovelkis, kobbermalm og sinkmalm er dumpet i fjorden fra oppredningsverket. Det har også vært jernbanevirksomhet i området bl.a. for inn- og utlasting fra oppredningsverket. Området på land ved verket ble ryddet i 2011. Bekken som tidligere gikk gjennom avgangsmassene som lå på land og førte store mengder metaller (hovedsakelig kobber og sink) ut i fjorden er nå lagt om og går ikke lenger gjennom avgangsmassene.

I indre deler av Ilsvika har det tidligere vært metall- og galvanoteknisk industri (tidl. Ila Jern og Ila stålindustri) i tillegg til at området ble benyttet til sjøflyhavn under 2. verdenskrig. Området er ryddet og det er etablert boliger og kontorbygg på de tidligere industritomtene. Indre deler av Ilsvika ble mudret i årsskiftet 2002/2003 og sedimentene ble lagt i et strandkantdeponi for forurensede sedimenter ved Pir 2 på Brattøra, se Figur 2.1.

I forbindelse med byggeprosjektene på land er det gjennomført store stabilitetsmessige tiltak pga dårlige grunnforhold.



Figur 2.5 Tiltaksareal Iilsvika (skravert)

3 Lokale forhold

3.1 Naturmangfold

Havna og nedre del av Nidelva er registrert som overvintringslokalitet for andefugl. Vanlig overvintrende arter oppgis å være gråhegre, storskarv, stökkand, kvinand, havelle, svartand, ærfugl, siland, gråmåke og svartbak. Smålom, gråstrupedykker, horndykker, bergand, toppand, laksand, alke, lomvi og teist opptrer mer uregelmessig. Området er også registrert som en overvintringslokalitet for måkefugl, hvor grønlandsmåke og polarmåke registreres regelmessig. Havna er også registrert som et leveområde for oter.

Tiltaksområdene Kanalen og Nyhavna ligger i tilknytning til Nidelva som har utløp i Trondheimsfjorden. Nidelva er en betydelig lakseelv. I nedre del av elva foreligger det et generelt forbud mot fiske. Det er innført fredningssone rett nedenfor Bakke bru, hele Nyhavna og forbi Pir 2 ved Brattøra. Fredningssonen er innført for å verne laks og sjøørret som vandrer opp i Nidelva for å gyte, samt at det er gjort registreringer av oppvekst- og beiteområder for laks og sjøørret i området.

Tiltakets formål er at bunnforhold og vannkvalitet skal bedres og gi en positiv påvirkning av naturmangfoldet. Ved mudring og tildekking av sjøbunnen er det en risiko for påvirkning av vannlevende organismer gjennom oppvirvling av forurensede sedimenter og tilslamming. Det aksepteres derfor en viss grad av negativ påvirkning i anleggsfasen, da tiltaket på sikt skal gi positiv effekt. Trondheim og omland fiskeadministrasjon (TOFA) sammen Trondheim kommunes faggruppe for naturforvaltning ved Miljøenheten, er rådført for å vurdere hvilke hensyn prosjektet må ta til naturmangfold i tiltaksområdene. De viktigste hensyn er fiskevandring i Nidelva. I perioden fra april til oktober pågår vandring, men den mest sårbare perioden er juni til og med august. Anleggsarbeidet i Kanalen og Nyhavna kan på grunn av nærhet til Nidelva gi påvirkning av fiskevandring.

Målinger av strøm og vurdering av vannutskifting i Nyhavnbassenget viser at etablering av den aktuelle deponiløsningen ikke vil medføre vesentlige endringer av vannstrømmer, vannutskifting eller vanntemperatur i Nyhavna, eller i utløpsområdet til Nidelva. Leveforholdene for fisk knyttet til endring av strømforhold antas dermed ikke å endre seg (MC, 2013a).

For å sikre redusere påvirkning på fisk tenkes mudrearbeidene i Kanalen og ytre del av Nyhavna å gjennomføres utenom den mest sårbare perioden (juni, juli og august). Transport av mudremasser fra andre områder inn til Nyhavna er planlagt alle kalendermåneder.

3.2 Vannforskriften

Forvaltningsplan for vannregion Trøndelag for perioden 2010 – 2015 omfatter vannområdet Nidelva med 4 kystvannforekomster. Planen viser vannforekomstenes tilstand og beskriver miljømål og tiltak som er nødvendige for å nå målene. Miljømålene for naturlige vannforekomster av overflatevann er at de skal ha god eller svært god økologisk og kjemisk tilstand. Nidelva og Trondheimsfjorden er nasjonale laksevassdrag/fjord og definert som beskyttede områder etter vannforskriften.

Det søkes tillatelse til tiltak i 4 delområder fordelt på 3 vannforekomster i vannområdet Nidelva. Forvaltningsplanen peker på at de nedre delene av elveløpet er sterkt modifisert i forbindelse med utbygging av Trondheim havn og at forurenset sjøbunn i fjorden er en av flere forhold som påvirker den økologiske tilstanden i vannområdet Nidelva. Sammen med en helhetlig tiltaksplan for opprydding, har Trondheim Havn vurdert havnevirksomhetens forurensningsbidrag til sjø og sjøbunn. Resultatene er en del av grunnlaget for, og innarbeidet i, de omsøkte tiltakene. Vannforekomsten «Munkholmen sør» påvirkes av sedimenter i havnebassenget og tiltak i øvrige vannforekomster i havnebassenget vil bedre situasjonen. I nasjonale forslag benyttes forurensningsgrad i biota, vannmasser og sedimenter som indikator for godt økologisk potensial i kystvannforekomster. De omsøkte tiltakene er derfor et viktig bidrag i å nå vannforskriftens mål om god kjemisk tilstand i vannområdet Nidelva. Tildekking med ren sand er i tråd med vannforskriftens mål om en bedre kjemisk tilstand.

3.3 *Rekreasjon/friluftsjnteresser*

Tiltaksområdene Nyhavna, Brattørbassenget og Kanalen har åpne byrom og sjøarealer som er tilgjengelige for allmenheten. Arbeidene som skal utføres er i hovedsak knyttet til aktiviteter i sjø og vil gi begrensninger for båttrafikk og bruk av flytebrygger. Ferdsel på land vil kun bli regulert eller begrenset, men dette vil hovedsakelig foregå i andre områder enn rekreasjonsområder/områder for allmenn ferdsel.

3.3.1 *Kanalen*

Trondheim småbåtforening og Trondheim seilforening har etablert flere flytebrygger i Kanalen som benyttes av byens befolkning. Under tiltaksarbeidet i Kanalen må flytebryggene flyttes. Renere havn-prosjektet arbeider kontinuerlig med en løsning som erstatter båt plassene i Kanalen under arbeidet samt plasser som eventuelt forsvinner etter at tiltakene er gjennomført.

3.3.2 *Brattørbassenget*

Brattørbassenget er et transformasjonsområde hvor det arbeides med å gjøre området mer tilgjengelig for publikum. Det skal etableres en gjestehavn i indre deler av bassenget og på innsiden av Brattørmoloen. Den indre delen av området er under gjennomføring av opprydding i Kanalen aktuell liggeplass for båter som til vanlig ligger i Kanalen. Det er kun begrenset med båt plasser i det indre bassenget i dag slik at tiltakene har liten påvirkning på dagens bruk av Brattørbassenget til rekreasjon/friluftsliv.

3.3.3 *Nyhavna*

Nyhavna framstår som en industrihavn i dag, med båttrafikk, lasting og lossing. Havnearealet framstår dermed ikke som et naturlig rekreasjonsområde. I forbindelse med etablering av strandkantdeponiet kan det være nødvendig med normale sikringstiltak for anleggsarbeid som hindrer ferdsel på land og i sjø.

3.3.4 *Ilsvika*

Et større område på land er omgjort fra industri til bolig og rekreasjonsområde. Utbyggings- og oppryddingsprosjektene på land er avsluttet mot sjøen med steinfyllinger og det er mindre områder langs land som har sandstrand og badeplass. Tiltakene i Ilsvika omfatter kun tildekking av sjøbunn og tildekkingen avsluttes inn mot de sikringstiltakene som allerede er gjennomført gjennom utbygging og opprydding på land. Begrensning vedørende ferdsel og bruk av områdene vil dermed kun være knyttet til sikkerhetsavstand til anleggsfartøyer under utførelse. Under utførelse vil anleggsarbeidet gi støy, men anses ikke på gi betydelig større påvirkning enn annen havnevirksomhet og næringsvirksomhet nær boligområdet.

3.4 *Havne- og næringsvirksomhet*

Havne- og næringsvirksomheten rundt tiltaksområdene blir påvirket av tiltakene som skal gjennomføres. Alle reservearealer og –kaifronter i havna må tas i bruk i anleggsfasen. For de ulike delområdene er det listet opp aktuelle deler som blir berørt under gjennomføring og hvilke tiltak som skal gjøres for å redusere påvirkningen.

3.4.1 *Kanalen*

Trondheim Havn er i dialog med brukere av Kanalen og aktører som driver næringsvirksomhet i Kanalen.

Rutebåt til Munkholmen har anløp i Ravnkloa i Kanalen i sommerhalvåret. Dersom tiltakene påvirker denne aktiviteten vil alternativt anløpssted måtte lokaliseres.

Byfiskerne har kai og utsalgsted i Ravnkloa. Prosjektet legger til rette for alternativ kai i prosjektperioden.

Kystlaget Trondheim er lokalisert på og ved Fosenkaia og er et samlingspunkt for båtbyggelag og virksomheter knyttet til formidling av fiskerikultur. Fløtmann som driver transport av kafégjester over Kanalen er også tilknyttet denne virksomheten.



Figur 3.1 *Kystlagets lokaler og båter i Kanalen*

3.4.2 *Brattørbassenget*

I Brattørbassenget åpnet ny Hurtigbåtterminal i ytre basseng januar 2014. Terminalen er en del av kollektivknutepunktet i Trondheim (tog, båt, buss). Kystekspresen har med dagens trafikk ca. 20 avganger/anløp pr dag. Manøvreringsarealet for hurtigbåtene ligger ikke innenfor det planlagte mudringsarealet langs Brattørmoloen. Trafikken blir påvirket av tiltakene under tildekking av området. Prosjektet skal gjennom dialog med berørte parter se på løsninger for å ivareta disse.

3.4.3 *Nyhavna*

Nyhavna er en industrihavn hvor flere næringsvirksomheter er avhengig av havnetransport. I tillegg har Trondheim Havn betydelige egne aktiviteter lokalisert i området.

Tiltaksgjennomføringen og driftsfase for deponi får betydelig innvirkning på dagens aktivitet i Nyhavna-bassenget. Prosjektet ivaretar dette ved dialog med de berørte parter.

I konsekvensutredning for Nyhavna er det framkommet at deponietableringen endrer bruken av havna som industrihavn. Dette blant annet fordi en etablering av deponiløsningen i østre basseng vil medføre mindre seillingsdyp enn i dag og at eksisterende kaifronter bygges inn i deponikonstruksjonen og tas ut av bruk for havneformål.

3.4.4 Ilsvika

I Fagervika (nordre del av Ilsvika) vil tiltaket påvirke laste-lossekai for masseleverandør. Kaia er privat og inngår ikke som en del av havnearealet til Trondheim Havn.

Inne i Ilsvika (søndre del) er det en liggekai samt flytebrygge for småbåter og fiskebåter. Under gjennomføring av tiltak i området vil det være aktuelt å flytte flytebryggene.

3.5 Kulturminner

Det er avholdt møte med NTNU-Vitenskapsmuseet (NTNU-VM) 28. mars 2014 for å avklare behov for undersøkelser i tiltaksområdene før og under tiltaksgjennomføringen. Fredrik Skoglund representerte NTNU-VM. I Kanalen og Nyhavna må kulturminner avklares.

3.5.1 Nyhavna

En havneplan fra 1912 ligger til grunn for utbyggingen av Nyhavna med to bassenger. Planen ble videreført under 2. verdenskrig ved utbygging av ubåtbase DORA 1 og 2 og marineverft. De fleste av bygningene er bevart og utgjør sammen med utforming av bassengene et krigsminnemiljø av vesentlig størrelse (MC, 2013a). Ved utforming av strandkantdeponi-løsningen i Nyhavna er dette vernet tatt i betraktning (MC, 2013a og b). Da tiltakene i Nyhavna omfatter endring av landområder er det utarbeidet en konsekvensutredning for deponiløsningen (MC, 2013a).

NTNU-VM antar at det kan være marinarkeologiske kulturminner i Nyhavna, men siden det ikke finnes registreringer i dag vil det ikke være aktuelt med undersøkelser før oppstart av mudring. Det vil imidlertid være aktuelt at det er marinarkeolog til stede under mudring i områder hvor det skal graves ned i gamle sedimenter. NTNU-VM mottar endelig mudreplan før arbeidene starter og prosjektet lager sammen med NTNU-VM en plan for når marinarkeolog skal være tilstede.

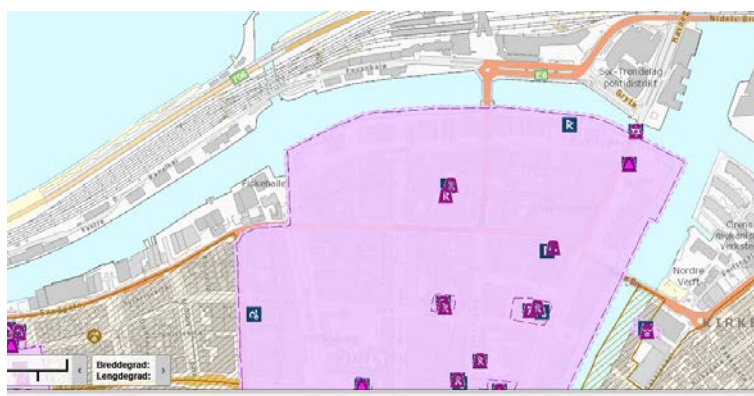
Ved mudring i områder hvor det kan være kulturminner benyttes rist og spyleutstyr på mudrelekter, og det lages en plan for hvordan eventuelle funn skal håndteres. NTNU-VM har dykkere for inspeksjon i beredskap ved behov. Det kan være aktuelt

med dykkerinspeksjon eller -undersøkelser i mudreområdene før tildekking gjennomføres for å registrere eventuelle funn.

Strandkantdeponiet ytterst på Kullkranpiren vil ikke fysisk berøre bebyggelse eller innebære vesentlig endring av kulturminnemiljøet, dermed vurderes tiltaket å ha ubetydelig til liten konsekvens. Sjøbunnsdeponiet innebærer innfylling av tidligere flytedokk samt heving av sjøbunnen foran DORA 1. Dette vurderes som ubetydelig for kulturminnet da store endringer i DORA-konstruksjonen etter 2. verdenskrig har gjort at bygningen ikke lenger kan benyttes som ubåthangar eller dokk for båter (MC, 2013a).

3.5.2 Kanalen

Området på land sør for den delen av Kanalen som går fra Ravnkloa til Brattørbrua regnes som Middelalderbyen i Trondheim. Her gjelder et generelt fredningsvern på land. Dette har ingen direkte betydning for tiltakene i sjø, men har betydning for eventuelle sikringstiltak av kai- og bryggefronter som må gjøres før tiltakene i sjø kan gjennomføres. Det er registrert skipsfunn under utgraving på land. Det vil derfor være sannsynlig at det kan finnes kulturminner også i Kanalen. Store deler av Kanalen ble imidlertid mudret på 1970-tallet, slik at eventuelle nye funn sannsynligvis kun vil påvises ved mudring i betydelig mektighet. I Kanalen ønsker NTNU-VM å gjennomføre forundersøkelser når mudreområdene er ferdig prosjektert. Funn under forundersøkelser kan påvirke fremdriften for arbeidene i Kanalen, men i hvilken grad er ikke mulig å forutse nå. Områdene som er aktuelle for undersøkelser er mellom Jernbanebrua forbi Brattørbrua ut mot Tavern. I tillegg vil det være aktuelt med marinarkeolog tilstede i områder hvor det skal mudres med betydelig mektighet. Ved mudring i områder hvor det kan være kulturminner benyttes rist og spyleutstyr på lekter samt at beredskap for håndtering av funn og dykkerinspeksjon ved NTNU-VM skal etableres. Det kan være aktuelt med dykkerinspeksjon eller -undersøkelser i mudreområdene før tildekking gjennomføres for å registrere eventuelle funn.



Figur 3.2 Middelalderbyen i Trondheim, skravert område sør for Kanalen

3.5.3 Brattørbassenget.

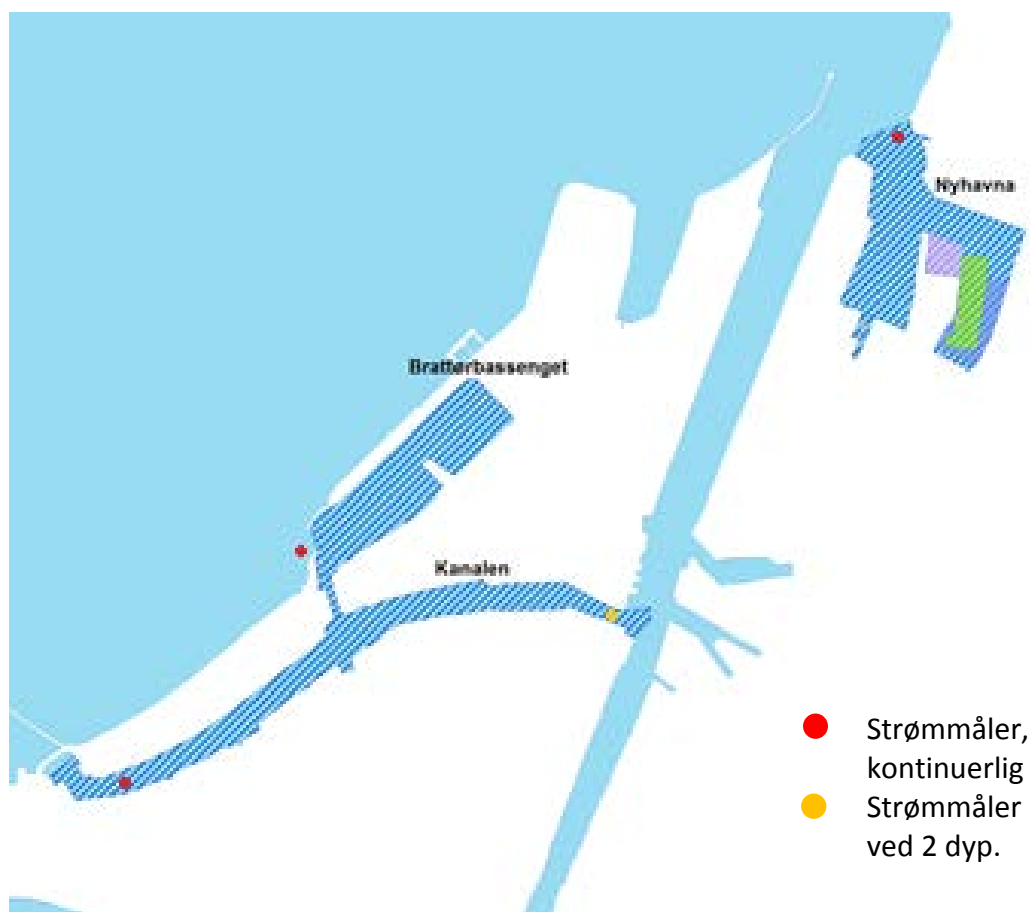
NTNU-VM undersøkte Brattørbassenget i forbindelse med bygging av ny hurtigbåtterminal i 2007. Etter gjennomgang av rapporten fra 2007 oppgir NTNU-VM at det ikke er nødvendig å gjennomføre ytterligere undersøkelser eller direkte overvåking av mudringen.

3.5.4 Ilsvika

Det er ikke registrert kulturminner på land som grenser til tiltaksområdet i sjø. NTNU-VM anser ikke området å være et relevant område for kulturminner. Det har tidligere vært undersøiske ras i området som dermed reduserer muligheten for gjenværende kulturminner av interesse på sjøbunnen.

3.6 Strømforhold

Det er gjennomført strømmålinger i utløpssonene i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna, se Figur 3.3.



Figur 3.3 Strømmålinger i utløpssoner i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna

Strømmålingene ved Skansenløpet og ved utløpet av Brattørbassenget viser at det er en netto vanntransport i bunnvannet inn Kanalen og i Brattørbassenget. Dette betyr at det er en redusert risiko for spredning ut av delområdene langs bunnen. Målinger og usikkerheter knyttet til målingene er nærmere beskrevet i eget notat i vedlegg C.

Målingene ved Brattørbrua viser at det er en dominerende vanntransport fra Nidelva og inn i Kanalen. Terskelen under brua er med å hindre at bunnvann fra Kanalen transporteres ut til Nidelva. Topografien muliggjør en dannelse av en strømvirvel i måleområdet ved Brattørbrua, men måledataene fra området gir ikke tilstrekkelig dokumentasjon for å verifisere dette.

I Nyhavna viser målinger nordøst i utløpet at det er en netto vanntransport inn i havna i nordøstre del av utløpet og dermed en nettotransport av vann ut av Nyhavna sørvest i utløpet.

4 Forurensningsforhold og tiltaksbehov

4.1 Kanalen

Sedimentene i hele delområdet har høyt innhold av metaller, spesielt kobber og delvis kvikksølv i tillegg til høyt innhold av PAH. I Kanalen er det påvist sedimentkonsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse 4 for PAH, kvikksølv, bly, kobber, PCB og TBT (SFT, 2008). Det er i tillegg påvist PAH og kvikksølv i tilstandsklasse 5. Helt vest i Kanalen ved Skansen bru er det i tillegg høyt innhold av bly i sedimentene. Organiske miljøgifter (PAH) ligger hovedsakelig i den vestlige halvdel av Kanalen, mens TBT er påvist i høye konsentrasjoner i hele Kanalen. Konsentrasjoner av PAH i overflateprøver er presentert i Figur 4.1.

Undersøkelsene i 2011 viser at det pågår en gradvis, men sakte forbedring av tilstanden i sedimentene, da de høyeste konsentrasjonene er påvist dypere ned i sedimentene. Undersøkelsene viser også at partikler i vannfasen inneholder sedimentkonsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse 4 for kobber, PAH og TBT. Det forurensede sedimentlaget har en betydelig mektighet fordi kloakk fra gammelt av ble sluppet direkte i Kanalen. I dag går kloakken til renseanlegg, men overvann fra byen går fortsatt ut i Kanalen.

Beregningene fra risikovurderingen (NGI, 2011b) viser at det foregår spredning av særlig arsen, bly, kobber, krom, nikkel og sink fra delområdet og derved også muligheter for at det kan spres ut av Kanalen. For human risiko er det arsen og PAH-forbindelsen b(a)p som overskrider tolerabel risiko. For økologisk risiko er det arsen, PAH-forbindelsen pyren og TBT (store overskridelser) som overskrider tolerabel risiko.

Store deler av Kanalen har lite seilingsdyp fordi det har vært lite vedlikeholdsmudring i området grunnet den dårlige stabiliteten til kaikonstruksjoner og brygger. Dybder i Kanalen varierer fra kote -2 til -7 LAT. Nordre del (nordsiden) av kanalen har hovedsakelig dypere sjøbunn en søndre del. Dette fordi det flere steder langs og

under brygger på sørsiden av løpet er strand som går i slak helning ut til midten av Kanalen. I nordre del av Kanalen er det bryggerekker, dels av spunt og dels av tre (bolverk). Inntil bolverk er det innfylt masser av stabilitetsmessige hensyn, slik at sjøbunnen i dette området har mindre dyp og har slakere helning mot sør.

I tiltaksplanen foreslås tildekking av Kanalen for å nå det operasjonelle målet for området, samt at det må påregnes mudring for å unngå redusert seilingsdyp ved tildekking av sedimentene. Siden det bl.a. har vært utslipp av kloakk til Kanalen forventes det forurensede laget å ha en stor mektighet, og det vil ikke være hensiktsmessig å fjerne hele laget ved mudring. Ved mudring vil også dypereliggende sedimenter med høyere konsentrasjoner kunne eksponeres og medføre spredning. Siden man med stor sannsynlighet mudrer seg ned i mer forurenset sediment, er det gitt at mudreområdene må tildekkes for at sjøbunnen skal bli tilstrekkelig ren.

4.2 Brattørbassenget

I Brattørbassenget er det påvist sedimentkonsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse 4 og 5 for PAH og TBT. Metaller (bly, kobber og kvikksølv) er påvist i tilstandsklasse 4. Sedimentene med noe forhøyet innhold av bly, kobber og kvikksølv ligger helt i sørvest i delområdet ved forbindelsen inn til Kanalen.

Beregningene fra risikovurderingen i tiltaksplanarbeidet omfatter et større delområde enn bare Brattørbassenget.

Risikovurderingen fra 2011 viser spredning av særlig arsen, bly, kobber, krom, nikkel og sink fra områder grunnere enn 20 m i delområdet. Store deler av arealet grunnere enn 20 m ligger inne i Brattørbassenget. For human risiko er det arsen (store overskridelser), kadmium, krom og kvikksølv som overskrider maksimal tolerabel risiko i områder grunnere enn 20 m. En oppdatert risikovurdering kun for indre del av bassenget viser tilsvarende resultater. Porevannskonsentrasjonen i sedimentprøvene fra indre området overskrider PNEC (Predicted No Effect Concentration) for arsen, kobber, nikkel og sink, samt for pyren (PAH) og TBT.

Sjøbunnen i Brattørbassenget skråner inn mot midten av bassenget fra Brattørmoloen, fra Pirterminalen og fra kaier i sør. I tillegg skråner sjøbunnen fra midtre del av bassenget ut mot utløpet av bassenget i vest. Dybdekart viser erosjon fra båttrafikk innerst i bassenget, hvor det tidligere var hurtigbåtkai. Det usikkert om det at hurtigbåtene måtte seile nærmere Brattørmoloen under bygging av den nye hurtigbåtterminalen medførte at områdene langs moloen ble erosjonspåvirket i betydelig grad.

I Brattørbassenget er det foreslått tildekking av sedimentene for å redusere den betydelig spredningen båttrafikken medfører i dag. For å få et bedre seilingsdyp under planlagte flytebrygger langs Brattørmoloen skal det mudres her. Langs øvrige kaier i bassenget vil det være tilstrekkelig dybde etter tildekking.

Innerst i bassenget er det planlagt etablering av en trapp ut i sjøen. Nøyaktig lokalisering og løsning er ikke bestemt, men trappen antas å dekke hele bassenget

østre kant (steinfylling i dag). Renere havn dekker til sjøbunnen inn mot dagens fylling da utbyggingstidspunkt for sjøtrappen er usikker. Miljøtilstanden i sedimentene i de sentrale deler av hurtigbåtbasenget er ikke dokumentert, men tildekkingen prosjekteres for hele delområdet da spredningen fra propelloppvirling er og har vært betydelig i området.

4.3 Nyhavna

Sedimentene i hele delområdet inneholder høye konsentrasjoner av metaller, spesielt kobber. Innholdet av organiske miljøgifter (PAH og TBT) er også høyt. Sedimentene i Nyhavna viser konsentrasjoner av TBT, bly, kobber i tilstandsklasse 5, samt sink, PAH og PCB i tilstandsklasse 4. De høyeste konsentrasjonene er påvist i den vestlige delen av Nyhavna.

Partikler i sedimentfeller viste i 2010 høye konsentrasjoner av kobber (tilstandsklasse 4) og TBT (tilstandsklasse 5), samt PAH i østre basseng. Risikovurderingen viste at det foregår spredning av særlig arsen, bly, kobber, krom, nikkel, sink og PAH fra delområdet. For human risiko er det PAH, spesielt b(a)p, og PCB som overskrider tolerabel risiko. For økologisk risiko er det arsen, nikkel, sink, PAH og TBT som overskrider tolerabel risiko. Porevannskonsentrasjonen i sediment fra området overskrider PNEC tilsvarende tilstandsklasse 2 for arsen, nikkel, PAH og TBT, samt sink i en prøve. PNEC tilsvarende tilstandsklasse 3 blir også overskredet for PAH og TBT og så vidt for arsen i en prøve.

Deler av vestre basseng i Nyhavna ble mudret i 2004. Mudremasser ble lagt i et strandkantdeponi ved Pir 2 i Trondheim Havn. Området som ble mudret er flatt og ligger på kote -6 til -7 LAT bortsett fra langs vestre kaifront hvor dagens dyp er noe dypere. Langs kaifronter lengre øst er kaiene tilfylt for å øke stabiliteten. I østre basseng er det et nærmest rektangulært «dyphull» hvor det tidligere har vært en flytedokk. Bunn av dokken ligger på ca. kote - 10 LAT. Resterende områder i østre basseng ligger i dag hovedsakelig på kote -6 LAT.

Behovet for mudring i området er knyttet til ønsket seilingsdyp. Sanering kun i enkelte deler av delområdet vil med stor sannsynlighet medføre spredning av forurensning fra ikke sanerte områder til sanerte områder. De skisserte tiltak omfatter derfor mudring der det er behov, med påfølgende tildekking av hele tiltaksområdet.

4.4 Ilsvika

Ilsvika er i tiltaksplanen for Trondheim havn beskrevet som to egne delområder, Ilsvika nord/Fagervika og Ilsvika øst. Problemstillinger knyttet til geoteknisk områdestabilitet og sjøbunnstopografi gir klare rammebetingelser for mulige tiltaksløsninger i sedimentene og disse problemstillinger gjelder for begge områder. Det er ulike kilder til forurensning i de to områdene slik at forurensningsforhold og resultater fra risikovurdering er beskrevet for hvert av områdene under.

Tiltaksløsningen som skal redusere spredning av de forurensede sedimentene er for de to områdene tilnærmet like, slik at begge områdene sees under ett og beskrives som delområde Ilsvika i tiltaksbeskrivelsen.

4.4.1 Ilsvika nord

Lengst nord i Ilsvika lå det tidligere oppredningsverket til Killingdal gruber. Da oppredningsverket var i drift hadde anlegget tillatelse til å dumpe avgangsmasser i fjorden. Sedimentene lengst nord/nordvest består derfor hovedsakelig av avgangsmasser som har meget høye konsentrasjoner av tungmetaller (arsen, kadmium, bly, sink og kobber) i tilstandsklasse 4 og 5. Det er påvist høye PAH-konsentrasjoner i området. Kildene til PAH-forurensningen antas å være tidligere virksomheter på land lengre inne i Ilsvika. Sedimentene samlet opp i en sedimentfelle satt ut i området viser forhøyede konsentrasjoner av arsen, bly, kobber, sink og TBT (arsen, bly og sink i tilstandsklasse 4 og kobber og TBT i tilstandsklasse 5).

Beregningene fra risikovurderingen viser at det foregår spredning av arsen, bly, kobber og sink fra områder grunnere enn 20 m i delområdet. For human risiko er det arsen (store overskridelser), bly, kadmium, kvikksølv og PCB som overskrider maksimal tolerabel risiko i områder grunnere enn 20 m. For økologisk risiko er det arsen, PAH-forbindelsen pyren og TBT som overskrider tolerabel risiko i områder grunnere enn 20 m. Porevannskonsentrasjonen i sediment fra området overskrider PNEC tilsvarende tilstandsklasse 2 for arsen og PAH (bare pyren). Den overskrider også PNEC tilsvarende tilstandsklasse 3 for arsen og PAH (bare pyren). For pyren er PNEC-verdien lik for tilstandsklasse 2 og 3.

4.4.2 Ilsvika øst

Sedimentene lengst sør og øst i Ilsvika viser tungmetaller (arsen, bly, sink og kvikksølv) i tilstandsklasse 4, kobber i tilstandsklasse 5. I tillegg er det påvist PAH og PCB i tilstandsklasse 4 og 5 samt TBT i tilstandsklasse 4. Den vestlige delen av området har de høyeste tungmetallkonsentrasjonene, og tungmetallene antas også her å komme fra avgangsmassene utenfor Killingdal Gruber. Sedimenter med høyt innhold av organiske miljøgifter (PAH, PCB, TBT) ligger nær land, og tyder på at det er kilder på land som forårsaker dette. Det er gjennomført tiltak på land i forbindelse byggeprosjekter. Partikler i sedimentfeller i området hadde i 2010 høye konsentrasjoner av arsen, bly, kobber, sink og PAH tilsvarende tilstandsklasse 4, og TBT i tilstandsklasse 5.

Beregningene fra risikovurderingen angir at det foregår spredning av særlig arsen, nikkell og sink fra hele delområdet. For human risiko er det arsen (store overskridelser), bly, kadmium, kvikksølv og PCB som overskrider maksimal tolerabel risiko i delområdet. For økologisk risiko er det kvikksølv (så vidt), nikkell, sink, PAH-forbindelsen pyren og TBT som overskrider tolerabel risiko i delområdet. Porevannskonsentrasjonen i sedimentprøve fra området overskrider PNEC tilsvarende tilstandsklasse 2 for nikkell, sink, PAH (kun pyren) og TBT. Innholdet i porevannet overskrider også så vidt PNEC tilsvarende tilstandsklasse 3 for sink, PAH (kun pyren) og TBT. Det er påvist høye konsentrasjoner av metaller og organiske

miljøgifter (nærmest land). Tilsvarende inneholder også oppsamlede sedimenter i sedimentfellene høye konsentrasjoner og viser at det kan være risiko for spredning av forurensning ut av området.

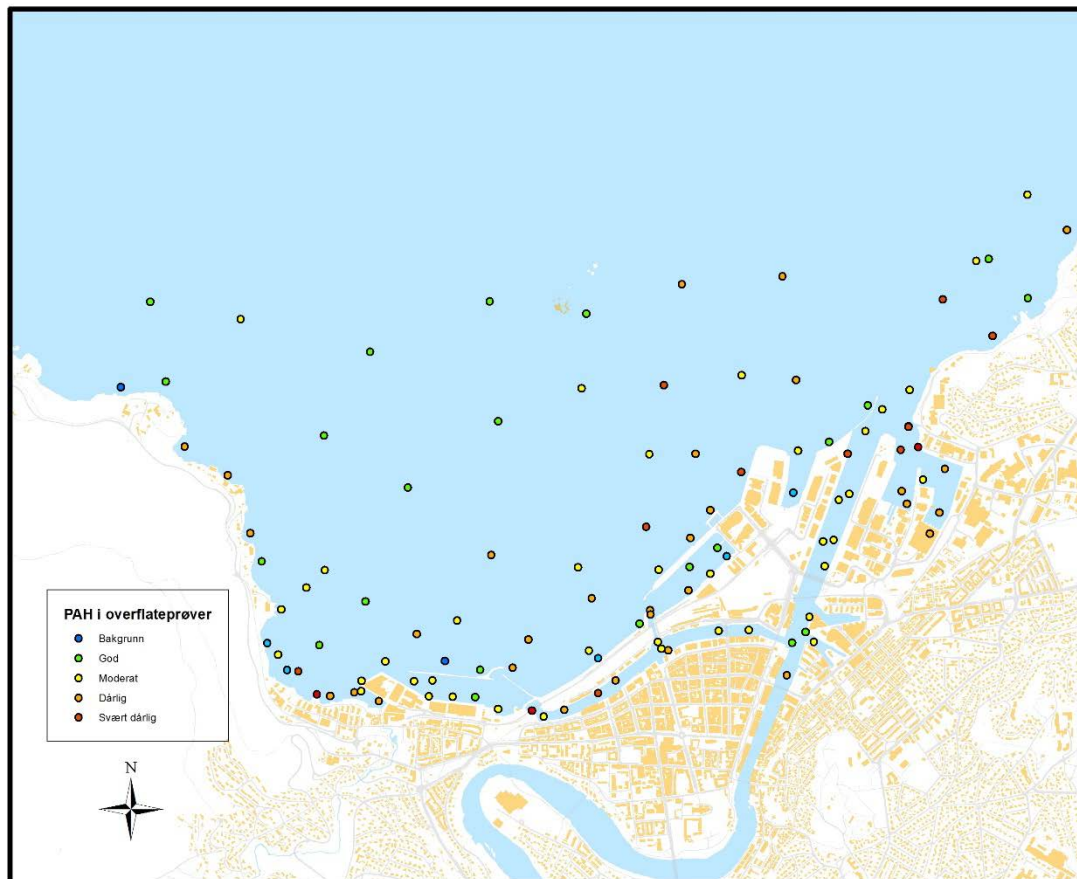
4.4.3 Tiltaksbehov hele Ilsvika

Det er potensielt store mengder metaller i avgangsmassene som ligger på sjøbunnen i nordre del av Ilsvika. Det at en finner omtrent tilsvarende høye konsentrasjoner av metaller i sedimentene i sedimentfellene viser også at det er risiko for spredning av metallene. Undersøkelsene viser imidlertid at de høye metallkonsentrasjonene i sedimentene i hovedsak ligger i dette delområdet, med noe påvirkning av de tilliggende delområdene. Med tanke på de store mengder metaller som ligger i dette området og de høye konsentrasjonene, velger vi å bruke "føre-var"-prinsippet og dekke til avgangsmassene som beskyttelse mot spredning og for å redusere human og økologisk risiko.

Arealet med avgangsmasser i sjøen er stort, antatt ca. 1 km², og det er sannsynlig at mer enn 1 million tonn avgangsmasser er spylt ut i fjorden. Å fjerne massene ved mudring er derfor ikke aktuelt. En isolering av massene ved tildekking vurderes å være det mest egnede tiltaket. Lengre sør/sørøst i Ilsvika er forurenset sjøbunn påvirket av den tidligere virksomheten ved Killingdal, samt fra annen industrivirksomhet. Det foreslås å tildekke sjøbunnen nærmest land ned i hele delområdet til 20 m vanddyp.

Det er meget sensitiv grunn i området og det har gått flere ras her tidligere. Det er derfor prosjektert med et tynt dekklag med 10 cm dekkmasse i hele delområde Ilsvika. Det er gjennomført en pilottest med utlegging av sandmasser 0/8-fraksjon i et testfelt på 20 x 200 m. Resultater viser at det er mulig å legge ut vanlig sand som tildekkingsmateriale i dette området. Det forventes imidlertid en redusert mektighet og effekt i områder som har helningsvinkel brattere enn 26,5 grader.

I et begrenset område lengst sørøst hvor området er mindre sensitivt er det prosjektert et erosjonslag langs kai i Ilsvika og ved utløpet av Ilabekken.



Figur 4.1 Konsentrasjoner av PAH i overflateprøver i Trondheim havn

5 Omfang av det omsøkte tiltaket

5.1 Tiltakets størrelse

Håndteringsveilederen for sediment TA 2960/2012 (Klif, 2012) gir en skjønnsmessig tilpasning av dokumentasjon og prosess ut fra størrelse av tiltak som skal gjennomføres. I henhold til angivelse i håndteringsveilederen sorterer tiltakene som omsøkes i Trondheim havn under *Store tiltak* da mengden prosjektert mudremasse overskrider 50.000 m³ og arealet overstiger 30.000 m².

I forprosjektering av tiltak er det beregnet et teoretisk mudrevolum på ca. 60.000 m³ sedimenter. Fordeling av mudremengder er gitt i Tabell 5.1. Mengden mudremasser er teoretisk beregnet faste masser. Mudremassene skal legges i en deponiløsning som med et strandkantdeponi (deponi 14) og to sjøbunnsdeponi (deponi 5 og 6c) gir en kapasitet på 145.000 m³. Den beregnede mudremengde i forprosjektet gir et

deponibehov som tilsvarer bruk oppfylling av et av sjøbunnsdeponiene og etablering av strandkantdeponi.

Det totale arealet som skal tildekket med rene masser er ca. 373.000 m² (inkl. deponimrådet), vist i Figur 2.1.

Tabell 5-1 Tiltakets størrelse. Alle masser er teoretisk beregnet faste masser

Område	Sted:	Mudring	Tildekking
Kanalen	Hele delområdet	11.500 m ³	100.000 m ²
Brattørbassenget	Hele delområdet	12.000 m ³	80.000 m ²
Nyhavna	Vestre og østre basseng	35.000 m ³	70.000 m ²
	Under Dora	Ingen mudring	8.000 m ²
	Deponiområdet	2.700 m ³	23.000 m ^{2*}
Ilsvika	Hele delområdet	Ingen mudring	100.000 m ²
Område:	Sted:	Deponikapasitet	
Nyhavna	Strandkantdeponi (deponi 14) og sjøbunnsdeponi (deponi 5)	75.000 m ³	
	Strandkantdeponi (deponi 14) og begge sjøbunnsdeponier (deponi 5 og 6C)	145.000 m ³	

*Omfatter både deponi 5 og arealet for et evt. deponi 6c. Areal under planlagt strandkantdeponi (deponi 14) inngår ikke.

5.2 Rammebetingelser for prosjektering

Den prosjekterte tiltaksløsningen i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er basert på framtidig arealbruk; trafikk- og seilingsdyp for delområdene. I Ilsvika er stabilitetsforhold den styrende faktor for prosjektert løsning.

Kanalen skal brukes som småbåthavn med enkelte rutegående fartøy. Dybder er begrenset av terskler i Skansenløpet og seilingshøyde under Ravnklo bru og Jernbanebrua. Betingelser for seilingsdyp, arealbruken og dermed forutsetninger for at tiltaksløsningen skal oppfylle de lokale miljømålene for området er:

- Langs søndre side av Kanalen skal ikke mudring berøre bryggefronter og er derfor styrende for endelig seilingsdyp
- Ravnkloa, flytebrygger, langs kai kote -3 LAT
- Seilingsled, fra Ravnkloa til Gryta: 10 m bred, kote -3,5 LAT

- Seilingsled, Skansen til Ravnkloa: Bredde fra nordre kant til midt i løpet, kote -3,5 LAT.

Brattørbassenget er trafikkhavn for hurtigbåter og gjestehavn. Brattørbassenget har ingen fysiske barrierer mot andre delområder eller mellom indre og ytre basseng, slik at arealbruken begrenses av annen trafikkregulering (merking på kart, fysisk merking, trafikkmønster). Betingelsene for arealbruken i Brattørbassenget er:

- Innside av flytebrygger langs Brattørmoloen, kote -2 LAT, ytre del av flytebrygge – 3 LAT
- Ytre del av bassenget ved Hurtigbåtpir, kote -7 LAT
- Indre del av bassenget skal benyttes som gjestehavn med seilingsdyp som dagens dyp noe redusert av tildekkingslag

Nyhavna skal opprettholdes som trafikkhavn i vestre basseng, mens arealene i østre basseng reguleres avhengig av fyllingshøyde for sjødeponi. Seilingsarealer som ikke inkluderes av strandkantdeponiløsning og sjøbunnsdeponiløsning har ingen fysiske barrierer for å regulere trafikken. Arealbruken etter tiltak må derfor begrenses av annen trafikkregulering.

Ilsvika framstår i dag som et bo – og rekreasjonsområde etter at det har foregått omfattende rydding på land ved det tidligere oppredningsverket i Fagervika og i forbindelse med byggeprosjekter på land. I tillegg er det småbåtkai i indre del av Ilsvika. Tiltakene i Ilsvika er begrenset av lokale stabilitetsforhold på land og i sjø.

5.3 *Mudring*

I de tre delområdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna har Trondheim Havn spesifisert arealbruk og ønsket seilingsdyp samt aktuelle båter som skal trafikkere i de ulike områdene. Behov for mudring og mudredypet har dermed framkommet fra en vurdering av dagens seilingsdyp med et prosjektert tildekkingslag for de ulike delene av havna. I tillegg er mudrevolumer beregnet basert på stabilitetsmessige krav og begrensninger ved eksisterende konstruksjoner. Mudreområder er skravert med rødt på kartene i Figur 5.1, Figur 5.2 og Figur 5.3, samt i vedlegg A-1 til A-3.

For å oppnå tilstrekkelig seilingsdyp må det gjennomføres stabilitetsmessige tiltak på land enkelte steder i Kanalen og Nyhavna. Stabilitetsmessige tiltak på land vil eventuelt gjennomføres som parallelle prosjekter til Renere havn. Områder hvor det ikke er realistisk å få gjennomført stabilitetstiltak på land i Renere havn-prosjektet påvirker dette mulig mudredyp og det totale volumet mudremasser til deponi. Endelig mudringsplan utarbeides i detaljprosjekteringen. Mudreplaner fra forprosjektering er vist i Figur 5.1 til Figur 5.3.

Det er tatt utgangspunkt i mekanisk mudring ved detaljprosjektering av deponiløsningen i Nyhavna. Prosjektet åpner for andre mudringsmetoder såfremt forutsetningene ved plassering av masser i deponi blir ivaretatt.

Alle mudrearbeider skal gjennomføres uten å medføre uakseptabel spredning. For å dokumentere at arbeidene utføres forsvarlig skal mudringsarbeidet overvåkes. Overvåking av mudrearbeider er beskrevet i kapittel 7.

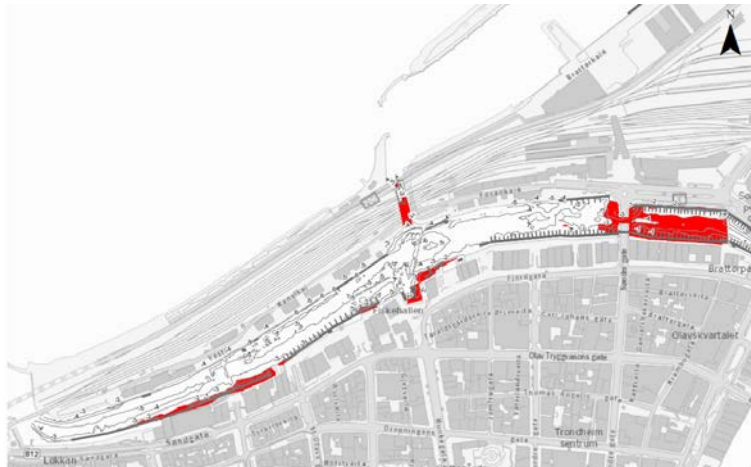
5.3.1 Kanalen

- Prosjektert mengde mudremasser i Kanalen (faste masser) er 11.500 m³

I Kanalen skal det mudres langs bryggerekker og inntil kai og bryggekonstruksjoner, til dels gamle trekonstruksjoner, som gir utfordringer knyttet til stabilitet og utførelse. Adkomsten til området går via en av tre bruer, Skansen bru, Ravnklo bru og Brattørbrua. To av bruene er faste, mens Skansen bru lengst vest er en vippebru med begrenset åpningstid pga togtrafikk. I tillegg er det en bru med biltrafikk sentralt i Kanalen, Jernbanebrua, som ikke kan åpnes. Dette gir begrensninger til type fartøy som kan benyttes for utførelsen av mudrearbeider.

Før mudringen i Kanalen gjennomføres skal området klargjøres ved å rydde unna og fjerne flytebrygger og andre konstruksjoner. I tillegg skal en del avfall fjernes fra sjøbunnen.

Det vurderes å gjennomføre mudringen i Kanalen i ulike seksjoner da det er ønskelig å hurtigst mulig ta i bruk de ulike områdene etter tiltak.

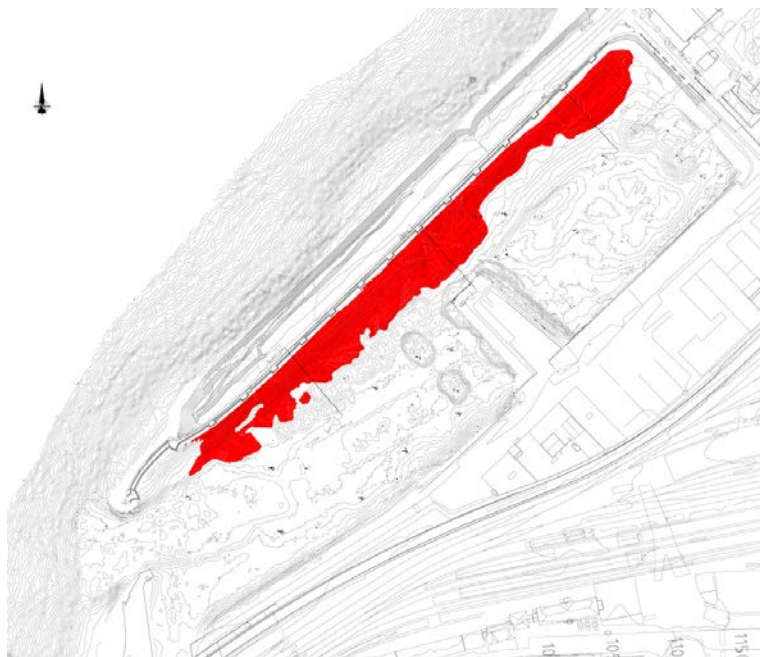


Figur 5.1 Mudreområder i Kanalen (rødt), totalt 11.500 m³ faste masser

5.3.2 Brattørbassenget

- Prosjektert mudrevolum i Brattørbassenget (faste masser) er 12.000 m³

I Brattørbassenget skal det mudres langs Brattørmoloen. Fundamentet til moloen gir begrensninger for mudredypet og dermed seilingsdyp etter tildekking. Langs moloen skal det etableres kaier for gjestehavn og større båter som ikke kan legge til i Kanalen. Hele Brattørbassenget er tenkt mudret ferdig før man starter tildekking av området.

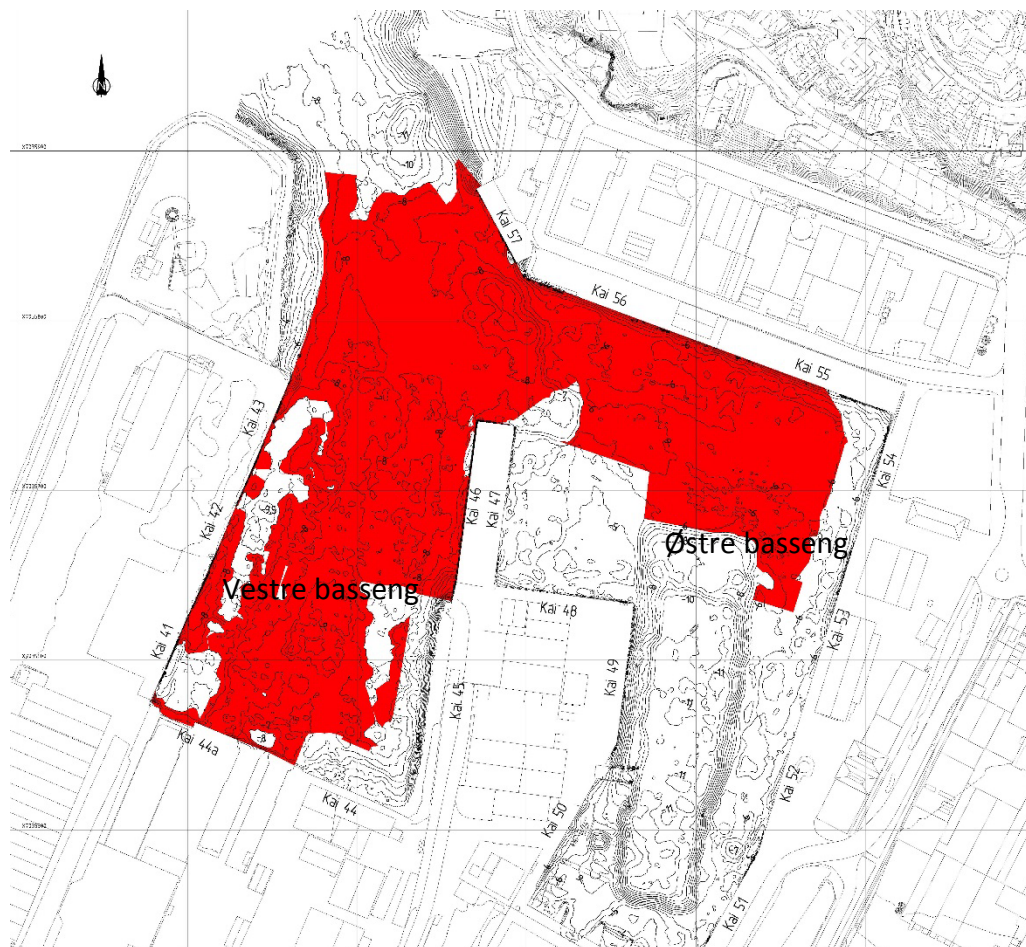


Figur 5.2 Mudreområder i Brattørbassenget (rødt), totalt 12.000 m³

5.3.3 Nyhavna

- Prosjektert mudrevolum i Nyhavna er 35.000 m³ (faste masser).

Mudreplanen i Nyhavna er detaljert basert på ulike behov for seilingsdyp, trafikkmønster for ulike typer båter samt begrensninger i stabilitet av kaikonstruksjoner og masser på land. I tillegg er stabiliteten til deponiløsningen hensyntatt. Mudringen i Nyhavna planlegges utført i vestre basseng først og avsluttes på innsiden av partikkelsperre i østre basseng som er prosjektert for deponiløsningen.



Figur 5.3 Mudreområder i Nyhavna (rødt), totalt 35.000 m³

5.4 Tildekking

Delområdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna skal tildekkes i sin helhet etter at mudring i området er gjennomført.

Prosjekterte tildekkingsløsninger omfatter tildekking med rene mineralske masser med krav om kornfordeling og mektighet. Prosjektet har ikke utelukket bruk av aktive materialer, men gir krav til at en slik løsning skal tilfredsstillende de samme funksjonskrav som for rene mineralske masser. Tildekkingsmassene skal tilfredsstillende krav til masser gitt i tildekkingsveilederen (SFT, 2005) samt stedsspesifikke krav gitt i et eget prosjektnotat (NGI, 2014).

I områdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er oppbygging av tildekkingslag og mektigheter prosjektert basert på stedsspesifikke beregninger for propelloppvirvling som igjen er basert på trafikkmønster og type båt. Beregnet propelloppvirvling angir en kornstørrelse som vil ligge i ro og behov for mektighet av materiale som skal motstå propellerosjonen (NGI, 2014b).

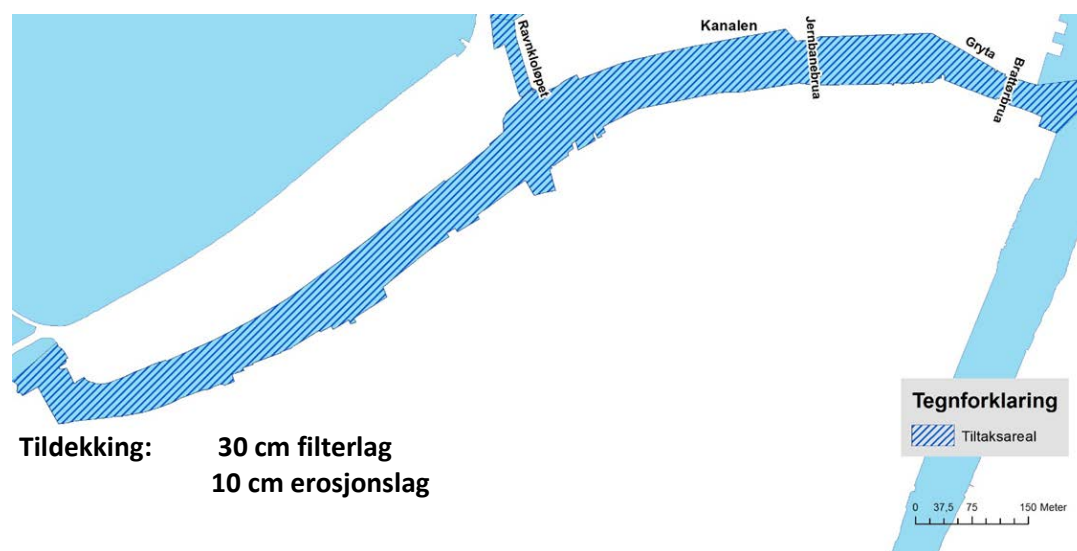
I Ilsvika skal områdene grunnere enn 20 m dybde tildekkes. Det er her prosjektert tynntildekking pga områdestabilitet og sjøbunnstopografi. I et begrenset område lengst sørøst er det prosjektert en løsning med erosjonssikring inntil kaier.

Arealer som skal tildekkes og mektigheter er gitt i Figur 5.4 til Figur 5.6. Eventuelle områder som av ulike årsaker kan få redusert tildekking er diskutert i miljøgiftsbudsjettet, kapittel 8 og vedlegg D.

For områder hvor det ikke er kai avtrappes tildekkingen med naturlig helningsvinkel for området. I tillegg vil det i områder mot land hvor det er begrensninger mht stabilitet, være stabiliteten som er styrende for avslutning av tildekkingslaget.

5.4.1 Kanalen

- Tildekking av hele Kanalen (100.000 m²) med rene masser i 40 cm (30 cm dekkmasse + 10 cm erosjonslag)



Figur 5.4 Tildekking av Kanalen

Tildekkingen i Kanalen skal avsluttes inntil kaier og under bryggerekker som har meget dårlig stabilitet. Det stilles strenge krav til at fundamenter (pilarer) under trebryggene ikke skal påvirkes. Det kan derfor være aktuelt å avslutte tildekkingslaget foran bryggefundamenter som ikke tåler påvirkning. Dette vil medføre at noe av sedimentarealet ikke blir tildekket. Det antas imidlertid at en del av materialet under bryggene som i dag ligger i vaskesonen har en del grovere materiale og dermed trolig ikke vil vaskes ut i tildekkede områder i betydelig grad. Tildekkingsmaterialet som legges ut på områdene utenfor bryggene vil under utlegging spres noe utover på grunn av strøm og dermed bidra til at mer utilgjengelige områder også får en viss forbedring.

Inn mot brygger tilstrebes det å legge et tildekkingslag tilsvarende som prosjektert for resten av Kanalen. Utførelsen skal ikke berøre stabilitet av kaifundamentene

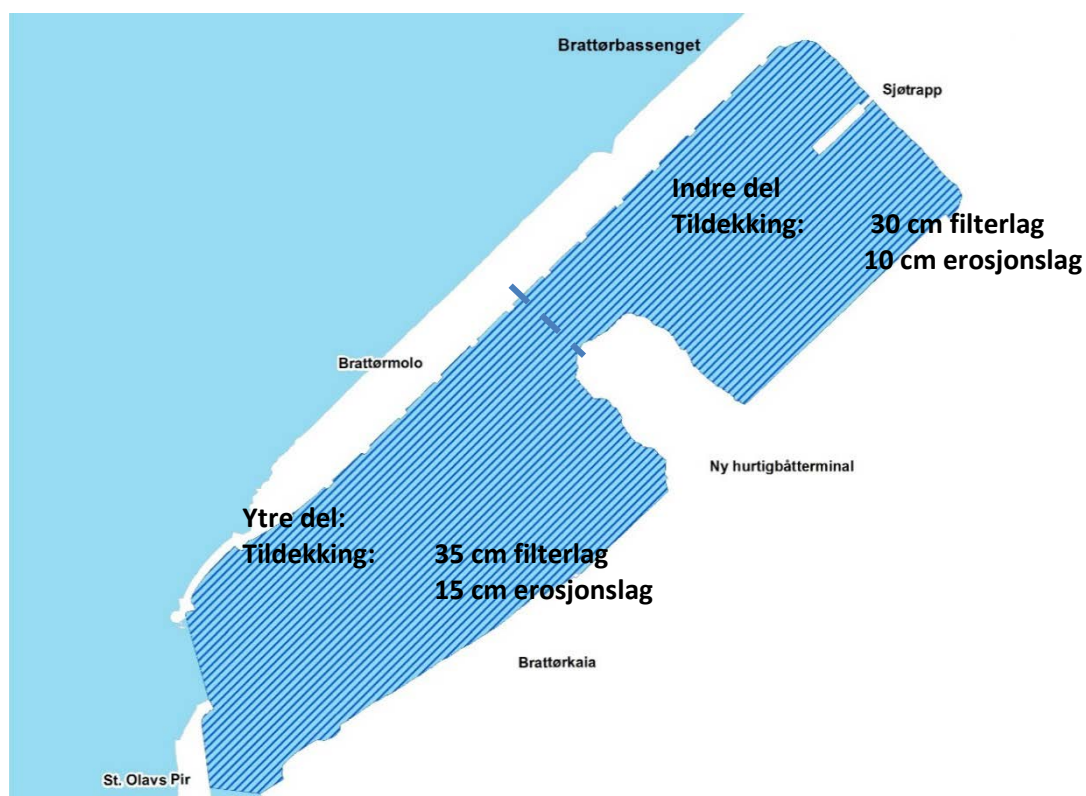
(peler) slik at det tilsvarende som for bryggerekker er begrensninger for utlegging av tildekkingsmateriale her.

5.4.2 Brattørbassenget

- Tildekking i Brattørbassenget (80.000 m²)
 ytre basseng : 50 cm rene masser (35 cm dekkmasse +15 cm erosjonslag)
 indre basseng: 40 cm rene masser (30 cm dekkmasse + 10 cm erosjonslag)

Tildekkingen i indre og ytre basseng er forutsatt utført etter at all mudring i området er utført.

Tildekkingen skal avsluttes mot molofyllinger og i naturlig aktuell helningsvinkel for området, men ikke brattere enn 1:3. Tildekking inntil kaifronter prosjekteres på en slik måte at det ikke svekker stabiliteten. Avslutning mot land og kaier vil medføre at begrensede arealer vil oppnå lavere mektighet av tildekkingsmateriale enn det som er angitt over.



Figur 5.5 Tildekkingsområder i Brattørbassenget. Totalt areal 80.000 m²

5.4.3 Nyhavna

- Tildekking med rene masser:
 - Kai 41-43 og 46 inkludert manøvreringsareal i østre basseng (ca. 33 600 m²)
55 cm (45 cm dekkmasse + 10 cm erosjonslag)
 - Kai 44 og 45 (ca. 14 000 m²)
65 cm (45 cm dekkmasse + 20 cm erosjonslag)
 - Ladehammerkaia, Kai 55 og 56 (ca. 20 500 m²)
65 cm (50 cm dekkmasse + 15 cm erosjonslag)
 - Norcem-kaia, Kai 57 (ca. 1 700 m²)
Betongmadrass ca. 30 cm tykk.
 - DORA – tildekking med 25-30 cm i ubåtbunker (ca. 8 050 m²)



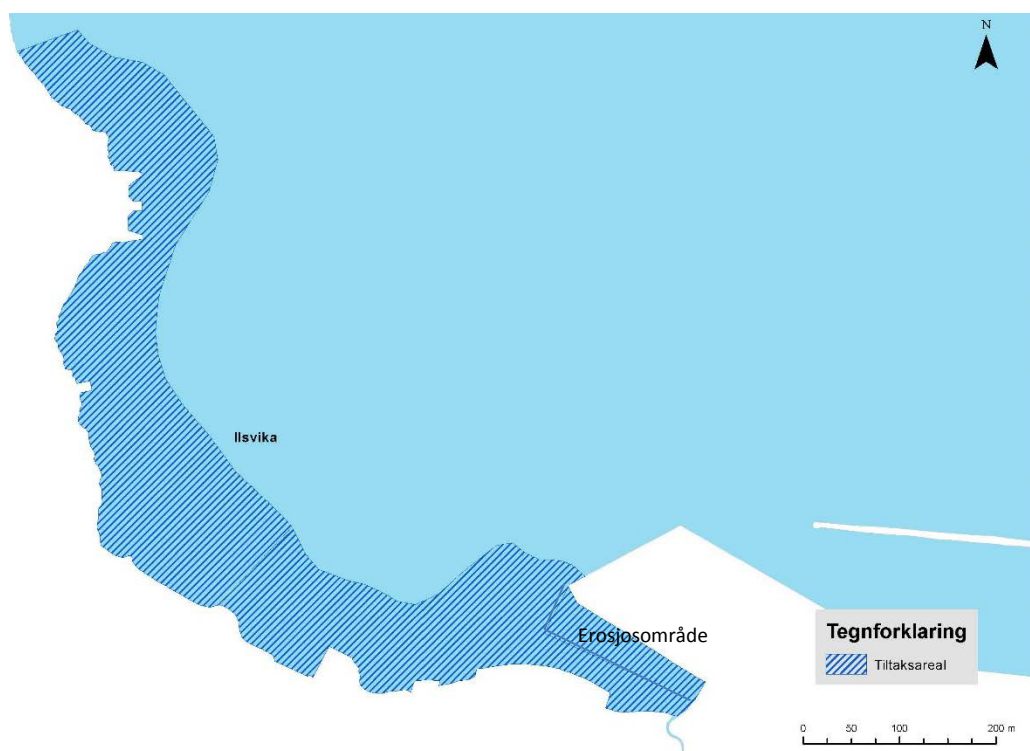
Figur 5.6 Tildekking i Nyhavna inkl. fotavtrykk deponi. Tildekking under DORA sees ikke på figuren, men skal utføres.

Tildekkingslag avsluttes inn mot fyllingsfot i områder hvor det ikke er kai. Kaier i Nyhavna er hovedsakelig kaier med spuntkonstruksjoner el. tilsvarende "tette" konstruksjoner. Tildekkingen inntil kaifronter vil ha liten innvirkning på stabiliteten av kaiene. Tildekkingen inntil kaifronter gjøres på en slik måte at det ikke svekker stabiliteten.

Under DORA, hvor det ikke foregår båttrafikk, vil det være aktuelt å ha et tynnere tildekkingslag enn for områder hvor det er trafikk. Ser man bort fra erosjonslaget er nødvendig mektighet for tildekkingslaget under DORA på 25 til 30 cm. En sandfraksjon 0/8 vil normalt være aktuelt å bruke i et område hvor det ikke er båttrafikk. Foran DORA er tildekkingen avhengig av om det skal være båttrafikk i området. Dette er en del av detaljprosjekteringen og er derfor ikke vurdert særskilt her. SINTEF har vurdert at en tildekking på 25-30 cm ikke vil påvirke vannstrømmen eller temperaturforholdene under Dora på en merkbar eller målbar måte. Der det er et mindre og avgrenset område, som under DORA, kan det stilles et høyere krav til presisjon ved utlegging for å kunne redusere mektigheten av tildekkingslaget ytterligere.

5.4.4 Ilsvika

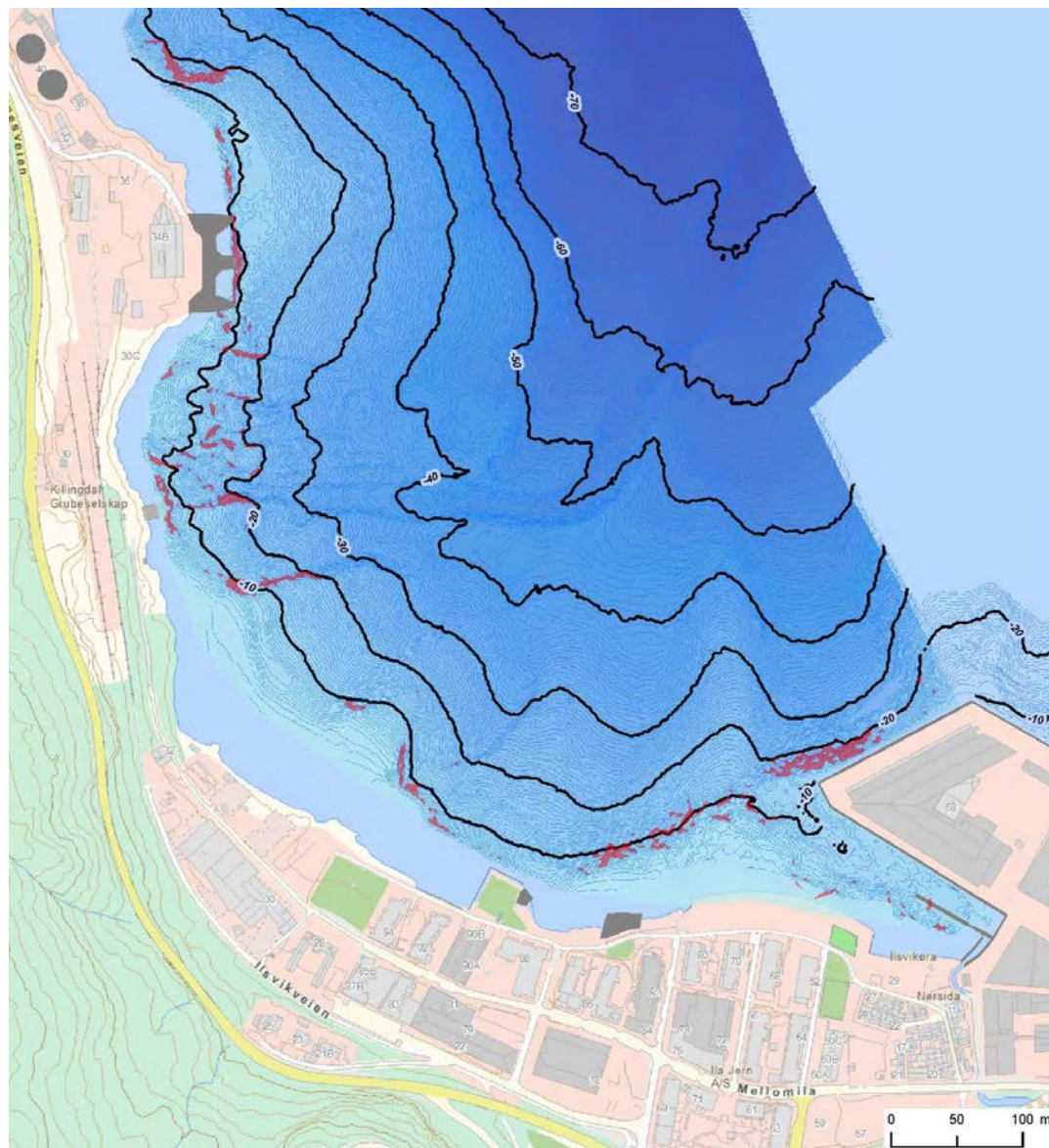
- Tildekking av 100.000 m² med tynt isolasjonslag (10 cm) i områder grunnere enn dybde 20 m. I erosjonsområdet skal det i tillegg legges 10 cm med erosjonslag.



Figur 5.7 Areal for tildekking med 10 cm rene masser i delområdet Ilsvika. Skravert ramme i sørøstre del er område for erosjonslag i tillegg til tynntildekkingslag.

For ikke å belaste sjøbunnen for mye ved tildekkingen anbefales det å legge ut det tynne sjiktet på 10 cm i flere lag. Området som skal tildekkes har til dels sterkt skrånende topografi ut fra land. Det er gjennomført en pilottest i området hvor det ut fra resultater fra målinger og visuelle observasjoner er angitt en praktisk grense på

26,5°, skråning 1:2, hvor et tynt tildekkingslag antas å ligge i ro. I helninger brattere enn 26,5° antas redusert eller ingen tildekning, vist med rød skravur i Figur 5.7.



Figur 5.8 Kart over sjøbunnen i Ilsvika. Områder grunnere enn 20 m skal dekkes til. Områder som er skravert med rødt er områder som har helningsvinkel brattere enn 26,5°, skråning 1:2, som er grensen for når et tynt tildekkingslag antas å ligge i ro. I helninger brattere enn 26,5° antas redusert eller ingen tildekning.

Området som skal tildekkes er bratt, slik at det også er risiko for at tildekkingsmassene ikke vil ligge i ro, men eroderes ut på større dyp. Dette vil eventuelt bidra til en naturlig spredning av rene masser over de store områdene med forurensede avgangsmasser og vil uansett bidra til å bedre situasjonen lokalt selv om dekklaget i de grunne områdene blir tynnere.

I området lengst sørøst skal det i tillegg til tildekking med 10 cm sand legges et erosjonslag som beskytter mot skipsoppvirvling ved kai og erosjon fra utløpet av Ilabekken.

I forbindelse med transformasjon av områder på land fra industri til bolig- og rekreasjonsområder er det gjennomført omfattende stabilitetstiltak og sikringstiltak i sjøkanten. Dette har resultert i steinplastring/fylling langs store deler av strandlinjen i Ilsvika-området. Tildeckingslaget på sjøbunnen avsluttes inntil de allerede eksisterende sikringstiltakene langs land.

5.4.5 *Alternative tiltaksløsninger*

Etter innspill fra andre fagmiljø og aktører og etter å ha vurdert erfaringer fra andre prosjekter, innrettes anskaffelsen slik at andre metoder og materialer gis en reell mulighet for å konkurrere. Alternative løsninger skal utarbeides som komplette tilbud med begrunnelse for og redegjørelse av metodevalg der det foreslås avvikende spesifikasjoner. Konkurranseskravet har tydelige funksjonskrav som alternative løsninger må tilfredsstille. Det kan forventes alternative løsninger på to områder: mudringsmetode (sugemudring med hydraulisk transport til geotekstilposer), og bruk av aktivt tildeckingsmateriale slik at tykkelsen på mudring og tildekking kan reduseres.

Det er annonsert og lagt ut konkurransegrunnlag for de aktuelle fraksjonene av masser til isolasjonslag, erosjonslag og steinfylling ved deponiet. Det er mulig å gi alternative tilbud på materialer med andre egenskaper så fremt massene tilfredsstiller tildeckingsveilederen.

5.5 *Deponi i Nyhavna*

5.5.1 *Deponiløsning*

Mudringsmassene er i sin helhet forutsatt lagt i et lokalt deponi, som etableres i Nyhavna. Hovedbegrunnelse for valgt plassering av deponi er:

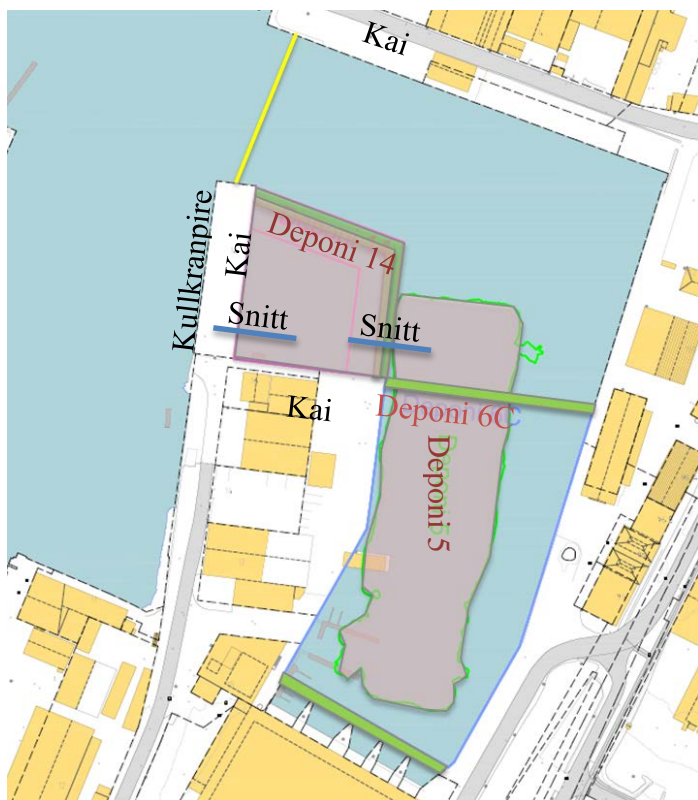
- Det er i Nyhavna at det største mudringsomfanget er planlagt, og det er her de høyeste forurensningsnivåene er påvist.
- Nyhavna er ei trafikkhavn, og det er ingen aktiviteter i nærområdet som karakteriseres som følsomme for mulig forurensningsbelastning.

Valgt deponiløsning er illustrert i Figur 5.9, og består av:

- Sjøbunnsdeponi i bassenget nord for Dora I (deponi 5), som etableres ved gjenfylling av ei grop i sjøbunnen (som ble mudret ut tidlig på 1900-tallet).
- Strandkantdeponi ved Kullkranpiren (deponi 14).

En mer detaljert beskrivelse av planlagt deponi er gitt i Multiconsult-rapport 415566-TVF-RAP-001_rev01 «Forprosjekt» (MC, 2014), samt vedlagte Multiconsult-rapport 415566-RIGm-RAP-003 "Miljørisikovurdering", vedlegg B.

Gjennom konsekvensutredning og reguleringsplan er det også lagt til rette for at sjøbunnen foran Dora I kan heves med inntil 3 meter i forhold til dagens sjøbunn (deponi 6C), slik at total deponikapasitet blir 145.000 m³. Siden total mudringsvolum kun er anslått til 64.000 m³, vil heving av sjøbunnen imidlertid være lite aktuelt. Gjenfylling av grop og etablering av strandkantdeponi gir en samlet kapasitet på ca. 75.000 m³.



Figur 5.9 Planlagt deponiløsning i Nyhavna, som omfatter et strandkantdeponi ved Kullkranpiren (deponi 14), samt oppfylling av tidligere mudret grop i sjøbunnen (deponi 5). Deponi 6C innebærer heving av sjøbunnen i østre basseng (mellom de to grønne strekene i figuren), men antas ikke å komme til utførelse. Forutsatt partikkelsperre i hele tiltaksfasen (mudring, deponering, tildekking) er illustrert med gul strek. Blå streker merket med snitt A og snitt B viser plassering av prinsippsnitt som er vist i hhv. Figur 5.10 og Figur 5.11.

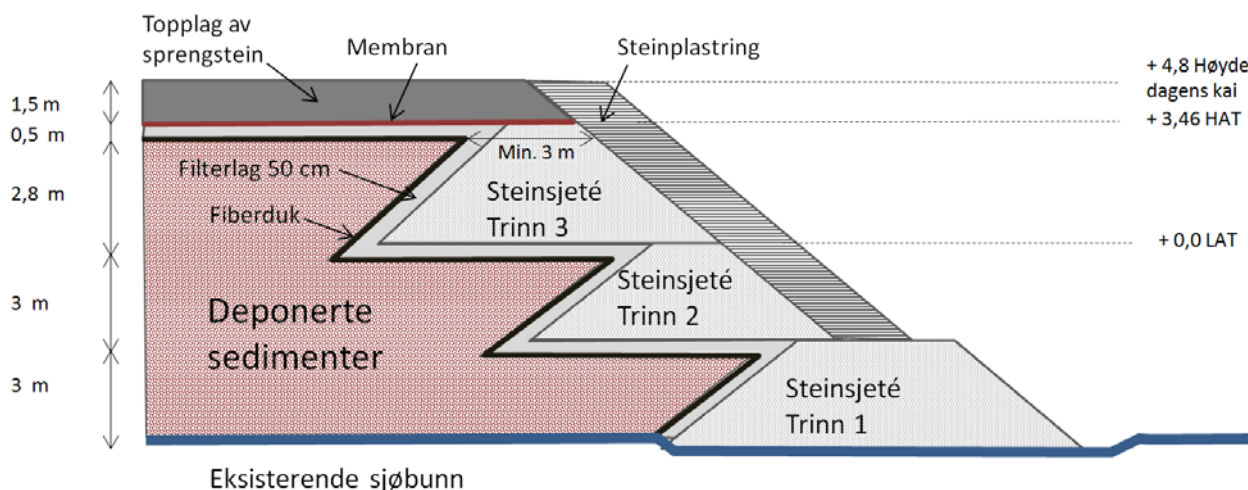
Under gjennomføringen er det forutsatt at hele østre basseng i Nyhavna stenges av med en partikkelsperre, som vist i Figur 5.9. Partikkelsperra blir nærmere omtalt under "avbøtende tiltak".

5.5.2 Strandkantdeponi

Strandkantdeponiet etableres innenfor en avgrensingsfylling av stein ("sjeté") mot sjøen.

Hovedformålet med steinfyllingen er å holde deponerte mudringsmasser på plass innenfor et begrenset areal, samt å hindre utlekking av forurensning. Deponiets avgrensninger mot vest og sør utgjøres av eksisterende kaier (Kullkranpiren).

Avgrensningsfyllingen mot sjø er planlagt etablert i 3 trinn (steinsjeté trinn 1-3), med innfylling av mudringsmasser i deponiet mellom hvert trinn, som illustrert i Figur 5.10. Hensikten med denne trinnvise oppfyllingen er å optimalisere kapasiteten i deponiet. Én massiv steinfylling mot sjøen ville gitt mye mindre deponikapasitet.



Figur 5.10 Prinsipp for oppbygging av strandkantdeponi (deponi 14). Snitt A – avgrensning mot sjø. "HAT" angir høyeste sjøvannsnivå, mens "LAT" angir laveste sjøvannsnivå ("sjøkartnull").

Følgende elementer skal hindre utlekking av forurensning gjennom steinfyllingene:

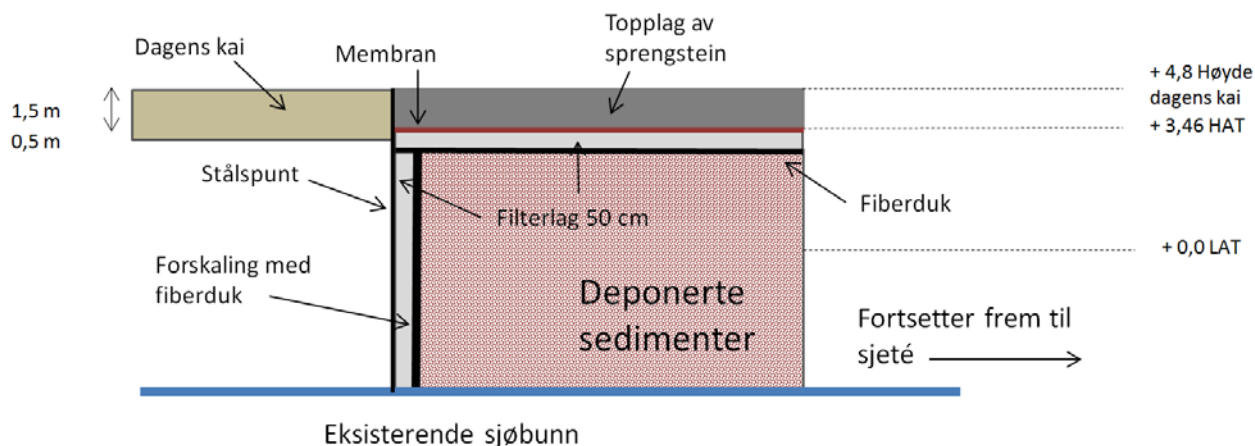
- Den innvendige fyllingsskråningen på samtlige 3 steinfyllinger dekkes med et 0,5 meter tykt filterlag, som igjen dekkes med en fiberduk (for masseparasjon og filtrering).
- Under de to øverste steinfyllingene legges en armeringsduk (fiberduk med geoteknisk bærefunksjon, i tillegg til filterfunksjon), som dekker hele fotavtrykket til hver steinfylling. Over armeringsduken legges et 0,5 meter tykt filterlag, før selve steinfyllingen bygges opp.

Minimumsavstand fra deponerte mudringsmasser og ut til steinplastringen, gjennom filterlag og steinsjeté, skal være 3 meter.

Under steinfyllingene i trinn 2 og 3 kan det, for å redusere risikoen for uønsket ventetid mellom fyllingstrinn, være aktuelt at sedimenter fylles i «big bags» som så legges i deponiet. Dette er imidlertid ikke en forutsetning for å oppnå en miljømessig forsvarlig løsning.

Eksisterende kaier danner "bakveggen" i strandkantdeponiet. Disse består av stålpunt som er i dårlig forfatning, og kan ikke regnes som tette barrierer (mot

utlekking av forurensning). Det er derfor forutsatt etablert et filter bestående av 0,5 meter sand, samt fiberduk, mellom deponerte sedimenter og kaifrontene. Sandfilteret etableres ved at det før innfylling i deponiet monteres en "forskaling" 0,5 meter fra kaifrontene. Rommet mellom kaifront og "forskaling" fylles med filtermasse, parallelt med innfylling i deponiet.



Figur 5.11 Prinsipp for oppbygging av strandkantdeponi (deponi 14). Snitt B – avgrensning mot eksisterende kaifronter

Når deponiet er ferdigstilt, vil det dermed være etablert et sammenhengende filterlag i 0,5 meters tykkelse, med fiberduk, på alle flater som vender inn mot deponerte mudringsmasser. Dette skal utgjøre et effektivt hinder for spredning av forurensning ut fra deponiet.

Toppen av deponiet er forutsatt dekket med en fiberduk, et 0,5 meter tykt filterlag, en tettemembran (bentonitt) og et 1,5 meter tykt bærelag av sprengstein, som vist i Figur 5.10 og Figur 5.11.

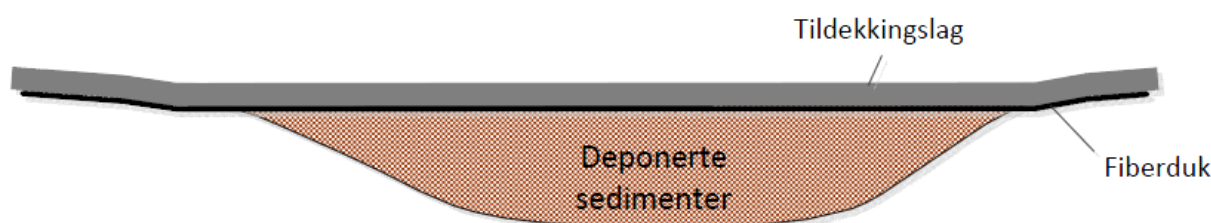
Utover den geotekniske funksjonen, vil topplaget ivareta følgende:

- Fiberduk og filterlag vil, sammen med sprengsteinsmassene, hindre forurensningstransport til sjøen. Det forventes at grunnvannsnivået innover i deponiet på sikt vil stabiliseres omkring middel spring høyvann, kote +2,8 m LAT, dvs rett oppunder topplaget.
- Rene masser i til sammen 2 meters mektighet over forurensede sedimenter medfører at deponerte masser representerer svært liten risiko for direkte eksponering. Direkte eksponering kan da i praksis kun forekomme i forbindelse med graving i deponiet.
- En sammenhengende tettemembran, i overgangen mellom filterlag og bærelag, vil gi redusert infiltrasjon av overflatevann (nedbør på deponioverflaten), som igjen vil medføre minimal sigevannsproduksjon fra eventuelle forurensede masser over grunnvannsnivå.

5.5.3 Sjøbunnsdeponi

Det er grunn til å forvente at sjøbunnsdeponiet kun vil omfatte gjenfylling (helt eller delvis) av fordypningen foran Dora I, som illustrert i Figur 5.12.

Sjøbunnsdeponiet skal tildekket etter de samme prinsipper som legges til grunn for tildekking av forurenset sjøbunn i prosjektet for øvrig, men det er i tillegg forutsatt en fiberduk som skiller deponerte masser og tildekkingsmasser. Hensikten med dette er å unngå sammenblanding av massene. Det er planlagt en tildekking med tykkelse 60 cm. De øvre 15 cm består av grovt materiale som skal hindre at båttrafikk eroderer bort tildekkingen, mens de nedre 45 cm er mer finkornig og skal hindre utlekking av forurensning.



Figur 5.12 Skisse som illustrerer utforming av sjøbunnsdeponi

5.5.4 Forutsatt rekkefølge

Følgende overordnede framgangsmåte forutsettes for arbeidene i Nyhavna østre basseng, inklusive etablering av deponier:

1. Etablering av partikkelsperre.
2. Vekselsvis etablering av avgrensingsfyllinger (inkl. fiberduker og filter) for strandkantdeponi, og innfylling i begge deponier. Av stabilitetshensyn er det en forutsetning at sjøbunnsdeponiet er fylt med masser opp til kote -8,0 m LAT før siste deponeringstrinn i strandkantdeponiet. Utover dette stilles ikke krav til rekkefølgen i deponibygging og deponering.
3. Arbeidene bør planlegges slik at innfylling i deponi 5 (sjøbunnsdeponiet) utføres i påkrevde deponeringspauser for deponi 14 (strandkantdeponiet).
4. Tildekking av deponi 5 (sjøbunnsdeponi) og øvrig sjøbunn i Nyhavnas østre basseng, inklusive arealet under Dora I, utføres etter at all håndtering og deponering av forurensete mudringsmasser er ferdigstilt (for å unngå rekontaminering).
5. Partikkelsperra demonteres når all mudring og deponering i østre basseng er ferdigstilt, og sjøbunnsdeponiet (deponi 5) samt all øvrig sjøbunn er tildekket med rene masser.

6 Kontroll av utførelse

6.1 Generelt

Alle arbeidene blir underlagt krav til overvåking og kontroll som defineres i en kontrollplan som utarbeides før arbeidene starter. Entreprenøren skal i sitt tilbud presentere rutiner, metodevalg og presisjon for de ulike oppgavene. Entreprenøren skal utarbeide og implementere prosedyrer for alle deler av arbeidet og disse skal kontrolleres og godkjennes av byggherre før oppstart av anleggsarbeidene. Alle avvik fra rutiner/instrukser skal dokumenteres.

Kontrollprogrammer for tiltakene vil beskrive måleprogram for

- Geoteknisk stabilitet – bygninger
- Måloppnåelse for mudring
- Måloppnåelse for tildekking
- Spredning før, under og etter tiltak

6.2 Kontroll geoteknikk

Høydereferanser på gamle kai-tegninger er usikre men er etter opplysninger fra Trondheim Havn antatt å referere til «Trondheim lokal». Det foretas en høydemåling på kaifrontene ut mot mudringsområder før tiltak, referert til LAT, for å sikre riktig høydegrunnlag. I områder der det skal utføres mudring inn mot sårbare kaier/konstruksjoner skal det utføres kontroll av evt. deformasjoner.

6.3 Kontroll av måloppnåelse

6.3.1 Mudring

Utførende entreprenør er ansvarlig for å dokumentere mudrearbeidene, dyp, mektighet og mengder. Mudreområder skal måles opp før oppstart mudring og mudredyp skal dokumenteres før utlegging av tildekkingsmateriale.

6.3.2 Tildekking

Tildekkingsmaterialet skal dokumenteres før utlegging. Materialet skal tilfredsstillende krav til kjemisk innhold, samt kornstørrelse som beskrives for hvert område i detaljprosjekteringen. Entreprenør/leverandør er ansvarlig for å dokumentere dette.

Etter utlegging skal tykkelsen av tildekkingslaget kontrolleres, hvor mektighet av både filterlag og erosjonslag skal dokumenteres. Tildekkingen skal utføres slik at det oppnås et jevnt lag. Sluttkontroll av mektighet av hele tildekkingslaget skal dokumenteres ved at området måles opp før og etter utlegging.

For å dokumentere det kjemiske egenskapene til tildekkingslaget skal de øvre 10 cm av filterlaget dokumenteres. I områder hvor det benyttes samme type masse i hele tildekkingslaget, analyseres den øvre 10 cm av ferdig tildekking. Omfang av prøvetaking beskrives i kontrollplanen som utarbeides før tiltakene starter.

Dokumentasjon av tildekkingslag over tid vil inneholde visuell overvåking da det ikke er hensiktsmessig å analysere på grove sedimenter, som er aktuelt i for eksempel Nyhavna. Dette skal beskrives nærmere i kontrollplanen.

6.3.3 *Spredning*

Under tiltak skal det måles partikkeltransport for å kontrollere og styre arbeidene. Dette gjøres ved å settes ut målebøyer med sensorer som kontinuerlig måler partikkelinnhold i vannet (turbiditet, beskrevet i kapittel 6.4). Da kan man vurdere eventuell spredning av sedimenter eller tildekkingsmateriale under gjennomføring av arbeidene.

For å beregne spredningen før, under og etter tiltak er det foreslått å gjøre målinger av både partikulært materiale og vannløst forurensning før, under og etter tiltak, se Tabell 6.1. Målingene benyttes for å dokumentere effekten av tiltakene ved å sammenlikne spredning fra influensområdet før, under og etter tildekking, i et miljøregnskap, se kapittel 8.

Et spesifikt overvåkings- og kontrollprogram skal utarbeides i en kontrollplan og skal utarbeides på bakgrunn av tillatelse fra Miljødirektoratet (eks. varighet målinger, parametere, prøveomfang og plassering m.m.).

Tabell 6-1 Undersøkelser av partikulært og vannløst spredning før, under og etter tiltak

Før tiltak:
<p>For å få et bilde på partikulær og vannløst spredning som skjer i dag før tiltak.</p> <ul style="list-style-type: none">• Sedimentfeller plasseres i influensområdet/utløpene til tiltaksområdene. Sedimentfellene vil fange opp partikulært materiale som virvles opp fra sjøbunnen og sedimenterende material via tilførsel fra land eller elva.• I forbindelse med utsetting av sedimentfellene, tas det vannprøver ved fellene for analyse av vannløst forurensning.• Passive prøvetakere festes på sedimentfeller i influensområdet/utløpene til tiltaksområdene. Passive prøvetakere gir vannløste konsentrasjoner med lave deteksjonsgrenser av den biotilgjengelige andelen av forbindelsene, og en bedre beskrivelse av konsentrasjonen i området over tid.
Under tiltak:
<p>Under tiltakene skal det måles partikkelspredning ved turbiditetsmålinger (jfr. kap. 6.4) i følgende områder for:</p> <ul style="list-style-type: none">• Kanalen: Turbiditetsmålinger ved 3 utløp; Brattørbrua, Ravnkolløpet/Brattørbassenget og Skansenløpet• Brattørbassenget: Turbiditetsmålinger ved utløp til fjorden• Nyhavna: Turbiditetsmåling ved utløp av bassenget mot Nidelva• Nyhavna - Deponi: turbiditetsmålinger på utsiden av partikkelsperre/port• Ilsvika: 2-3 stasjoner, plassering avhengig av lokalisering av tildekkingsfartøy <p>Annen prøvetaking under tiltak:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sedimentfeller plasseres ved utløpene. Sedimentfellene vil fange opp partikulært materiale som virvles opp fra sjøbunnen og sedimenterende materiale via tilførsel fra land eller elva.• I forbindelse med utsetting av sedimentfellene, tas det vannprøver ved fellene for analyse av vannløst forurensning.• Ved høye turbiditetsnivåer vil det ved enkelte tilfeller legges opp til at det skal tas vannprøver for å måle på vannløst forurensning.• Passive prøvetakere skal festes til turbiditetsmålere for å dokumentere konsentrasjoner av vannløst forurensning¹.
Etter tiltak:
<ul style="list-style-type: none">• Passive prøvetakere plasseres ved utløpene og analyseres for vannløste konsentrasjoner med lave deteksjonsgrenser.• Passive prøvetakere suppleres med vannprøver.

Turbiditetsmålere skiller ikke på spredning av rene og forurensede partikler. Spredning av forurensede partikler måles i sedimentfeller.

¹ NGI har tidligere påvist en korrelasjon mellom vannløselige konsentrasjoner av organiske forbindelser og forhøyet turbiditet, og metoden gir derfor en god indikasjon på reell risiko av spredning.

6.3.4 Spredning fra deponiområdet/deponi

For å overvåke deponiområdet under og etter tiltak er det i miljørisikovurderingen for deponiet (MC, 2014b) presentert følgende måleprogram:

Tabell 6-2 Undersøkelser av partikulært og vannløst spredning fra deponiet under og etter tiltak

Under tiltak:
Under tiltakene skal det måles partikkelspredning ved turbiditetsmålinger (jfr. kap. 6.4) i følgende områder for: <ul style="list-style-type: none">• Turbiditetsmålinger på innside og utside av partikkelsperre. Det skilles på avbøtende tiltak på innsiden og utsiden av partikkelsperren mellom vestre og østre basseng i Nyhavna. Annen prøvetaking under tiltak: <ul style="list-style-type: none">• Sedimentfeller for å fange opp partikulært materiale.• Passive prøvetakere skal festes til turbiditetsmålere for å dokumentere konsentrasjoner av vannløst forurensning¹.
Etter tiltak:
<i>Strandkantdeponi:</i> <ul style="list-style-type: none">• Overvåkingsbrønner; i og omkring strandkantdeponiet (4 stk).• Passive prøvetakere for å analysere vannløste konsentrasjoner med lave deteksjonsgrenser. <i>Sjøbunnsdeponi:</i> <ul style="list-style-type: none">• Kontroll av tildekkingsmasser; visuell kontroll for å avdekke skader/erosjon/påkjørsel fra båter.• Passive prøvetakere ved sjøbunnsdeponi.

Måleprogrammet etter tiltak skal ivareta kontroll rett etter tiltak og etterkontroll en tid etter at deponiet er etablert. Kontrollprogrammet som utarbeides før oppstart av arbeidene beskriver detaljert omfanget inkludert varighet av kontrollen. Hyppighet og varighet av overvåking over tid fastsettes i et eget overvåkingsprogram for strandkantdeponi og sjøbunnsdeponi.

Måleprogrammet knyttet til deponiløsningen er nærmere beskrevet i vedlegg B.

6.4 Overvåking av partikkelspredning

For å overvåke partikkelspredningen under gjennomføring av mudring og tildekking skal det etableres målestasjoner med kontinuerlig måling av partikkelkonsentrasjon i vannsøylen (turbiditetsmålinger). Overvåking av partikkeltransport utføres for alle mudre- og tildekkingsarbeider. Plassering av overvåkingsstasjoner for måling av strøm og partikkelinnhold (turbiditet), omfang av overvåking og avbøtende tiltak med prosedyrer for drift og stans, inngår i en kontrollplan som skal innarbeides i

entreprenørens planer for arbeidet. Kontrollplanen skal ivareta krav i tillatelse fra Miljødirektoratet.

Strømmålingsdata benyttes for å vurdere plassering av målestasjoner samt at det benyttes for å vurdere eventuelle behov for rekkefølge mtp mudring og tildekkingsarealer.

Turbiditetsmålingene angir ikke konsentrasjoner av miljøgifter i vannet men partikkelmengde og gir et representativt bilde av den kontinuerlige partikkelspredningen. Måleprogrammet beskrevet i kapittel 6.3.3 skal ivareta en mer langsiktig overvåking med stoffkonsentrasjoner i partikler i vannfasen og løst i vannfasen.

Før arbeidene starter skal det etableres en referansestasjon for turbiditet i havna. Referansestasjonen skal benyttes for å vurdere naturlige endringer i turbiditeten i anleggsperioden. En naturlig plassering av referansestasjon er i Nidelva, oppstrøms tiltakene.

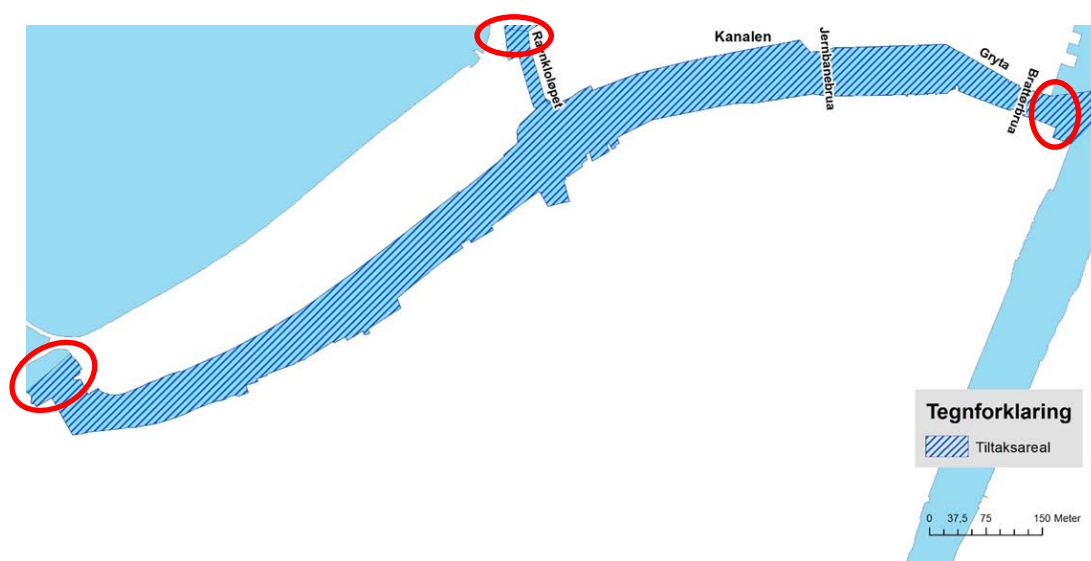
For arbeidene foreslås en turbiditetsgrense på 10 NTU relatert til en referanseverdi. I praksis betyr det at turbiditetsnivået må være høyere enn 10 NTU + referanse i 20 minutter eller mer for at det skal registreres som en overskridelse av turbiditetsnivå.

For de ulike delområdene foreslås følgende overvåkingsstasjoner:

6.4.1 Kanalen

For å overvåke tiltaksgjennomføringen i Kanalen foreslås en overvåking av partikler som eventuelt spres ut av området. Foreslåtte områder for plassering av overvåkingsstasjoner er i utløpssonene Ravnkløpet, Skansenløpet og Brattørbrua.

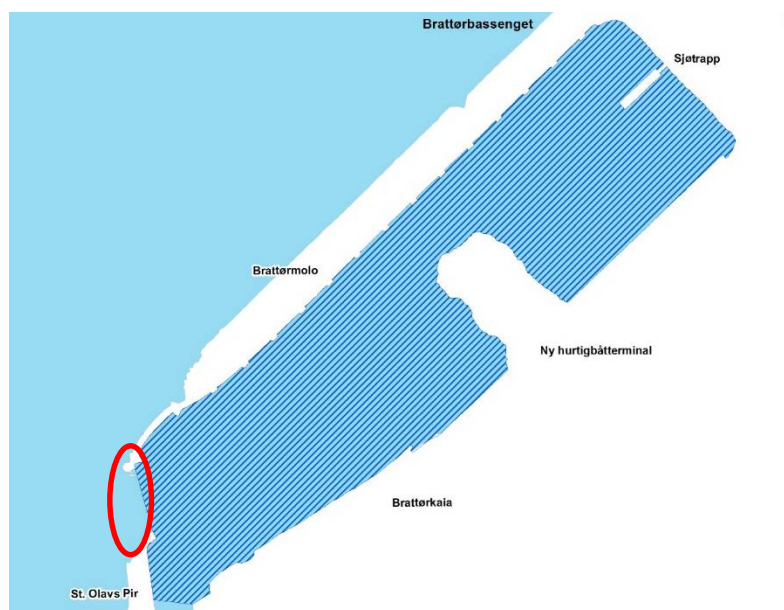
Hele området skal tildekkes etter at mudring er gjennomført, slik at det tillates partikkelspredning internt i området under mudring. Dette forutsetter at det ikke foregår spredning fra områder hvor det ikke er tildekket til områder som er ferdig tildekket.



Figur 6.1 Utløpssoner for Kanalen, aktuelle områder for turbiditetsovervåking under tiltaksgjennomføring i Kanalen

6.4.2 Brattørbassenget

For å overvåke tiltaksgjennomføringen i Brattørbassenget foreslås en overvåking av partikler som eventuelt spres ut av området (turbiditetsovervåking). Hele området skal tildekkes etter at mudring er utført, slik at det tillates partikkelspredning internt i området under mudring. Dette forutsetter at det ikke foregår spredning fra områder hvor det ikke er tildekket til områder som er ferdig tildekket. Foreslåtte områder for plassering av overvåkingsstasjoner er i utløpssonen mellom St. Olavs Pir og Brattørmoloen.

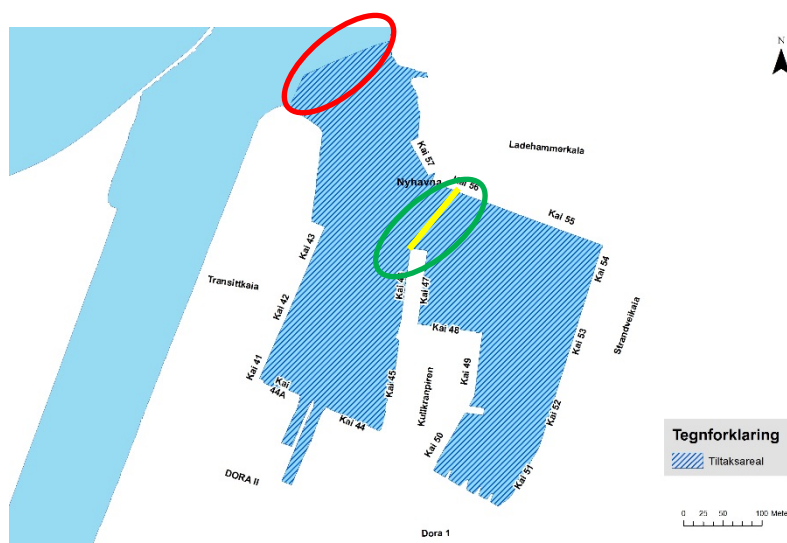


*Figur 6.2 Utløpssone for Brattørbassenget. Aktuelt område for turbiditets-
 overvåking under mudring og tildekking i Brattørbassenget*

6.4.3 Nyhavna

For å overvåke tiltaksgjennomføringen i Nyhavna foreslås en overvåking av partikler som eventuelt spres ut av området, angitt med rød sirkel på Figur 6.3. Hele området skal tildekkes etter at mudring er utført, slik at det tillates partikkelspredning internt i området under mudring. Dette forutsetter at det ikke foregår spredning fra områder hvor det ikke er tildekket til områder som er ferdig tildekket.

For innfylling og spredning fra deponeringen er det prosjektert særskilte tiltak mot spredning (partikkelsperre), beskrevet i kap 7.3. Det er forutsatt kontinuerlige turbiditetsmålinger i ett punkt på hver side av partikkelsperra (markert med grønn sirkel på figur 6.3), i hele anleggsperioden. Partikkelspredning (tilslamming av vannet) vil da raskt bli oppdaget, og avbøtende tiltak kan gjennomføres. Det skal utarbeides særskilte instruksjoner for drift, håndtering og overvåking av partikkelsperra.



Figur 6.3 *Utløpssone for Nyhavna. Aktuelt område for turbiditets-
 overvåking ved utløpet under mudring og tildekking i Nyhavna er vist
 med rød sirkel. Partikkelsperre er vist med gul strek. Område for
 turbiditetsovervåking foran og bak partikkelsperra er vist med grønn
 sirkel.*

6.4.4 Ilsvika

I Ilsvika skal det kun tildekkes og ikke utføres mudrearbeider. For å måle spredning av partikler ved utlegging av tildekkingsmasser utføres turbiditetsmålinger i 2 evt 3 målestasjoner under tiltaksgjennomføringen. Ilsvika er ikke et lukket område med utløpssoner som de 3 andre tiltaksområdene. Plassering av målestasjoner må derfor gjøres basert på en vurdering av strømforhold i området. Det er aktuelt å flytte målestasjoner i tråd med framdriften av tildekkingen. Plassering av målestasjoner og måledyp angis i kontrollplanen.

6.5 Støv og støy – anleggsarbeid

Arbeidene skal gjennomføres innenfor gjeldende lovverk og retningslinjer for anleggsarbeid, inkludert regelverk for støy og støv fra arbeidene. Områdene som er mest sårbare mtp støy er Kanalen og Ilsvika som har boligbebyggelse inntil tiltaksområdene. Tiltakene vil medføre mer støy enn normalt i Kanalen, mens det i Ilsvika ikke anses å gi betydelig større påvirkning enn annen havnevirksomhet og næringsvirksomhet nær Ilsvika.

Tildeckingsarbeider vil avhengig av utleggingsmetodikk kunne medføre spredning av støv fra tildekkingsmasser. Tiltak for å hindre støv vil iverksettes ved behov.

7 Avbøtende tiltak

7.1 Avbøtende tiltak ved mudring - partikkelsperre

Det skal ikke foregå uakseptabel spredning fra områder fra utildekkede områder til de ferdig tildekkede områdene eller ut av tiltaksområdene. Måleprogrammet for partikkelspredning skal kontrollere at dette ikke skjer. Mudre- og tildekkingsmetodikken samt rekkefølgen områdene ryddes skal være de primære tiltakene som skal ivareta dette. Mulige tiltak som kan gjennomføres for å ytterligere redusere spredningen er etablering av partikkelsperrer rundt aktiviteten som medfører spredning.

Kanalen

Kanalen er betydelig tidevannspåvirket i tillegg til at ferskvann fra Nidelva strømmer ut i fjorden via Kanalen. Dette gir kompliserte strømforhold, samt betydelig strømhastighet i Kanalens utløp og innløp, som vanskeliggjør bruk av partikkelsperre. Ved målt høy turbiditet kan mindre lokale partikkelsperrer etableres i mudreområdet ved mudrefartøy som flyttes etter hvert som man mudrer i ferdig området.

Brattørbassenget

Mudringen i Brattørbassenget skal foregå langs Brattørmoloen. Ved målt høy turbiditet kan en partikkelsperre etableres ved mudrefartøy som flyttes etter hvert som man mudrer ferdig området. Det er ikke aktuelt å etablere partikkelsperre i utløpet av Brattørbassenget, da det skal gå rutegående hurtigbåttrafikk ut og inn av Brattørbassenget under mudringen.

Nyhavna

Basert på beregninger fra strømmåling samt ivaretagelse av havnetrafikken i Nyhavna vurderes det at en lokal partikkelsperre rundt selve mudreaktiviteten er det mest realistiske avbøtende tiltak for å redusere spredning av partikler under mudring.

Det er prosjektert en partikkelsperre i forbindelse med deponiløsningen i østre basseng i Nyhavna, beskrevet i kapittel 7.3. Mudring i østre basseng vil utføres på innsiden av denne partikkelsperren, dermed vil det ikke være behov for egen partikkelsperre for mudringen her.

7.2 Avbøtende tiltak ved tildekking

Utlegging av tildekkingsmateriale vil medføre oppvirvling av forurensede sedimenter, særlig ved første gangs utlegging. Utleggingen utføres derfor lagvis. Ved utlegging av tildekkingsmateriale stilles det krav til at utleggingsmetodikken skal være så skånsom at den ikke medfører betydelig oppvirvling og spredning. Det skal gjennomføres turbiditetsmålinger under hele utleggingen.

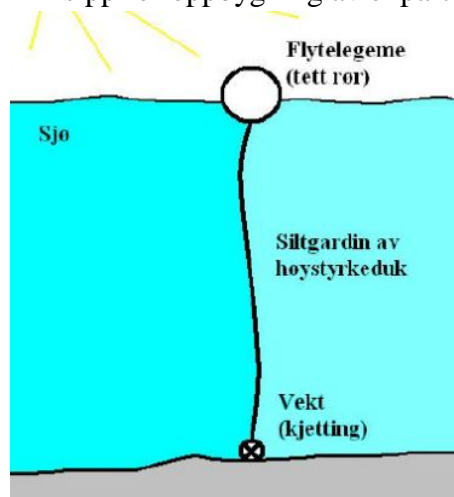
7.3 Partikkelsperre ved deponiområdet

Mudring, deponering og tildekking i østre basseng i Nyhavna skal, i likhet med i øvrige tiltaksområder, utføres på en slik måte at det ikke oppstår unødig forurensningsspredning.

For å oppnå ytterligere sikkerhet mot spredning, er det forutsatt montert ei partikkelsperre i innløpet til bassenget, som illustrert i Figur 5.9. Partikkelsperra skal monteres før det igangsettes arbeider som berører sjøbunnen i østre basseng, og den skal være intakt fram til alle inngrep i forurensede sedimenter innenfor østre basseng er ferdigstilt, og både deponier og sjøbunn for øvrig er ferdig tildekket med rent materiale.

Det skal legges vekt på at partikkelsperra tetter godt mot innfestingspunktene mot Kullkranpiren i sør og Ladehammerkaia i nord, samt at hele vannsøylen fra overflate til sjøbunn fanges opp.

Prinsipp for oppbygning av ei partikkelsperre er vist i Figur 7.1.



Figur 7.1 Prinsippskisse for partikkelsperre. Illustrasjon hentet fra www.syltern.no

Partikkelsperra skal bestå av fiberduk med høy strekkstyrke, både på tvers og på langs av dukens lengdeakse. Videre skal duken ha poreåpninger som sikrer at partikler ned til en viss kornstørrelse holdes tilbake, mens vann beveger seg tilnærmet uhindret gjennom duken.

For å unngå at skader på duken skal medføre omfattende spredning, forutsettes det benyttet dobbel fiberduk. For at partikkelsperra skal kunne motstå strøm- og bølgepåvirkning, og skiftende værforhold gjennom anleggsperioden, vurderes det i tillegg rammet et antall innfestingspeler i innløpet. Hensikten er å redusere kreftene som virker på fiberdukene i partikkelsperra. Avstand og spesifikaasjon for eventuelle peler blir avklart i detaljprosjekteringen.

Det antas at det er nødvendig å skifte ut dukene i partikkelsperra flere ganger i løpet av anleggsperioden, for å utbedre skader og nedsatt funksjon (vanngjennomstrømning).

Partikkelsperra utstyres med flyteelementer (tett plastrør) og ballast (kjetting). Disse skal dimensjoneres slik at dukene til enhver tid holdes utspent mellom sjøbunn og overflate. Partikkelsperra må ha tilstrekkelig høyde til at den slutter godt mot sjøbunnen også ved høyeste høyvann, kombinert med bølgepåvirkning. Sjøbunnen der partikkelsperra er forutsatt plassert ligger på ca. kote -6,0 m LAT, mens høyeste astronomiske tidevann (HAT) er på kote +3,46 m LAT. Partikkelsperra bør derfor ha en høyde på minimum 10 meter.

Partikkelsperra er anslått å få et netto dukareal på ca. 1.000 m² (x 2 duker).

Det må konstrueres og etableres en port i partikkelsperra, slik at lektere for transport av mudringsmasser kan passere. Porten kan bestå av to peler med ca. 15 meters avstand, samt en tverrbjelke på ca. kote -4 m LAT. Fra hver av portstolpene monteres separate duker ut til sidene, mens en egen duk spennes opp fra tverrbjelken og ned til sjøbunnen. Selve porten må også bestå av en egen duk, med flyteelement og ballast.

Eventuelle alternative løsninger for åpning og lukking av partikkelsperra skal ivareta de samme funksjonskrav som løsningen beskrevet ovenfor.

Det skal etableres klare prosedyrer for inspeksjon, oppfølging og drift av partikkelsperra. Det skal også etableres kontrollrutiner for åpning av porten. Et viktig verktøy for oppfølging av partikkelsperra er kontinuerlige turbiditetsmålinger, både på innsiden og utsiden. Dukene i partikkelsperra skal skiftes ut etter behov.

Fra partikkelsperra er montert opp og fram til den blir demontert, vil adkomsten til østre basseng i utgangspunktet være stengt for all båttrafikk, unntatt lektere og øvrige fartøyer knyttet til anleggsdriften.

Alternative metoder for mottak og utlegging av mudringsmasser kan være aktuelle, for å redusere behovet for åpning av partikkelsperra. For å velge en alternativ metode er det en forutsetning at denne ikke medfører vesentlig større forurensningsspredning enn det som ventes med den beskrevne portløsningen.

7.4 Metodikk for innfylling i deponier

Ved deponering under vann (deponi 5 samt de to første fyllingstrinnene i deponi 14) forutsettes massene lagt kontrollert ned i deponiet ved hjelp av tett grabb. Grabben skal da være lukket under nedføring gjennom vannsøylen, og åpnes rett over utleggingsnivået. Dersom entreprenøren velger annen metodikk for utleggingen, er det en forutsetning at dette er en metode som gir tilsvarende sikkerhet mot spredning. Før siste fyllingstrinn i deponi 14 skal avgrensningsfylling være etablert opp til kote +3,5 m LAT (dvs. over høyeste vannstand). Innfylling av forurensede masser vil da bli utført i et avgrenset basseng.

8 Miljøgiftsbudsjett og effekt av tiltakene

For å vurdere miljøeffekten av prosjekterte tiltak er det utarbeidet et miljøgiftsbudsjett, gitt i vedlegg D. Budsjettet omfatter effekt av tildekking i Ilsvika, mudring og tildekking i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna samt at effekten av etablering av deponi i Nyhavna er inkludert. Miljøgiftsbudsjettet omfatter spredningsmekanismer som vil opptre før, under og etter tiltak i de områdene som det utføres tiltak i samt deponiløsningen i Nyhavna.

I delområdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er gjennomsnittskonsentrasjoner for PAH og kobber (Cu) i sediment klassifisert som tilstandsklasse 4. I Ilsvika er gjennomsnittskonsentrasjoner av bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn) klassifisert som tilstandsklasse 4 eller høyere. Disse parameterne er styrende for måloppnåelse av tiltakene som skal gjennomføres i de ulike delområdene. TBT har gjennomsnittskonsentrasjoner i klasse 4 og 5 men TBT er ikke alene styrende for tiltak og er derfor ikke inkludert i spredningsberegningene i miljøbudsjettet.

Det skjer en spredning fra sedimentene som styres av diffusjon, skipstrafikk og spredning via organismer. Denne spredningen pågår fra tiltakene starter til områdene er ferdig mudret og tildekket. Gjennomføring av tiltakene vil medføre en økt spredning knyttet til oppvirvling under mudring og innfylling i deponi. Deponiløsningen har forutsatt etablering av en partikkelsperre som avbøtende tiltak mot spredning i anleggsfasen. Det er imidlertid en skånsom mudringsmetode og innfyllingsmetodikk som skal være det primære tiltaket mot spredning.

Alene gir endringen i spredning før og etter tiltak en bedring på mer enn 90 %. Effekten av miljøtiltaket måles ved å se på forholdet mellom spredning før og etter tiltak inkludert tilleggs-spredninger under tiltaksgjennomføringen. Da kan man beregne hvor lang tid det tar å ta igjen tilleggs-spredningen som ble tilført miljøet i anleggsperioden. Inntjeningstiden for tiltakene i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er mindre enn 2 år for PAH og kobber. For tiltakene i Ilsvika er den beregnede effekten positiv med en gang tiltakene er utført.

Ut ifra de beregninger og betraktninger som er utført, viser miljøbudsjettet at mudring og tildekking av forurensede sedimenter i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna, etablering av deponiløsning i Nyhavna samt tildekking av sjøbunn i Ilsvika medfører en positiv miljøeffekt.

9 Sikkerhet Helse Arbeidsmiljø (SHA)

Det arbeides kontinuerlig med Sikkerhet-Helse-Arbeidsmiljø (SHA) i prosjektet som ledes av prosjektets egne SHA-koordinator. For prosjektet er følgende aktiviteter i gjennomføringsfasen avdekket som aksjonspunkter i gjennomføringsfasen:

- Arbeidsoperasjoner på mudrefartøy
- Arbeidsoperasjoner på tildekkingsfartøy
- Arbeidsoperasjoner på transportlekter, lasting/lossing

- Anleggsarbeid i områder med annen båt-trafikk
- Arbeider i tilknytning til publikum
- Stabilitet av brygger, kai-konstruksjoner og bruer

10 Referanser

KLIF, 2012

Veileder Håndtering av sedimenter, TA 2960/2012. Oslo, september 2012.

MC, 2014

Renere havn, Trondheim. Deponi Nyhavna. Miljørisikovurdering. Dokumentkode 415566-RIGm-RAP-003. April 2014.

MC, 2013b

Deponi for mudringsmasser i Nyhavna – Forprosjekt. Dokumentkode 415566-TVF-RAP-001. 25. november 2013. Multiconsult AS, 25. november 2013.

MC, 2013a

Deponi for mudremasser i Nyhavna – Konsekvensutredning. Dokumentkode 415566-PLAN-PBL-007-rev01

NGI, 2011b

Helhetlig tiltaksplan. Opprydding i forurenset sjøbunn i Trondheim havnebasseng. Delrapport 1B: Risikovurdering. Rapport nr. 20081794-00-52-R.

NGI, 2014b

Pilottest tynntildekking – Fagervika/Ilsvika. Sluttrapport for pilottest. NGI-rapport nr. 2010405-04-R. mai 2014.

NGI, 2014a

Renere havn – Prosjektering av tiltak. Prosjektering av mudring og tildekking i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna – Forprosjekt. NGI-rapport nr. 20130339-02-R. 31. januar 2014

SFT, 2008

Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA2229/2007. Oslo, februar 2008.

SFT, 2006

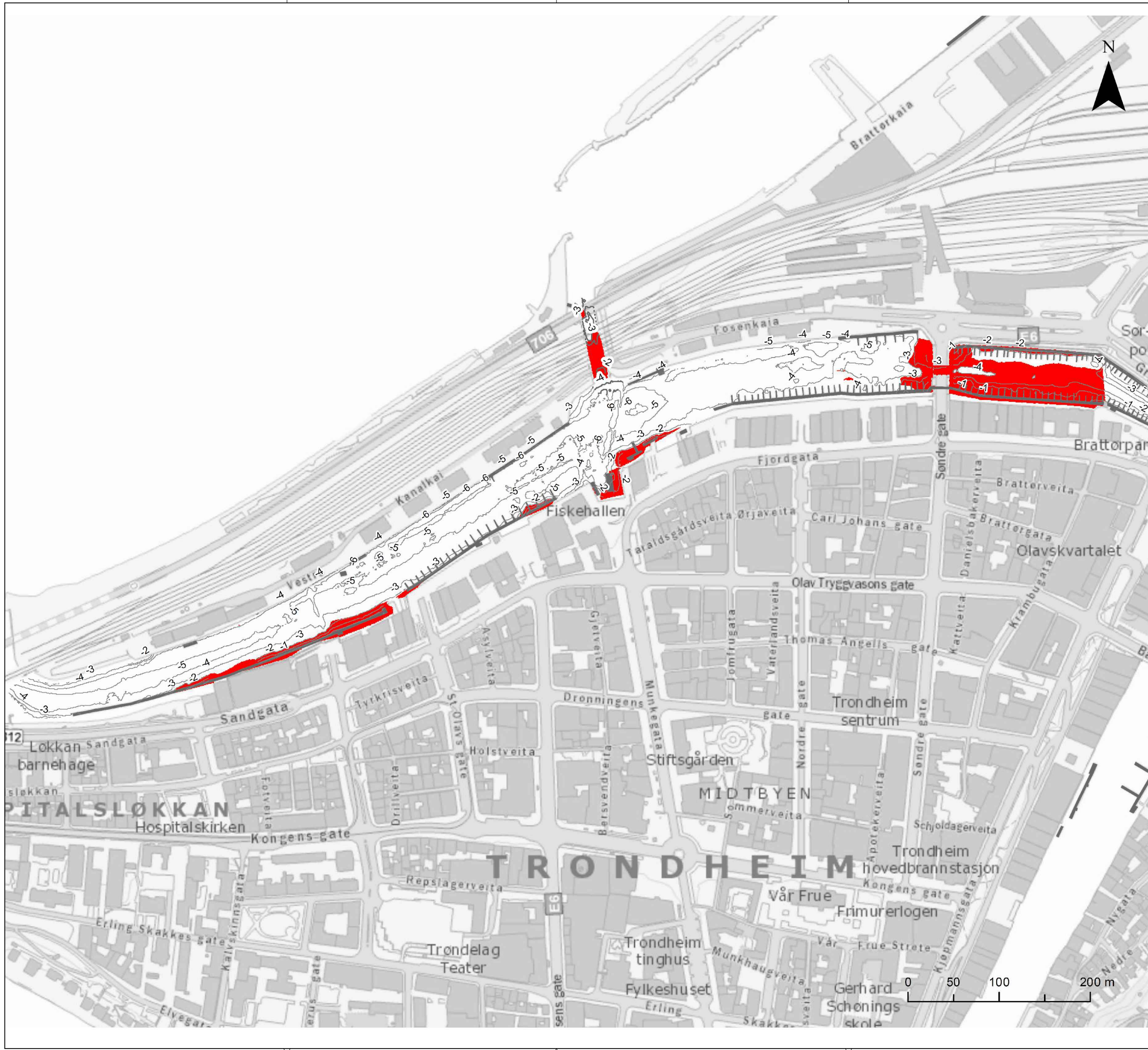
Veiledende testprogram for masser til bruk for tildekking av forurensete sedimenter. Veileder TA-2143/2005.



Vedlegg A - Kartvedlegg

Innhold

- A-1 Mudrearealer i Kanalen**
- A-2 Mudrearealer i Brattørbassenget**
- A-3 Mudrearealer i Nyhavna**
- A-4 Tildekking i Nyhavna**



FORKLARINGER:

Koordinatsystem: EUREF89 - UTM sone 32
 Høydesystem, land: NN2000
 Høydesystem, sjøbunn: LAT
 Ekvivalens, sjøbunn: 0.5m

Rød farge: Mudreareal

BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

Tegningsnr.	RENERE HAVN - Prosjektering av tiltak	Tegning:	A1	Rev.	0
-------------	---------------------------------------	----------	----	------	---

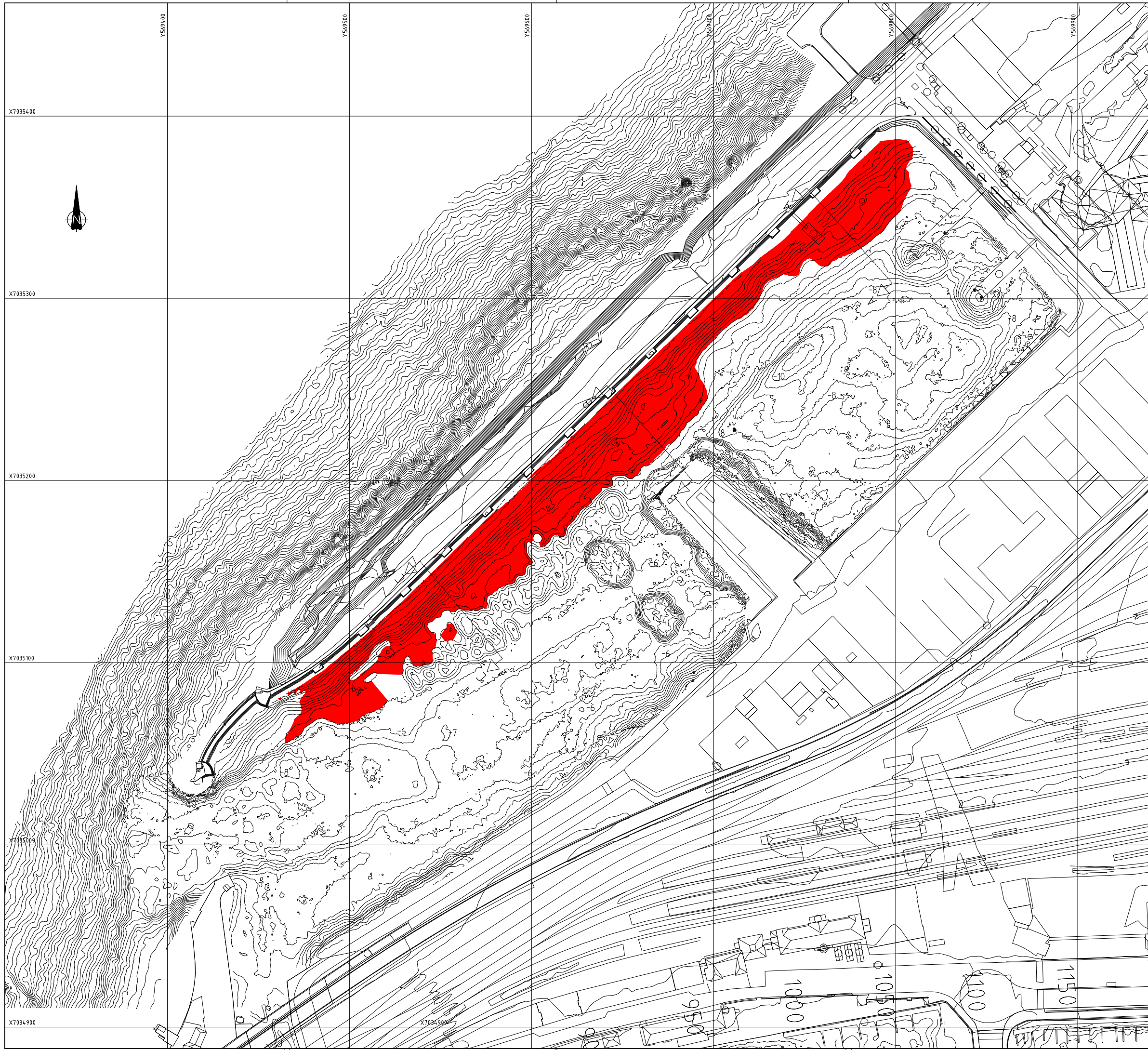
Tegningen er redusert til halv målestokk uten at målestokkangivelsen er redusert tilsvarende.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godk.
-	-	-	-	-	-

RENERE HAVN Prosjektering av tiltak		Status	-
Kanal		Tegnings format	A1
Mudringsarealer		Tegnings format	12000 14000 (A3)



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillelvi Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	29.10.2013	Konstr./Tegnet	MMe	Kontrollert	MMa	Godkjent	MMa
	Oppdragsnr.	20130339	Tegning:	A1				0



FORKLARINGER:

Koordinatsystem: EUREF89 - UTM sone 32
 Høydesystem, land: NN2000
 Høydesystem, sjøbunn: LAT
 Ekvivalens, sjøbunn: 0.5m

Rød farge: Mudreareal

BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

Tegningstittel	Tegningnr.	Rev.
RENERE HAVN - Prosjektering av tiltak	A2	0

Tegningen er redusert til halv målestokk uten at målestokkangivelsen er redusert tilsvarende.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

RENERE HAVN		Status		11000 1:2000 (A3)	
Prosjektering av tiltak		Original format A1			
Brattørbassenge Mudrearealer		Tegningens tittel Målestokk		Godkjent MMa Rev. MMa 0	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 27.01.2014 Oppdragsnr. 20130339	Konstr./Tegnet MMe Tegningnr. A2	Kontrollert MMa	Godkjent MMa Rev. 0



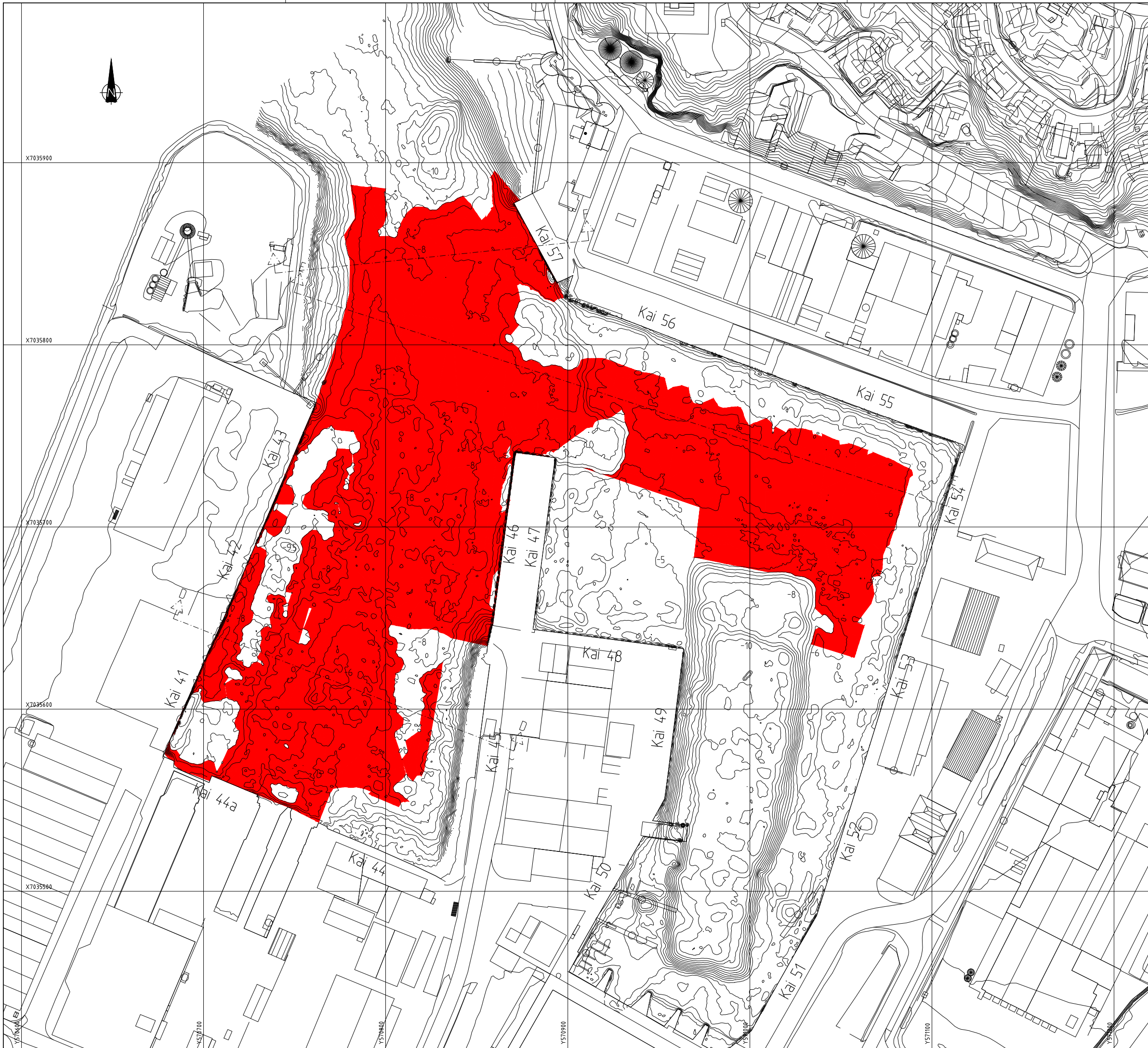
FORKLARINGER:

Koordinatsystem: EUREF89 - UTM sone 32
Høydesystem, land: NN2000
Høydesystem, sjøbunn: LAT
Ekvidistanse, sjøbunn: 0.5m

Rød farge: Mudreareal

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:



Tegningstittel	Tegningsnr.	Rev.
RENERE HAVN - Prosjektering av tiltak	A3	0

Tegningen er redusert til halv målestokk uten at målestokkangivelsen er redusert tilsvarende.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkjert
-	-	-	-	-	-
RENERE HAVN Prosjektering av tiltak		30.01.2014	MMe	MMa	MMa
Nyhavna Mudrearealer		1:1000 1:2000 (A3)			0
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillelvt Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		20130339	A3		0



Arealer utenfor kai 57
(ca. 1 700 m²)
Betongmadrasser

Arealer utenfor kai 41-42
og kai 46 (ca. 33 600 m²)
Tildekking 55 cm

Arealer utenfor kai 55 og
kai 56 (ca. 22 500 m²)
Tildekking 65 cm

Arealer utenfor kai 44 og
kai 45 (ca. 14 000 m²)
Tildekking 65 cm


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Tegningstittel:	Tegningsnr.:	Rev.:
RENERE HAVN - Prosjektering av tiltak	105	0

Tegningen er redusert til halv målestokk uten at målestokkangivelsen er redusert tilsvarende.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
RENERE HAVN Prosjektering av tiltak		29.01.2014	MMe	MMa	MMa
Nyhavna Tildeckingsarealer		1:1000 1:2000 (A3)			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		20130339	105	0	0



Dokumentnr.: 20130339-03-R
Dato: 2014-05-09
Rev.nr.: 1, 2014-05-30
Vedlegg B, side 1

Vedlegg B - Deponi - Multiconsultrapport

RAPPORT

Renere havn, Trondheim. Deponi Nyhavna.

OPPDRAKSGIVER

Trondheim kommune

EMNE

Miljørisikovurdering

DATO / REVISJON: 30. mai 2014 / 01

DOKUMENTKODE: 415566-RIGm-RAP-003



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Renere havn, Trondheim. Deponi Nyhavna.	DOKUMENTKODE	415566-RIGm-RAP-003
EMNE	Miljørisikovurdering	TILJENGELIGHET	Begrenset
OPPDRAGSGIVER	Trondheim kommune	OPPDRAGSLEDER	Silje Wendelborg Fremo
KONTAKTPERSON	Stein Ove Brandslet	UTARBEIDET AV	Silje M. Skogvold / Erling K. Ytterås
KOORDINATER	SONE: 32V ØST: 5710 NORD: 70357	ANSVARLIG ENHET	3013 Midt Miljøgeologi

SAMMENDRAG

Renere havn er et samarbeidsprosjekt mellom Trondheim kommune og Trondheim Havn IKS, og omfatter en helhetlig opprydding av forurensede sedimenter i Trondheims havneområde.

Som en del av søknad om tillatelse etter Forurensningsloven, for mudring, deponering og tildekking, har Multiconsult utført en miljørisikovurdering av valgt deponiløsning.

Deponiløsningen består av:

- Etablering av sjøbunnsdeponi i bassenget nord for Dora I, i utgangspunktet ved gjenfylling av tidligere mudret grop i sjøbunnen.
- Strandkantdeponi ved Kullkranpiren.

Miljørisikovurderingen inneholder en beskrivelse av deponiløsningen, med planlagt oppbygging for å sikre deponerte masser. Planlagte forebyggende tiltak under utførelse, samt overvåking etter tiltak, er også beskrevet.

Som input til miljøgiftbudsjett for tiltaket, som utarbeides av NGI, er det utført en spredningsvurdering med beregning av spredning under og etter tiltak for relevante parametere.

01	30.5.2014	Justeringer av tekst. Tilføyelse i kap. 3.5.	Erling Ytterås	Silje Skogvold	Erling Ytterås
00	9.5.2014		Silje Skogvold / Erling Ytterås	Erling Ytterås	Olav Årbogen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn.....	5
1.2	Grensesnitt	7
2	Løsningsbeskrivelse	7
2.1	Beskrivelse av planlagt deponiløsning	7
2.2	Partikkelsperre.....	8
2.2.1	Formål.....	8
2.2.2	Plassering og innfestning mot eksisterende kaier	9
2.2.3	Oppbygning.....	10
2.2.4	Driftsprosedyre	11
2.3	Strandkantdeponi	12
2.3.1	Avgrensningsfylling (sjeté)	12
2.3.2	Avgrensning mot eksisterende kaier (kai 47 og 48)	13
2.3.3	Tildekking.....	14
2.4	Sjøbunnsdeponi	14
2.5	Forutsatt rekkefølge	15
3	Beskrivelse av mudringsmasser	15
3.1	Undersøkelser.....	15
3.2	Nyhavna	15
3.3	Kanalen	15
3.4	Brattørbassenget	16
3.5	Datasammenstilling	16
3.6	Massekarakteristikk.....	17
4	Planlagte forebyggende tiltak	17
4.1	Innfillingsmetodikk.....	17
4.2	Tildekking	17
4.3	Overvåking under tiltak	17
4.3.1	Turbiditetsmålinger	17
4.3.2	Passive prøvetakere og sedimentfeller	18
5	Overvåking av deponiene etter tiltak	18
5.1	Strandkantdeponi	18
5.2	Sjøbunnsdeponi	18
6	Spredningsvurdering.....	20
6.1	Mekanismer	20
6.2	Under tiltak	20
6.3	Etter tiltak	21
7	Spredningsberegninger	22
7.1	Parametere og inndata til spredningsberegninger	22
7.2	Tiltaksfasen	23
7.2.1	Generelt	23
7.2.2	Oppvirvling fra mudring, transport og deponering	23
7.2.3	Porevannsutpressing ved deponering	24
7.2.4	Spredning ved tildekking.....	24
7.2.5	Diffusjon / biodiffusjon	25
7.2.6	Summert spredning i tiltaksfasen	25
7.3	Spredningsberegning strandkantdeponi etter tiltak.....	25
7.4	Spredning fra sjøbunnsdeponi etter tiltak	26
8	Referanser	27

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Renere havn er et samarbeidsprosjekt mellom Trondheim kommune og Trondheim Havn IKS.

Det er utarbeidet en tiltaksplan for helhetlig opprydding av Trondheim havnebasseng, med bakgrunn i vedtatte miljømål (NGI 2011a). I tiltaksplanen går man inn for at det gjennomføres tiltak i 4 delområder; Fagervika / Iilsvika, Kanalen, Ytre basseng på Brattøra (heretter kalt "Brattørbassenget") og Nyhavna. Tiltakene omfatter både mudring og tildekking av forurensede masser på sjøbunnen.

Det skal etableres en deponiløsning for mudringsmassene i Nyhavna. Nyhavna er den delen av Trondheim havn som ligger øst for utløpet til Nidelva, jfr. Figur 1.



Figur 1 Beliggenheten til Nyhavna i Trondheim havn, vist med gul ring. Grunnlagskart er hentet fra www.trondheim.kommune.no.

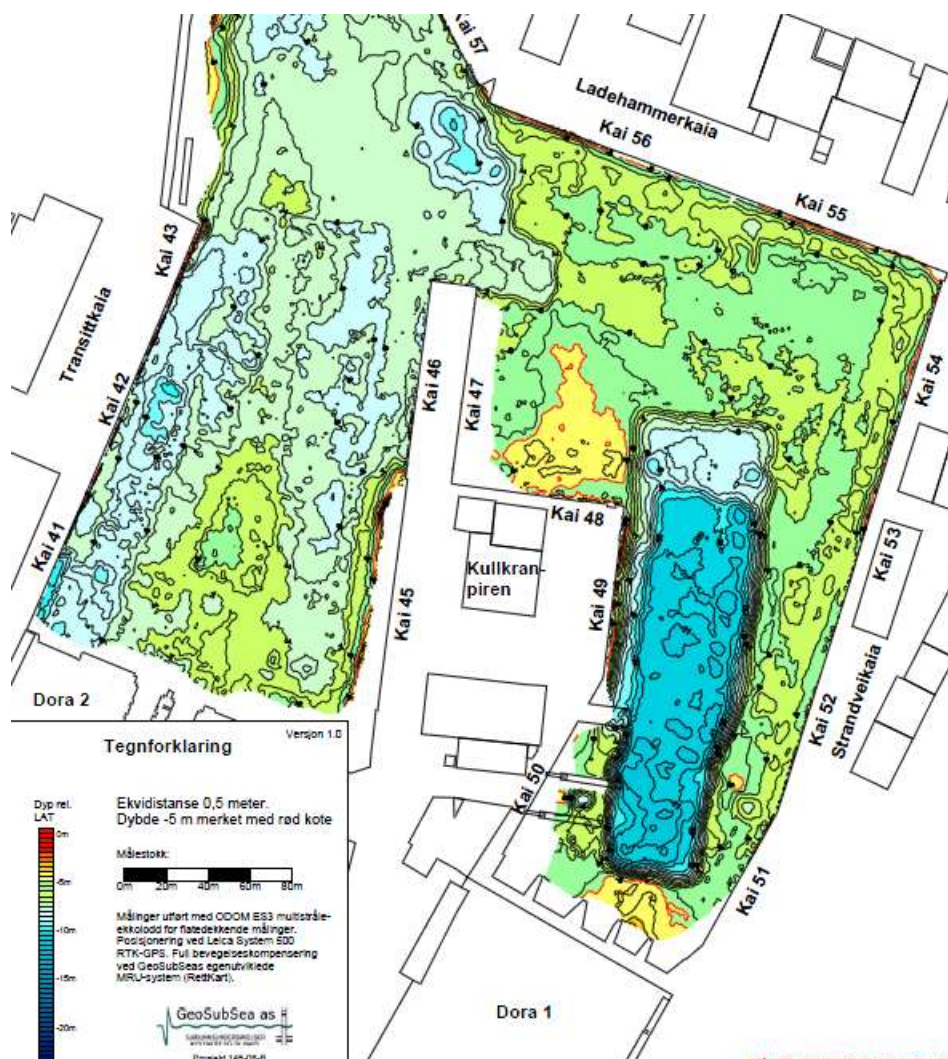
Ytterligere informasjon foreligger i tidligere rapporter i Renere havn – prosjektet, utarbeidet av NGI (Norges Geotekniske Institutt), DnV (Det norske Veritas), SINTEF og Multiconsult. Rapportene kan lastes ned fra Trondheim kommunes hjemmesider (www.trondheim.kommune.no/renehavn).

Søknad om tillatelse etter Forurensningsloven, for mudring, deponering og tildekking, utarbeides av NGI. I den forbindelse utfører Multiconsult en miljørisikovurdering av deponiløsningen.

Valgt deponiløsning består av:

- Etablering av sjøbunnsdeponi i bassenget nord for Dora I, i utgangspunktet ved gjenfylling av tidligere mudret grop i sjøbunnen.
- Strandkantdeponi ved Kullkranpiren.

Sjøbunnskart for Nyhavna er vist i Figur 2. Her framgår tydelig fordypningen som planlegges gjenfylt. Strandkantdeponiet planlegges anlagt foran dagens kai 47 og 48.



Figur 2 Sjøbunnskart over Nyhavna. Grop for nedsenkning av flytedokk, mudret tidlig på 1900-tallet, vises i østre basseng. Kart utarbeidet av GeoSubsea AS.

Overordnede vurderinger av deponiplassering er utført i tidligere prosjektfaser, jfr. NGI-rapport 20081794-00-49-R av 5. juli 2011 (NGI 2011b). Nyhavna er vurdert som den best egnede deponilokaliseringen, bl.a. av følgende overordnede årsaker:

- Det er i Nyhavna at det største mudringsomfanget er planlagt i Renere havn, og det er her de høyeste forurensningsnivåene er påvist. Kortest mulig forflytning av disse massene vil derfor medføre minst risiko.
- Nyhavna er ei trafikkhavn, og det er ingen aktiviteter i nærområdet som karakteriseres som følsomme for mulig forurensningsbelastning. Potensiell belastning fra eksisterende aktiviteter (arealbruk på sjø og land, samt grunnforurensning) vil representere en større risiko enn et forsvarlig anlagt deponi.
- Nyhavna ligger godt skjermet for ytre påvirkninger, f.eks. fra vind, bølger og strøm.

Totalt mudringsvolum er anslått til ca. 64.000 m³, hvorav ca. 3.000 m³ er mudring som utføres for bygging av strandkantdeponiet (for å unngå at steinfylling undergraves av mudring i en senere prosjektfase).

1.2 Grensesnitt

Foreliggende rapport inneholder en risikovurdering av planlagte deponiløsning i Nyhavna, og er et supplement til overordnet tiltaksbeskrivelse (mudring og tildekking), som utarbeides av NGI og presenteres i en egen rapport. Begge rapportene skal følge Trondheim kommunes søknad om tillatelse til gjennomføring av oppryddingstiltakene, etter Forurensningsloven.

I denne rapporten beskrives og vurderes:

- Oppbygging av deponier (barrierer, tildekking).
- Innfylling av mudringsmasser.
- Etterdrift av deponier.

All mudring, også i Nyhavna, beskrives og mengdeberegnes av NGI.

Det utarbeides et miljøgiftbudsjett for hele tiltaket under ett, og før-situasjonen dekkes i sin helhet av NGI. I foreliggende rapport presenteres bidrag til miljøgiftbudsjettet for spredning fra arbeider i Nyhavnas østre basseng i tiltaksfasen (mudring, transport, deponering, tildekking), samt for spredning ut fra strandkantdeponiet etter at tiltakene er ferdigstilt. Spredning fra sjøbunnsdeponiet i etterkant vil være analogt med spredning fra tildekket sjøbunn, og beregnes av NGI.

I tiltaksfasen beregnes spredningen ut fra deponiområdet, mens det etter tiltak beregnes spredning direkte ut fra hvert av deponiene. Deponiområdet er under tiltak definert som hele østre basseng, avgrenset av partikkelsperren som vist i Figur 3.

2 Løsningsbeskrivelse

2.1 Beskrivelse av planlagt deponiløsning

En detaljert beskrivelse av deponiløsningen er gitt i Multiconsult-rapport 415566-TVF-RAP-001_rev01 «Forprosjekt» (Multiconsult 2014).

Planlagt deponiløsning omfatter (jfr. Figur 3):

- Et sjøbunnsdeponi i havnebassenget foran Dora I, som omfatter gjenfylling av ei tidligere mudret grop (deponi 5).
- Et strandkantdeponi, avgrenset med steinfyllinger mot sjø, ved Kullkranpiren (deponi 14).

Gjennom konsekvensutredning og foreslått reguleringsplan er det også åpnet for at sjøbunnen foran Dora I kan heves inntil 3 meter i forhold til dagens sjøbunn (deponi 6C), som ville gitt en total deponikapasitet lik 145.000 m³. Samlet kapasitet til deponi 5 (grop) og deponi 14 (strandkant) er i overkant av 75.000 m³. Siden totalt mudringsvolum er anslått til ca. 64.000 m³, vil heving av sjøbunnen være lite aktuelt. Dette er derfor å anse som en buffer for uforutsett volumøkning.

Under gjennomføringen er det lagt til grunn at hele østre basseng i Nyhavna stenges av med en partikkelsperre. Forutsatt plassering av partikkelsperren er vist i Figur 3.

I det etterfølgende beskrives planlagt deponiløsning, som omfatter etablering av partikkelsperre og to separate deponier (sjøbunn og strandkant).



Figur 3 Planlagt deponiløsning i Nyhavna. Et strandkantdeponi ved Kullkranpiren (deponi 14), samt oppfylling av grop foran Dora I (deponi 5). Deponi 6C innebærer heving av sjøbunnen i østre basseng, mellom de grønne strekene i figuren, men antas ikke å komme til utførelse. Forutsatt partikkelsperre i tiltaksfasen er vist med gul strek i innløpet til østre basseng. Snitt A er vist i Figur 7, mens snitt B er vist i Figur 8.

2.2 Partikkelsperre

2.2.1 Formål

Før det igangsettes arbeider som berører sjøbunnen i østre basseng i Nyhavna, skal det monteres ei partikkelsperre som hindrer forurensningsspredning ut av dette avgrensede bassenget.

Når partikkelsperren er på plass er hensikten at partikler som går i suspensjon i vannmassene i størst mulig grad skal forbli innenfor østre basseng, og resedimentere der. Foto fra byggingen av Operaen i Oslo i Figur 4 illustrerer effekten av en partikkelsperre ved inngrep i sedimenter (eller andre arbeider med løsmasser i vann).



Figur 4 Foto fra bygging av Operaen i Oslo, som illustrerer virkningen av ei partikkelsperre. Foto tatt av Johs. J. Syltern AS (www.syltern.no).

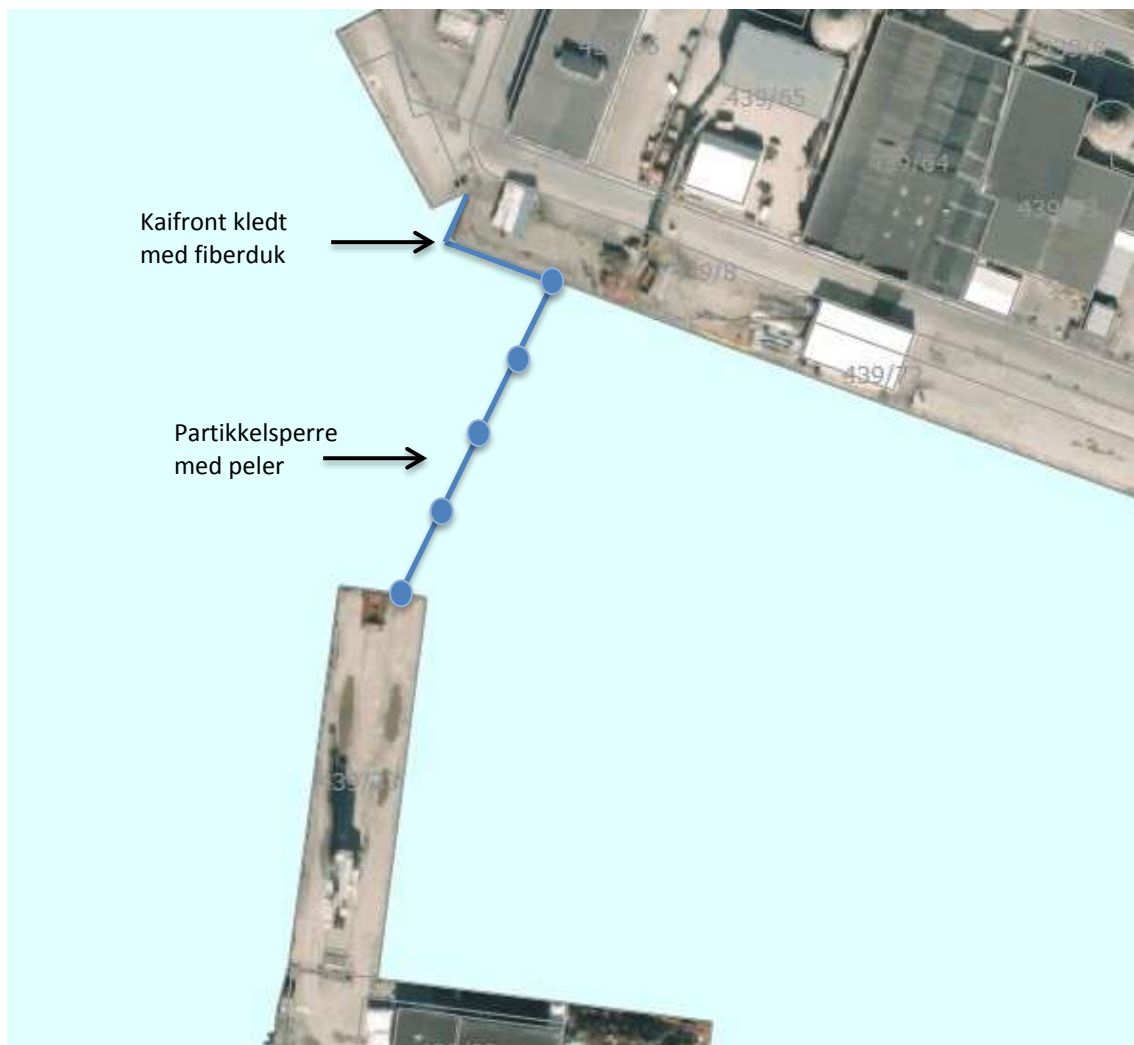
Partikkelsperra skal være intakt fram til alle inngrep i forurensede sedimenter innenfor østre basseng er ferdigstilt, og både deponier og sjøbunn for øvrig er ferdig tildekket med rent materiale.

Vi vil likevel presisere at alle arbeider i Nyhavnas østre basseng uansett skal utføres mest mulig skånsomt, på samme måte som arbeider i de øvrige tiltaksområdene. Dette innebærer bl.a mudring og deponering ved bruk av grabb som holdes lukket når den føres opp eller ned gjennom vannmassene. Partikkelsperra skal utgjøre en ekstra sikkerhet mot spredning, gitt de store mengdene av forurenset sediment som skal håndteres her.

2.2.2 Plassering og innfestning mot eksisterende kaier

Logisk plassering av partikkelsperra er i innseilingen til østre basseng på Nyhavna, som vist i Figur 3. For å sikre nødvendig manøvreringsrom for båter ved kai 57 (Norcemkaia), må partikkelsperra orienteres på skrå over til Ladehammerkaia.

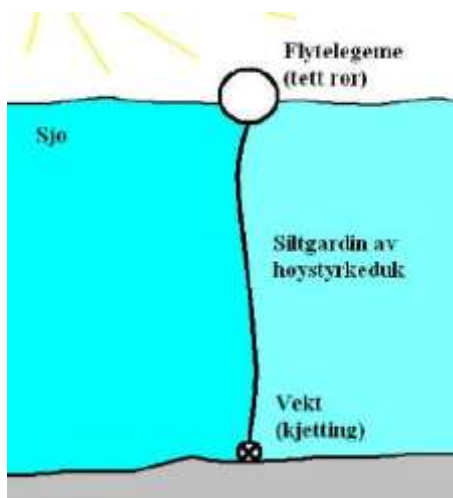
Partikkelsperra må tette godt mot innfestingspunktene sideveis, hhv. Kullkranpiren i sør og Ladehammerkaia i nord. Avstanden fra kaifront på Kullkranpiren til kaifront på Ladehammerkaia er ca. 90 meter. Siden kai 56 (Ladehammerkaia) er ei pelekai, må partikkelsperra ha en total lengde på ytterligere ca. 5-10 meter, og forankres i skråning / sjøbunn under kaikonstruksjonen. Hvis det viser seg at innfesting i skråning under kai 56 ikke gir en tett nok løsning, vil det være aktuelt å kle kaifronten på Ladehammerkaia vest for partikkelsperra med fiberduk, som illustrert i Figur 5.



Figur 5 Forutsatt plassering av partikkelsperre, vist med blå linje fra Kullkranpiren (i sør) til Ladehammerkaia.

2.2.3 Oppbygning

Prinsippskisse for oppbygning av ei partikkelsperre er vist i Figur 6.



Figur 6 Prinsippskisse for partikkelsperre. Illustrasjon hentet fra www.syltern.no.

Partikkelsperra skal bestå av en fiberduk med høy strekkstyrke, både på tvers og på langs av dukens lengdeakse. Videre skal duken ha poreåpninger som sikrer at partikler ned til en viss kornstørrelse holdes tilbake, mens vann beveger seg tilnærmet uhindret gjennom duken.

For å unngå at skader på duken skal medføre omfattende spredning, forutsettes partikkelsperra bygget opp med dobbel fiberduk. For at partikkelsperra skal kunne motstå strøm- og bølgepåvirkning, og skiftende værforhold gjennom anleggsperioden, vurderes det i tillegg rammet et antall innfestingspeler i innløpet. Hensikten vil være å redusere kreftene som virker på fiberduken i partikkelsperra. Peleavstanden vil bli fastsatt i detaljprosjekteringen. Ramming av peler og montering av partikkelsperre utføres i forkant av øvrige anleggsarbeider i deponiområdet. Det antas også å være nødvendig med utskifting av dukene i partikkelsperren underveis for å sikre tilstrekkelig vanngjennomstrømning.

Det må her likevel påpekes at utførte strømmålinger i Nyhavnas østre basseng (SINTEF 2013) indikerer relativt beskjeden strømpåvirkning i dette området, i hovedsak tidevannsdrevet. Med krav om forsiktig håndtering av sedimenter i østre basseng (i likhet med øvrige tiltaksområder), forventes det heller ikke spesielt stor belastning på partikkelsperra, i form av partikkelholdig vann.

Partikkelsperra utstyres med flyteelementer (tett plastrør) og ballast (kjetting). Disse må dimensjoneres slik at duken til enhver tid holdes utspent, og dekker hele vannsøylen fra sjøbunnen til overflaten. Partikkelsperra må ha tilstrekkelig høyde til at den slutter godt mot sjøbunnen også ved høyeste høyvann, kombinert med bølgepåvirkning. Sjøbunnen der partikkelsperra er forutsatt plassert ligger på ca. kote -6,0 m LAT, mens høyeste astronomiske tidevann (HAT) er på kote +3,46 m LAT. Partikkelsperra bør derfor ha en høyde på ca. 10 meter.

Partikkelsperra er anslått å få et dukareal på ca. 1.000 m² (x 2 duker).

Det må konstrueres og etableres en port i partikkelsperra, slik at lektere for transport av mudringsmasser kan passere, i den grad dette blir aktuelt.

Porten kan bestå av to peler (portstolper) med ca. 15 meters avstand, samt en tverrbjelke mellom disse to pelene, på ca. kote -4 m LAT (som utgjør terskelen i porten).

Fra hver av portstolpene monteres separate duker ut til sidene, mens en egen duk spennes opp fra tverrbjelken og ned til sjøbunnen. Porten må også bestå av en egen duk, med flyteelement og ballast. Den må være minst 5 meter lengre og ca. 1 meter høyere enn portåpningen (ved høyeste tidevann), slik at det er et godt overlapp mellom dukene. Portduken bør under åpning ikke slutte ned mot sjøbunnen, men henge fritt i vannsøylen (dvs. at åpning ikke kan utføres på lavvann).

2.2.4 Driftsprosedyre

Det er vesentlig at partikkelsperra er intakt og velfungerende gjennom hele anleggsperioden, og det må etableres klare prosedyrer for inspeksjon, oppfølging, drift. Dette innebærer også utskifting av duker, etter behov. Fra partikkelsperra er montert opp og fram til den blir demontert, vil adkomsten til østre basseng i utgangspunktet være stengt for all båttrafikk (unntatt lektere og øvrige fartøyer knyttet til anleggsdriften). Det kan likevel foreligge mulighet for at nødvendige anløp kan gjennomføres etter avtale med deponiprojektet (tiltakshaver / entreprenør).

Følgende elementer må blant annet inngå:

- Prosedyre for åpning av port, som bl.a. må omfatte turbiditetsmålinger på innsiden (med tilhørende grenseverdi) før åpning.

- Kontinuerlige turbiditetsmålinger på inn- og utside, med SMS-varsling ved overskridelse av gitte grenseverdier.
- Regelmessige inspeksjoner (fra overflaten og av dykker), med påfølgende utbedringer ved behov. Nødvendige utbedringer skal gjennomføres snarest mulig, slik at eventuelle brekkasjer eller svakheter ved partikkelsperra ikke medfører vesentlig forurensningsspredning.

Alternative metoder for mottak og utlegging av mudringsmasser kan være aktuelle, for å redusere behovet for åpning av partikkelsperra til et minimum. Dette kan eksempelvis være omlasting av masser over partikkelsperra, fra en transportleker (fra mudringsområdene) til en egen leker for utlegging / innfylling i deponier. Bruk av alternative løsninger betinger at spredningsomfanget ved bruk av den gitte løsningen ikke er større enn ved den beskrevne løsningen (med port).

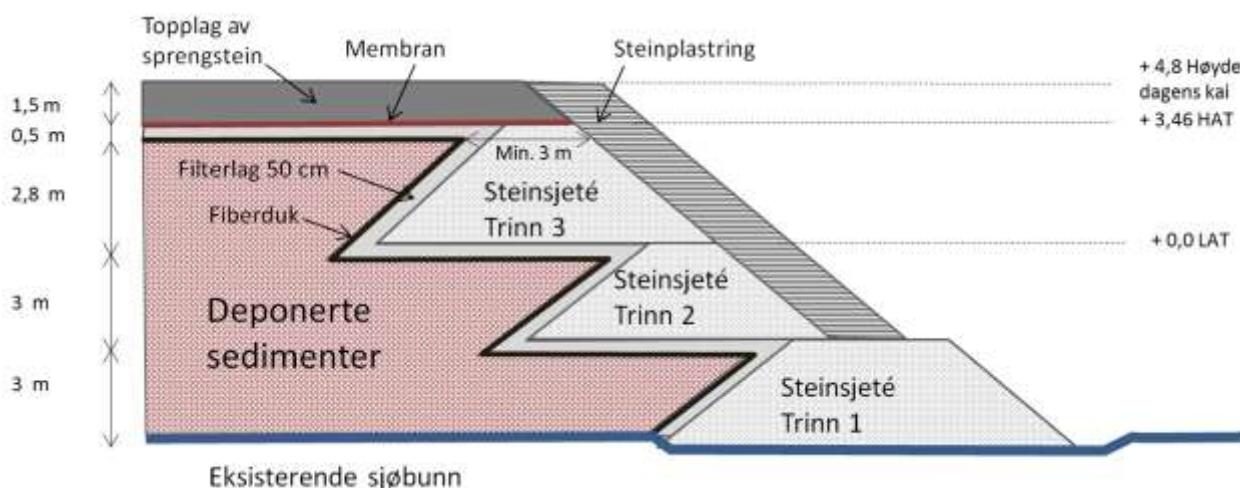
2.3 Strandkantdeponi

2.3.1 Avgrensningsfylling (sjeté)

Strandkantdeponiet etableres innenfor en avgrensningsfylling av stein ("sjeté") mot sjøen.

Hovedformålet med avgrensningsfyllingen er å holde deponerte mudringsmasser på plass innenfor et begrenset areal, samtidig som forurensning i sedimentene ikke skal lekke ut. Deponiets avgrensninger mot vest og sør utgjøres av Kullkranpiren (hhv. kai 47 og kai 48).

I sin enkleste form kunne man etablert én massiv steinfylling mot sjøen, men dette ville redusert deponikapasiteten betydelig. Avgrensningsfyllingen er derfor planlagt etablert i 3 trinn, med innfylling av mudringsmasser i deponiet mellom hvert trinn (opp til nivå 0,5 meter under toppen av steinfyllingen). Dette er illustrert i Figur 7.



Figur 7 Oppbygging av avgrensningsfyllinger for strandkantdeponi (deponi 14). Snitt A, jfr. Figur 3 – avgrensning mot sjø.

Oppbygging og prosedyre for etablering av sjetéer er planlagt med utgangspunkt i geotekniske forhold (bl.a. stabilitet, oppstøtting, setningsproblematikk), kombinert med fokus på å minimere spredning av forurensning både under og etter tiltak.

Følgende elementer skal hindre utlekking av forurensning gjennom steinfyllingene i det ferdige deponiet:

- Den innvendige fyllingsskråningen på samtlige 3 sjetéer dekkes med et 0,5 meter tykt filterlag (fraksjon 0/32 mm) som igjen dekkes med en fiberduk (for masseseparasjon og filtrering).
- Under de to øverste steinfyllingene legges en armeringsduk (fiberduk med geoteknisk bærefunksjon, i tillegg til filterfunksjon) som dekker hele fotavtrykket til hver steinfylling. Over armeringsduken legges et 0,5 meter tykt filterlag, før selve steinfyllingen bygges opp (av fraksjon 20/200 mm).

Når deponiet er ferdigstilt, vil det dermed være etablert et sammenhengende filterlag i 0,5 meters tykkelse, med fiberduk på alle flater som vender inn mot deponerte mudringsmasser.

Avstanden fra deponerte mudringsmasser og ut til åpent vann, gjennom filterlag og steinfylling, skal være minst 3 meter i alle deler av deponiet.

Under avgrensingsfyllingene i trinn 2 og 3 kan det, for å redusere risikoen for uønsket ventetid mellom fyllingstrinn (konsolidering av massene), være aktuelt at sedimenter fylles i «big bags» som så legges i deponiet.

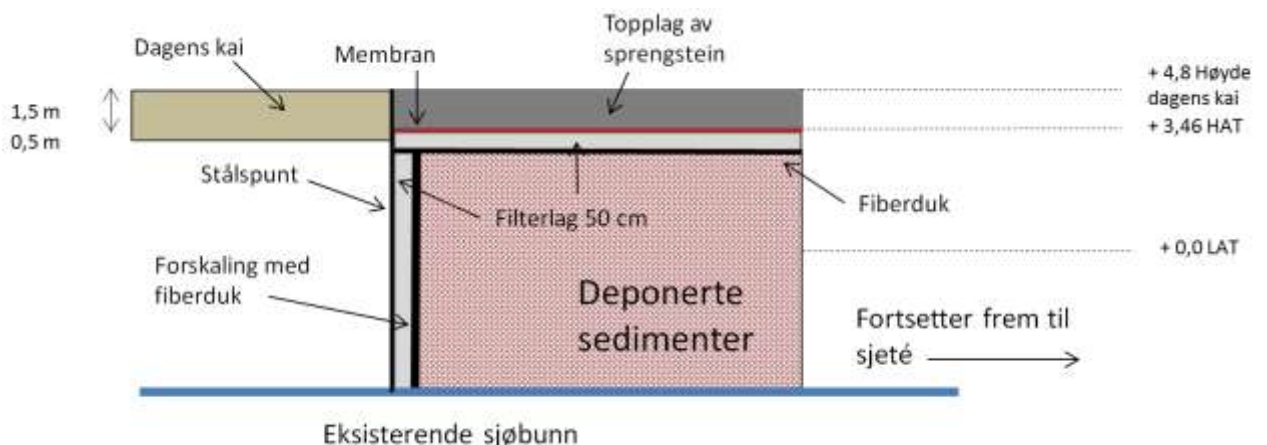
2.3.2 Avgrensning mot eksisterende kaier (kai 47 og 48)

De eksisterende kaiene inntil strandkantdeponiet, kai 47 og 48, er spuntkaier. Kaiene er i dårlig forfatning og kan ikke regnes som tette barrierer (mot utlekking av forurensning). Ytterligere sikring mot forurensningsspredning er derfor forutsatt også her, i form av et 0,5 meter tykt filterlag (av masser i fraksjon 0/32 mm) samt fiberduk.

Før innfylling i deponiet etableres en "forskaling" 0,5 meter fra hver kaifront (av tre eller annet egnet materiale), som kles med fiberduk. Rommet mellom kaifrontene og denne forskalingen fylles med filtersand (0/32 mm), parallelt med innfylling i deponiet.

Prinsipp for oppbygging av deponiet mot eksisterende kaifronter er vist i Figur 8.

Det vurderes også å benytte "big bags" til innfylling av sedimenter mot eksisterende kaifronter, for å redusere belastningen (jordtrykket) på disse.



Figur 8 Prinsipp for oppbygging av strandkantdeponi mot eksisterende kaifronter. Snitt B, jfr. Figur 3 – avgrensning mot eksisterende kaifronter.

2.3.3 Tildekking

Toppen av deponiet er forutsatt dekket med en separasjonsduk (fiberduk), et 0,5 meter tykt filterlag (fraksjon 0/32 mm), en tettemembran (bentonitt) og et 1,5 meter tykt bærelag (sprengstein).

Utover den geotekniske funksjonen, vil topplagets oppbygning ivareta følgende:

- Fiberduk og filterlag vil, sammen med sprengsteinsmassene, hindre forurensningstransport til sjøen. Det forventes at grunnvannsnivået innover i deponiet på sikt vil stabiliseres omkring middel spring høyvann, kote +2,8 m LAT, dvs. i underkant av topplaget.
- Rene masser i til sammen 2 meters mektighet over forurensede sedimenter medfører at deponerte masser representerer svært liten risiko for direkte eksponering (direkte kontakt med forurensede sedimenter). Eksponering kan i praksis kun forekomme i forbindelse med terrenginngrep (graving) i deponiet.
- En sammenhengende tettemembran, i overgangen mellom filterlag og bærelag, vil gi redusert infiltrasjon av overflatevann (nedbør på deponioverflaten), som igjen vil medføre minimal sigevannsproduksjon fra eventuelle deponimasser som ligger over mettet sone. Videre vil resulterende utoverrettet grunnvannsstrømning minimaliseres.

2.4 Sjøbunnsdeponi

Hvis deponi 6C (mot formodning) skulle komme til utførelse, vil det bygges avgrensingsfyllinger i nord og sør, plassert som vist i Figur 3. Avgrensingsfyllingene vil etableres etter samme prinsipp som nederste sjeté i deponi 14. Disse fyllingene bygges opp til det nivået som er påkrevet (bestemt av volum av mudringsmasser, utover de som får plass i deponi 5 og deponi 14).

Deponi 5 omfatter gjenfylling av en fordypningen foran Dora I. Etablering av dette deponiet forutsetter kun oppfylling til omkringliggende sjøbunn (eller til lavere nivå), og omfatter derfor ikke etablering av avgrensingsfyllinger. Deponi 5 er illustrert i Figur 9.



Figur 9 Prinsipp for sjøbunnsdeponi i grop (deponi 5).

Deponerte masser vil være løsere lagret enn øvrige sedimenter som skal tildekkes (sjøbunn). For sjøbunnsdeponiet er det derfor forutsatt en separasjonsduk (fiberduk) mellom tildeckingslag og deponimasser.

Prosjektert tildekking er 60 cm for deponi 5.

Tildekking av deponi 5 vil bli utført med tilsvarende masser som for tiliggende sjøbunnsarealer. I forprosjektet er det forutsatt 15 cm erosjonslag over 45 cm isolasjonslag. For øvrig skal tildekkingsmassene tilfredsstillende kravene i tildekkingsveilederen.

2.5 Forutsatt rekkefølge

Følgende overordnede framgangsmåte forutsettes for arbeidene i Nyhavna østre basseng, inklusive etablering av deponier:

1. Etablering av partikkelsperre.
2. Vekselvis etablering av fyllinger (inkl. fiberduker og filter) for strandkantdeponi, og innfylling i begge deponier. Av stabilitetshensyn er det en forutsetning at deponi 5 er fylt med masser opp til kote -8,0 m LAT før siste deponeringstrinn i deponi 14. Utover dette stilles ikke krav til rekkefølgen i deponibygging og deponering.
3. Arbeidene bør planlegges slik at innfylling i deponi 5 (sjøbunnsdeponiet) utføres i påkrevde deponeringspauser for deponi 14 (strandkantdeponiet).
4. Tildekking av deponi 5 (sjøbunnsdeponi) og øvrig sjøbunn i Nyhavnas østre basseng, inklusive arealet under Dora I, utføres etter at all håndtering og deponering av forurensede mudringsmasser er ferdigstilt (for å unngå rekontaminering).
5. Partikkelsperra demonteres når all mudring og deponering i østre basseng er ferdigstilt, og sjøbunnsdeponiet (deponi 5) samt all øvrig sjøbunn er tildekket med rene masser.

3 Beskrivelse av mudringsmasser

3.1 Undersøkelser

I forbindelse med utarbeidelse av helhetlig tiltaksplan er det utført undersøkelser av sedimentene i hele havneområdet. Resultatene er presentert i NGI-rapport 20081794-00-39-R «Datarapport» av 17. juni 2011 (NGI 2011a), sammen med resultater fra tidligere undersøkelser.

Det ble i februar 2014 innhentet nye prøver fra planlagte mudringsområder; én prøve fra Kanalen, to fra Brattørabassenget og tre fra Nyhavna. Prøvene ble analysert for totalinnhold av PCB, PAH, TBT, arsen, bly, kobber, krom, kadmium, kvikksølv, nikkel og sink. Det ble også utført bestemmelse av porevannskonsentrasjoner ved ristetest på samtlige prøver.

3.2 Nyhavna

Hele Nyhavna er forurenset, med de høyeste konsentrasjonene i den vestlige delen. Det er påvist høye konsentrasjoner av metaller i sedimentene i hele tiltaksområdet, spesielt er nivået av kobber høyt og overskrider nedre grense for tilstandsklasse 5 i flere prøvepunkter. Nivået av organiske forbindelser som TBT (tributyltinn) og PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) er også generelt høyt i sedimentene i hele tiltaksområdet.

3.3 Kanalen

Forurensningsnivået i Kanalen er generelt litt lavere enn i Nyhavna, men overskrider nedre grense for tilstandsklasse 4 i de fleste prøvepunkter. Det er påvist høye nivåer av metaller og TBT i hele tiltaksområdet, i tillegg til høye nivåer av PAH i den vestlige delen av Kanalen.

De forurensede sedimentene i Kanalen har en større mektighet enn i de andre tiltaksområdene, fordi kloakk tidligere ble sluppet direkte ut i Kanalen. Her har også undersøkelser vist at de mest forurensede sedimentene ligger i dypere lag.

3.4 Brattørbassenget

Her er det generelt påvist lave konsentrasjoner av metaller, men det er påvist noe forhøyet nivå av bly, kobber og kvikksølv i sørvestre del av området mot Ravnkolløpet. I området ved Turistskipkaia er det påvist forhøyede nivåer av de organiske forbindelsene PAH og TBT.

3.5 Datasammenstilling

Gjennomsnittskonsentrasjoner for relevante organiske parameter og metaller i sedimenter fra hvert delområde er gitt i Tabell 1. Gjennomsnittskonsentrasjonene er beregnet fra tidligere resultater presentert i NGI-rapport 20081794-00-39-R «Datarapport» av 17. juni 2011 (NGI 2011a), samt resultatene fra prøvetakingen i 2014. Konsentrasjonene er sammenstilt med grenseverdiene for klassifisering av sedimenter gitt i Miljødirektoratets veileder TA-2229/2007 (Miljødirektoratet 2007a).

Tabell 2 viser porevannskonsentrasjoner fra nye og gamle prøver i Kanalen, Brattøra og Nyhavna. Resultatene er sammenstilt med grenseverdiene for klassifisering av vann gitt til Miljødirektoratets veileder TA-2229/2007 (Miljødirektoratet 2007a).

Gjennomsnittsverdiene er tatt med for å illustrere hvilket forurensningspotensiale de ferdige deponiene vil representere. Det er disse verdiene som er lagt til grunn for spredningsberegninger for deponiområdet, som input til miljøgiftbudsjett for tiltaket som helhet (jfr. kapittel 7).

Tabell 1 Gjennomsnittskonsentrasjoner for relevante parametere i mudringsområdene.

Område/parameter	Sum PCB ₇	Sum PAH ₁₆	B(a)p	TBT	Pb	Cu	Hg	Zn
	mg/kg TS				µg/kg TS			
Kanalen	0,127	12,8	0,52	0,05	71	63	0,77	199
Brattøra	0,021	13,1	0,62	0,09	36	41	0,26	101
Nyhavna	0,054	14,3	0,88	1,15	69	193	0,27	418
Klasse I: Bakgrunn	<0,005	<0,300	<0,006	<0,001	<30	<35	<0,15	<150
Klasse II: God	0,017	2	0,42	0,005	83	51	0,6300	360
Klasse III: Moderat	0,19	6	0,83	0,020	100	55	0,8600	590
Klasse IV: Dårlig	1,9	20	4,2	0,1	720	220	1,6000	4500
Klasse V: Svært dårlig	>1,900	>20,000	>4,200	>0,1	>720	>220	>1,6	>4500

Tabell 2 Porevannskonsentrasjoner for relevante parametere, analysert ved ristetest. Alle verdier er gitt i µg/l.

Område	Prøvepunkt	Dybde (m)	PCB	PAH	B(a)P	TBT	Pb	Cu	Hg	Zn
Nyhavna	T14-1	0-10	0,000115	0,2	0,00154	2,3	0,57	<1	<0,02	3,4
Nyhavna	T14-2	0-10	0,0000846	0,791	0,0032	0,048	0,72	2,0	<0,02	6,4
Nyhavna	T14-3	0-10	0,00019	0,619	0,00409	0,0093	<0,2	1,0	<0,02	<2
Nyhavna	157	0-10	0,0000321	5,5	0,16	0,004	<0,2	<1		2,8
Nyhavna	189	0-10	0,0000634	2,67	0,0232	0,02	<0,2	<1		5,1
Gj.snitt Nyhavna			0,000097	2,0	0,038	0,48	0,32	0,9	0,01	3,7
Brattøra	T14-4	0-10	0,0000397	0,175	0,000853	0,16	0,57	2,6	<0,02	10,2
Brattøra	T14-6	0-10	0,0000481	0,143	0,00099	0,084	3,44	8,6	0,03	9,3
Gj. snitt Brattøra			0,0000439	0,159	0,000922	0,122	2,01	5,6	0,02	9,8
Kanalen	T14-8	0-10	0,0000496	0,312	0,00132	0,0019	0,28	<1	<0,02	<2
Kanalen	145	0-10	0,0000795	0,403	0,00127	0,0019	<0,2	<1		2,4
Kanalen	146	0-10	0,0000156	0,144	0,000532	0,003	<0,2	<1		2,4
Gj. snitt Kanalen			0,000048	0,286	0,00104	0,0023	0,16	0,5	0,01	1,93
Tilstandsklasse 1					0,000005		0,05	0,3	0,001	1,5
Tilstandsklasse 2					0,05	0,0002	2,2	0,64	0,048	2,9
Tilstandsklasse 3					0,1	0,0015	2,9	0,8	0,071	6
Tilstandsklasse 4					0,5	0,003	28	7,7	0,14	60
Tilstandsklasse 5					>0,5	>0,003	>28	>7,7	>0,14	>60

3.6 Massekarakteristikk

Massene fra de ulike delområdene karakteriseres som følger, basert på korngraderingsanalyser utført av NGI på prøver hentet opp i februar 2014:

- Kanalen: Det er utført 3 korngraderingsanalyser nå, med relativt sammenfallende resultat. To av prøvene karakteriseres som "SILT, leirig" (ca. 12% leirepartikler), den siste prøven karakteriseres som "LEIRE, siltig" (med 19% leire).
- Brattørbassenget: Det er utført 4 korngraderingsanalyser nå, og resultatene er sammenfallende også her. En prøve karakteriseres som "Sandig, siltig materiale", og en som "Sandig, siltig, leirig materiale". Leireinnhold hhv. 4,4 og 11,3 %. De 2 siste prøvene karakteriseres som "SAND, grov til fin, siltig", med leireinnhold 3-3,5 %.
- Nyhavna: Her er det utført 3 korngraderingsanalyser nå, med en prøve som avviker fra de to øvrige. En prøve karakteriseres som "Sandig, siltig, leirig materiale" (leireinnhold 9,9%), og en som "SAND, fin til middels, siltig" (leireinnhold 4,9%). Den siste prøven karakteriseres som "LEIRE, sandig, siltig" (leireinnhold 23,3 %).

Organisk andel er relativt lav (snittverdier for TOC er fra 1,3 til 2,5 %), med høyest nivå i Kanalen.

Ved vurdering av spredning i tiltaksfasen (partikkelsuspensjon) legges disse karakteristikkene grunn, sammen med resultater fra tidligere undersøkelser.

4 Planlagte forebyggende tiltak

4.1 Innfyllingsmetodikk

Ved deponering under vann, dvs. i sjøbunnsdeponiet samt de to første fyllingstrinnene i strandkantdeponiet, forutsettes massene lagt kontrollert ned i deponiet ved hjelp av tett grabb, eller med utstyr som gir tilsvarende sikkerhet mot spredning.

Før siste fyllingstrinn i strandkantdeponiet skal avgrensingsfylling være etablert opp til kote +3,5 m LAT (dvs. over høyeste astronomiske tidevann), inklusive innvendig filterlag og fiberduk helt opp. Innfylling av forurensede masser vil da bli utført i et avgrenset basseng.

4.2 Tildekking

Utlegging av tildekkingsmasser skal utføres på en måte som sikrer at massene tilføres skånsomt og kontrollert, og slik at hele området tildekkes med et jevnt og forsvarlig tykt lag. Før tildekking skal sedimentene i sjøbunnsdeponiet dekket med en fiberduk. Fiberduken skal dekke hele deponiet. Alle dukskjøter utføres med overlapp på minimum 1 meter. Tildekkingen utføres på en måte som hindrer at fiberduken ødelegges under utlegging av masser.

Tildekking av sjøbunnsdeponiet antas utført i samme operasjon og med samme type masser som for tilgrensende sjøbunn.

4.3 Overvåking under tiltak

4.3.1 Turbiditetsmålinger

Mens tiltakene gjennomføres er det viktig å minimalisere spredning av miljøgifter. Forurensningene bindes i stor grad til partikler, og ved å måle partikkelinnhold i vannmassene (turbiditet) vil man få en god indikasjon også på omfanget av forurensningsspredning.

Turbiditetsmålinger i anleggsfasen er også viktige inndata til føring av et miljøgiftregnskap.

Det er forutsatt kontinuerlige turbiditetsmålinger (med SMS-varslings) i ett punkt på hver side av partikkelsperra, i hele anleggsperioden. Partikkelspredning (tilslamming av vannet) vil da raskt bli oppdaget, og avbøtende tiltak kan gjennomføres.

Spesielt viktig vil det være å overvåke tilstanden i vannmassene i forbindelse med åpning av porten. Det vil være aktuelt å benytte turbiditetsmålinger som et styringsverktøy for åpning og lukking, slik at det ved vesentlig forhøyet turbiditet på innsiden av partikkelsperra ikke vil være tillatt å åpne porten.

Turbiditeten innenfor og utenfor partikkelsperra må sammenlignes med turbiditet i en referansestasjon, som har sammenlignbare strømforhold og innblanding av elvevann (som vil ha svært varierende naturlig turbiditet), men som er upåvirket av arbeidene med mudring og deponering.

Grenseverdi(er) for turbiditet skal etableres før oppstart, og defineres i et eget kontrollprogram for prosjektet.

Det må skilles på avbøtende tiltak ved høy turbiditet på hhv. innsiden og utsiden av partikkelsperra.

På innsiden av partikkelsperra kan turbiditeten være noe forhøyet i deler av anleggsperioden uten at dette er kritisk. Avbøtende tiltak vil da være å holde partikkelsperra intakt og porten lukket.

Forhøyet turbiditet utenfor partikkelsperra (som ikke skyldes naturlige variasjoner) kan skyldes skade eller nedsatt funksjon på partikkelsperra. Avbøtende tiltak vil da være kontroll og utbedring av partikkelsperra, samt midlertidig stans eller endring av aktuell arbeidsoperasjon.

4.3.2 Passive prøvetakere og sedimentfeller

I tillegg til turbiditetsmålinger vil det være aktuelt å benytte sedimentfeller for å undersøke forurensningsnivåer i eventuelle partikler som spres ut av deponiområdet. Denne dokumentasjonen vil utgjøre viktig input til miljøgiftregnskapet, men vil i mindre grad kunne benyttes til styring av tiltaksarbeidene da målingen foregår over lengre perioder.

Andre passive prøvetakere kan også benyttes til å overvåke og dokumentere spredning av forurensning ut fra deponiområdet, men sedimentfeller vurderes som mest aktuelt.

5 Overvåking av deponiene etter tiltak

5.1 Strandkantdeponi

Det forutsettes montert overvåkningsbrønner i og omkring strandkantdeponiet, for å måle og dokumentere forurensningsnivå i grunnvannet. Det er aktuelt med 4 brønner, plassert hhv. i avgrensningsfylling (både mot nord og øst), og på Kullkranpiren (sør for deponiet), i tillegg til et målepunkt sentralt i deponiet.

Det skal i tillegg benyttes passive prøvetakere for å kontrollere eventuell utlekking til sjøen.

Hypighet og varighet av overvåkning fastsettes i et eget overvåkningsprogram.

Data fra målinger i grunnvann og sjøvann i og ved strandkantdeponiet vil utgjøre vesentlig input til miljøgiftregnskapet.

5.2 Sjøbunnsdeponi

For sjøbunnsdeponiet vil kvaliteten på tildekkingen være avgjørende for å hindre utlekking fra deponerte sedimenter. Kontroll av tildekkingslaget umiddelbart etter at tiltakene er avsluttet, er

derfor vesentlig. Kontroll av tildekkingslaget vil typisk omfatte kontroll av tildekkingsmektighet (oppmåling før og etter). Det forutsettes også regelmessig visuell kontroll av deponioverflaten, for å avdekke eventuelle skader (erosjon eller påkjørsel fra båter).

Også for sjøbunnsdeponiet skal det benyttes passive prøvetakere for å kontrollere eventuell utlekking til sjøen.

Hyppighet og varighet av overvåkingen må også for dette deponiet fastsettes i et eget overvåkningsprogram.

6 Spredningsvurdering

6.1 Mekanismer

I Miljødirektoratets veiledere for risikovurdering av forurenset sediment (Miljødirektoratet 2007b, 2011a, 2011b og 2011c) angis aktuelle spredningsmekanismer.

Det er tidligere utført en risikovurdering for Renere havn-prosjektet, med beregning av spredning i nå-situasjonen.

Her behandles kun spredning fra deponiområdet som helhet under tiltak (angitt som spredning ut av østre basseng i Nyhavna), samt spredning ut fra strandkantdeponiet etter tiltak.

En oversikt over alle spredningsmekanismer som vurderes å være aktuelle i tiltaks- og etterdriftsfasen, er presentert i Tabell 3. I tabellen er mekanismene splittet på de ulike deponiene, samt i definert grensesnitt for deponiområdet (partikkelsperre).

Tabell 3 Oversikt over relevante spredningsmekanismer i de ulike fasene

	Spredning før tiltaket (nå-situasjonen)	Spredning under tiltaket (deponering og tildekking)	Spredning etter tiltaket (ut fra deponiene)
Strandkantdeponi	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon/Biodiffusjon Oppvirvling pga skipstrafikk Transport via organismer 	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon/Biodiffusjon (som i nå-situasjonen) Porevannsutpressing, fra deponerte masser og fra underliggende sjøbunn. Oppvirvling ved deponering 	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon Strømning som følge av tidevannspåvirkning (vannløst forurensning) Infiltrasjon av overflatevann / nedbør (vannløst forurensning)
Sjøbunnsdeponi	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon/Biodiffusjon Oppvirvling pga skipstrafikk Transport via organismer 	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon/Biodiffusjon (som i nå-situasjonen) Porevannsutpressing, fra deponerte masser og fra underliggende sjøbunn. Oppvirvling ved deponering Spredning ved tildekking 	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon/Biodiffusjon gjennom / fra tildekkingslaget
Deponiområde	Ikke relevant	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon/Biodiffusjon (som i nå-situasjonen) Oppvirvling ved mudring og transport. Spredning ved tildekking Partikkelspredning ved åpning av partikkelsperre Partikkelspredning som følge av utett partikkelsperre Spredning av forurensninger løst i vann 	Ikke relevant

6.2 Under tiltak

Som Tabell 3 illustrerer vil det under gjennomføringen av tiltaket, med mudring, transport, bygging av deponi, innfylling av mudringsmasser og tildekking / avslutning, være en rekke aktive spredningsmekanismer, som i utgangspunktet vil utgjøre et betydelig spredningspotensiale. Dette viser med all tydelighet betydningen av gode rutiner for å unngå oppvirvling av sedimenter ved mudring, transport og utlegging av tildekkingsmasser.

Etablering av ei partikkelsperre, som er intakt og velfungerende gjennom hele tiltaksfasen, vil innebære en tilleggsikring.

En viss spredning ut fra deponiområdet må likevel påregnes.

Det utføres spredningsberegninger for å estimere den samlede belastningen fra de ulike oppvirvlingsprosessene knyttet til mudring (i Nyhavna), transport og deponering. Her benyttes primært data og formelverk utviklet for å beregne oppvirvling som følge av skipstrafikk.

Videre estimeres bidraget fra porevannsutpressing, fra begge deponiene, både fra underliggende sjøbunn og fra massene som deponeres.

Forurensning som oppstår ved utlegging av tildekking estimeres også, og det legges til grunn at omfanget av spredning som følge av diffusjon / biodiffusjon er konstant gjennom hele tiltaksfasen, og på tilsvarende nivå som i nå-situasjonen.

I spredningsberegningen vurderes og kvantifiseres til slutt andelen av forurensning, i partikkelform og oppløst, som totalt sett kan antas transportert ut av deponiområdet (jfr. mekanismer angitt i Tabell 3).

6.3 Etter tiltak

Etter at tiltakene er gjennomført, må spredning fra hhv. strandkantdeponi og sjøbunnsdeponi vurderes separat.

Felles for begge er likevel at risikoen for direkte påvirkning av marine organismer er tilnærmet lik null, siden de forurensede sedimentene nå vil være dekket av renere materialer i betydelig mektighet.

Oppvirvling som følge av ytre påvirkning (skip, etc.) vil heller ikke være aktuelt for noen av deponiene. Dette vil bare kunne oppstå som følge av uhellshendelser (grunnstøting, påkjørsel), som ikke inngår i vurdering av "normal" spredning fra deponiene.

For sjøbunnsdeponiet vil dermed spredning av forurensning i driftsfasen i hovedsak skje ved diffusjon / biodiffusjon.

Strandkantdeponiet er planlagt med barrierer for å hindre forurensningsspredning, etter samme mal som tidligere anlagte strandkantdeponier (jfr. bl.a. Kongsgårdsbukta, Kristiansand). Minste avstand fra deponerte masser til åpent vann vil være 3 meter. Fyllingene mot sjøen bygges opp med erosjonsplastring ytterst, deretter en kjerne av sprengstein, et filterlag i mektighet 0,5 meter og en fiberduk inn mot de deponerte massene. Filterlag og fiberduk vil utgjøre en sammenhengende barriere, både sideveis og over deponimassene.

Løsningen vurderes å være tilnærmet 100 % effektiv når det gjelder forurensning bundet til partikler, mens spredning av forurensning løst i vann fortsatt kan forekomme. Nivået av vannløst forurensning ventes imidlertid å være lavt, selv om det er flere mekanismer som teoretisk sett kan medføre slik spredning (jfr. Tabell 3).

Størstedelen av de deponerte massene i strandkantdeponiet vil ligge i antatt vannmettet sone. Det antas da at grunnvannet i indre del av deponiet (> 10 meter fra sjø) vil stabilisere seg omkring middel spring høyvann (kote + 2,8 m LAT), mens grunnvann i ytre del beregningsmessig antas å være tidevannsinfluert. I vannmettet sone vil diffusjon (som følge av ulik konsentrasjon av forurensninger i deponiets porevann og sjøvannet utenfor) være drivende for forurensningstransporten. Ren diffusjon vil være en langsom prosess, som medfører beskjeden forurensningsspredning.

Den mest omfattende spredningen fra strandkanteponiet vil være knyttet til sedimenter som ligger i (delvis) umettet sone, i ytre og øvre del av volumet. Her vil man ha en vekslende gradient, som primært vil avhenge av tidevannet i sjøen utenfor. Tidevannsfluktasjonen er relativt stor i Trondheim, med en differanse på ca. 1,8 meter fra middel lavvann til middel høyvann. Bidraget fra denne mekanismen kvantifiseres i spredningsberegningen.

Generell grunnvannsstrømning, utover de tidevannsdrevne strømningene, vurderes å være av beskjedent omfang her. Deponiet er plassert ytterst på en pir, og vil ikke mates med grunnvann fra tiliggende arealer (området er tilnærmet flatt). Deponiområdet er dermed "selvmatende", dvs. at kun infiltrerende nedbør fra overflaten vil generere grunnvannsbevegelse (når en ser bort fra tidevannet). Det gjøres likevel et estimat av denne mekanismens spredningsbidrag, under forutsetning av at deponiet har tette overflater (asfalt, membran).

For spredning fra sjøbunnsdeponiet etter tiltak antas de samme mekanismer som for forurenset sjøbunn, tildekket med rene masser. Spredningen kvantifiseres derfor av NGI.

7 Spredningsberegninger

7.1 Parametere og inndata til spredningsberegninger

Spredningsberegninger er utført for PCB₇, PAH₁₆, benzo(a)pyren, TBT, bly, kobber, kvikksølv og sink.

Grunnlagsdata for utførte spredningsberegninger omfatter:

- Forurensningskonsentrasjon i sedimenter fra de 3 delområdene der det skal utføres mudring (middelverdier). Herfra er veide gjennomsnitt beregnet, basert på planlagt mudringsomfang i de ulike delområdene. Disse verdiene er benyttet som inngangsdata for masser til deponering (oppvirvling, porevannsutpressing fra deponerte masser).
- Forurensningskonsentrasjon i sedimenter fra Nyhavna østre basseng (deponiområdet) er trukket ut separat, som inngangsdata for beregning av oppvirvling og øvrig spredning i forbindelse med mudring, transport, deponering (porevannsutpressing fra sjøbunn), tildekking og diffusjon / biodiffusjon.
- Resultater fra utlekkingstester for sedimenter fra de 3 delområdene (middelverdier), samt veid gjennomsnitt. Benyttet som porevannskonsentrasjon i masser til deponi.
- Resultater fra utlekkingstester for sedimenter fra Nyhavna østre basseng. Benyttet som porevannskonsentrasjon i beregningene for østre basseng.
- Resultat fra kornfordelinger (andel leirpartikler, < 2 µm). Veid gjennomsnitt for mudringsområdene (deponimasser), samt snittverdi for Nyhavna østre basseng.
- Beregnede fordelingskoeffisienter (K_d) for hhv. masser til deponi og masser i Nyhavna østre basseng. Beregnet fra snittverdiene for sediment- og porevannskonsentrasjon.
- Molekylærdiffusjonskoeffisienter, hentet fra Miljødirektoratets veileder TA-2802.

7.2 Tiltaksfasen

7.2.1 Generelt

For tiltaksfasen anslås total transport av forurensning ut gjennom innløpet til Nyhavnas østre basseng (der partikkelsperra er planlagt plassert).

I det påfølgende gjennomgås beregninger og resultater for de ulike grupper av spredningsmekanismer i tiltaksfasen.

7.2.2 Oppvirvling fra mudring, transport og deponering

For å beregne oppvirvling fra mudring i østre basseng, samt transport av masser fra innseilingen (partikkelsperra) til deponiene, er likning for oppvirvling som følge av skipstrafikk benyttet:

$$F_{skip} = 2 \cdot N_{skip} \cdot m_{sed} \cdot C_{sed} \cdot (f_{løst} + f_{susp})$$

F_{skip} = spredning som følge av skipstrafikk (mg), i dette tilfellet hhv. mudring og transport av masser inn til deponier.

N_{skip} = antall skipsanløp i tiltaksperioden, i dette tilfellet antall lektere, basert på lekterstørrelse 300 m³. For mudring er antallet basert på 15.500 m³ (totalt i Nyhavna østre basseng). For inntransport til deponiene er det tatt utgangspunkt i deponikapasiteten (75.000 m³), og volumet er likt fordelt mellom sjøbunnsdeponiet og strandkantdeponiet.

m_{sed} = mengde oppvirvlet sediment pr. anløp. Sjablongverdi for industrihavn med bunn av silt/leire er benyttet (1000 kg ved seilingstrasé 120 m). Mengden er korrigert for følgende seilingstraséer: Mudring 150 m (dvs. 1000 kg x 150/120), transport til sjøbunnsdeponi 250 m, transport til strandkantdeponi 100 m.

C_{sed} = sedimentkonsentrasjon (mg/kg ts) for aktuell forbindelse. Konsentrasjoner for Nyhavna øst er benyttet i disse beregningene.

$f_{løst}$ = fraksjon løst, satt lik beregnet 10/ K_d for Nyhavna øst.

f_{susp} = fraksjon partikkelbundet, satt lik fraksjon < 2 µm for Nyhavna øst.

Det er gjort separate beregninger for andelene $f_{løst}$ og f_{susp} , basert på at det i all hovedsak er den partikkelbundne andelen som vil holdes tilbake av partikkelsperra.

For å beregne spredning oppvirvling fra deponering, er følgende likning benyttet:

$$F_{deponering} = m_{deponering} \cdot f_{deponering} \cdot C_{sed} \cdot (f_{løst} + f_{susp})$$

$F_{deponering}$ = spredning som følge av deponering (mg)

$m_{deponering}$ = total mengde deponert sediment i tørrvekt (kg). Her beregnet fra total deponikapasitet 75.000 m³ minus siste fyllingstrinn i strandkantdeponiet (10.000 m³, foregår innenfor avgrensningssjeté), dvs. 65.000 m³, og tørr densitet 800 kg/m³.

$f_{deponering}$ = fraksjon håndtert sediment som resuspenderes, her anslått til 2 %.

C_{sed} = sedimentkonsentrasjon (mg/kg ts) for aktuell forbindelse. Veide gjennomsnitt for alle mudringsområder er benyttet.

$f_{løst}$ = fraksjon løst, lik beregnet 10/ K_d for deponimasser (veide snittverdier).

f_{susp} = fraksjon partikkelbundet, lik fraksjon < 2 µm for deponimasser.

Også for denne mekanismen er det gjort separate beregninger for løst og partikkelbundet forurensning.

I Tabell 4 er spredningsbidrag som følge av oppvirvling i tiltaksfasen summert. I beregningene er bidrag fra oppvirvling fordelt på løst og partikkelbundet andel. Det er her antatt at 30 % av partikkelbundet forurensning passerer partikkelsperre. Dette anses som svært konservativt, det må forventes at partikkelsperre holder tilbake en mye større andel.

Tabell 4 Spredningsbidrag fra oppvirvling i tiltaksfasen. Forutsatt at 30 % av partikler passerer partikkelsperre.

	PCB ₇	PAH ₁₆	B(a)p	TBT	Bly	Kobber	Kvikksølv	Sink
Oppvirvling (g)	12,53	1738	118,7	775	6132	11348	32,7	31442

7.2.3 Porevannsutpressing ved deponering

Ved deponering vil porevann presses ut både fra massene som deponeres, og fra sedimenter som ligger under deponiene. Forurensningsspredning som følge av dette beregnes med følgende formel:

$$F_{\text{porevann}} = C_{\text{pv}} \cdot V_{\text{pv}}$$

F_{porevann} = spredning via porevann (g)

C_{pv} = porevannskonsentrasjon, (g/m³ = mg/liter)

V_{pv} = volum utpresset porevann. Det er her (konservativt) lagt til grunn innblanding av porevann ved mudring tilsvarende 30 % av totalt mudringsvolum (75.000 m³). For sammenpressing av underliggende sjøbunn er det lagt til grunn 30 cm total setning, under begge deponiene.

I Tabell 5 nedenfor oppsummeres anslått spredningsbidrag fra porevannsutpressing.

Tabell 5 Spredningsbidrag fra porevannsutpressing i tiltaksfasen.

	PCB ₇	PAH ₁₆	B(a)p	TBT	Bly	Kobber	Kvikksølv	Sink
Porevannsutpressing (g)	0,003	40	0,7	7	15	44	0,4	121

7.2.4 Spredning ved tildekking

Spredningsbidrag knyttet til tildekking av sjøbunn og sjøbunnsdeponi i Nyhavna østre basseng er beregnet. Her er det lagt til grunn et spredningsomfang tilsvarende porevannskonsentrasjon i 1 meters mektighet over sjøbunn, multiplisert med arealene som tildekkes (hhv. 45.000 m² sjøbunn og 13.000 m² sjøbunnsdeponi). Porevannskonsentrasjoner for hhv. Nyhavna øst og veid snitt for deponimasser er benyttet. Beregnede verdier er gitt i Tabell 6 nedenfor.

Tabell 6 Spredningsbidrag fra tildekking av forurenset sjøbunn og sjøbunnsdeponi.

	PCB ₇	PAH ₁₆	B(a)p	TBT	Bly	Kobber	Kvikksølv	Sink
Tildekking (g)	0,007	91	0,9	5	12	57	0,6	196

7.2.5 Diffusjon / biodiffusjon

Transport ved diffusjon / biodiffusjon antas (forenklet) å foregå med tilsvarende rate gjennom hele tiltaksfasen som før tiltak, og beregnes som følger:

$$F_{diff} = (n / \tau) \cdot \alpha \cdot D_s \cdot (C_{pv} / \Delta x) \cdot 3,15 \cdot 10^8$$

F_{diff} = diffusjon/biodiffusjon (mg/m²/år)

n = porøsitet (0,7)

τ = tortuositet (krunglingsfaktor, 3)

α = økt diffusjon som følge av bioturbasjon (10)

D_s = molekylærdiffusjonskoeffisient (cm²/s, stoffavhengig),

C_{pv} = porevannskonsentrasjon (mg/liter)

Δx = diffusjonslengde (1 cm)

Beregnet diffusjon / biodiffusjon i mg/m²/år er omregnet til spredning i tiltaksfasen (g), basert på antatt varighet 16 måneder, og med totalt areal i østre basseng (inkl. under Dora I) på 66.000 m². Resultat fra beregninger er gitt i Tabell 7 nedenfor.

Tabell 7 Spredningsbidrag fra diffusjon / biodiffusjon i tiltaksfasen.

	PCB ₇	PAH ₁₆	B(a)p	TBT	Bly	Kobber	Kvikksølv	Sink
Diffusjon / Biodiffusjon (g)	0,03	531	4,7	5	61	353	5,7	1387

7.2.6 Summert spredning i tiltaksfasen

I Tabell 8 nedenfor er spredningsbidragene fra ulike mekanismer sammenstilt og summert. Oppvirvling er, som ventet, den dominerende mekanismen i tiltaksfasen.

Tabell 8 Total anslått spredning fra Nyhavna østre basseng i tiltaksfasen. Forutsatt at 30 % av partikler passerer partikkelsperre.

	PCB ₇	PAH ₁₆	B(a)p	TBT	Bly	Kobber	Kvikksølv	Sink
Oppvirvling (g)	12,53	1738	118,7	775	6132	11348	32,7	31442
Porevannsutpressing (g)	0,003	40	0,7	7	15	44	0,4	121
Tildekking (g)	0,007	91	0,9	5	12	57	0,6	196
Diffusjon/biodiffusjon (g)	0,03	531	4,7	5	61	353	5,7	1387
Sum tiltaksfasen (g)	12,57	2400	124,9	792	6220	11802	39,4	33147

7.3 Spredningsberegning strandkantdeponi etter tiltak

For det ferdige strandkantdeponiet er to spredningsmekanismer vurdert som aktuelle; spredning som følge av tidevannsvasking, og spredning som følge av infiltrerende overflatevann.

Beregning av tidevannsutvasking er basert på en påvirket sone langs randen av deponiet, som strekker seg 10 meter inn fra bakkant avgrensningssjeté. Distanse parallelt med sjøkanten er ca. 150 m, mens midlere tidevannsfluktusjon er benyttet for å estimere høyde av sedimentet som påvirkes.

I beregningen er det antatt en konsentrasjon i utstrømmende vann lik 5 % av porevannskonsentrasjonen (konservativt, den vil nok være mye lavere, i hvertfall på sikt).

Tilsvarende er det for infiltrerende overflatevann tatt utgangspunkt i årsnedbør på 1.000 mm multiplisert med deponiarealet (4.000 m³), og det er i beregningen forutsatt at nedbøren i sin helhet infiltreres ned i deponimassene og videre til sjøen. Det er dermed ikke hensyntatt eventuelle tette flater (asfalt / membran) på / i deponiet.

Beregningene er sammenstilt og summert i Tabell 9. Estimert spredning som følge av tidevannspåvirkning dominerer, men det må bemerkes at denne spredningen sannsynligvis er betydelig overestimert.

Tabell 9 Total anslått spredning fra strandkantdeponiet etter tiltak.

	PCB ₇	PAH ₁₆	B(a)p	TBT	Bly	Kobber	Kvikksølv	Sink
Tidevann (g/år)	0,0076	128	2,4	32	59	167	1,1	443
Nedbør (g/år)	0,000016	0,26	0,0049	0,065	0,12	0,34	0,0023	0,91
Sum strandkantdep. (g/år)	0,008	129	2,4	32	59	168	1,1	444

7.4 Spredning fra sjøbunnsdeponi etter tiltak

Beregning av spredning fra sjøbunnsdeponi utføres med samme metodikk og inndata som øvrige tildekkede tiltaksarealer, og tas inn i beregninger som utføres av NGI.

8 Referanser

- Multiconsult 2013. Rapport 415566-RIGm-RAP-001_rev01. Deponi for mudringsmasser i Nyhavna – Skisseprosjekt.
- Multiconsult 2014. Rapport 415566-TVF-RAP-001_rev01. Deponi for mudringsmasser i Nyhavna – Forprosjekt. 2014.
- NGI 2011a. Rapport 20081794-00-39-R. Trondheim havn – Helhetlig tiltaksplan, Delrapport 1a - Datarapport. 2011.
- NGI 2011b. Rapport 20081794-00-49-R. Trondheim havn - Helhetlig tiltaksplan, Delrapport 3 - Deponialternativer. 2011.
- NGI 2014. Rapport 20130339-02-R. Prosjektering av mudring og tildekking i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna – Forprosjekt. 2014.
- DnV/NGI 2011. Rapport 20081794-00-62-R. Trondheim havn – Helhetlig tiltaksplan, Delrapport 4 – Tiltaksplan.
- SINTEF 2013. Rapport F24679. Nyhavna deponi. Konsekvenser for strøm, vannutskiftning og stabilisering av inneklime i Dora I.
- Miljødirektoratet 2005. TA-2143. Veiledende testprogram for masser til bruk for tildekking av forurensede sedimenter. (Tildeckingsveileder).
- Miljødirektoratet 2007a. TA-2229. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter.
- Miljødirektoratet 2007b. TA-2230. Risikovurdering av forurenset sediment.
- Miljødirektoratet 2011a. TA-2802. Risikovurdering av forurenset sediment.
- Miljødirektoratet 2011b. TA-2803. Bakgrunnsdokumenter til veiledere for risikovurdering.
- Miljødirektoratet 2011c. TA-2804. Bruk av miljøgiftsbudsjett ved gjennomføring av tiltak i forurenset sjøbunn. Utredning av muligheter.



Dokumentnr.: 20130339-03-R
Dato: 2014-05-09
Rev.nr.: 1, 2014-05-30
Vedlegg C, side 1

Vedlegg C - Strømmålinger

Til: Trondheim kommune
v/: Stein O. Brandslet
Kopi til: Anders Beitnes
Dato: 9. mai 2014
Rev. nr.: 0
Dokumentnr.: 20130339-05-TN
Prosjekt: Trondheim kommune.
Renere havn – Prosjektering av tiltak
Utarbeidet av: Anita Whitlock Nybakk
Prosjektleder: Mari Moseid
Kontrollert av: Mari Moseid, NGI
Grim Eidnes, SINTEF

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Sluppen
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Strømmålinger – Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna

Innhold

1	Innledning	2
2	Hensikt	2
3	Prøvestasjoner	2
3.1	Kanalen	3
3.2	Brattørbassenget - Brattørløpet	5
3.3	Nyhavna	5
4	Resultater	6
4.1	Skansenløpet	7
4.2	Brattørbrua	10
4.3	Brattørbassenget - Brattørløpet	12
4.4	Vannregnskap i Kanalen	14
4.5	Nyhavna	15
5	Oppsummering og konklusjon	16

Vedlegg:

Vedlegg A - Kanalen - Skansenløpet
Vedlegg B - Kanalen - Brattørbrua
Vedlegg C - Brattørbassenget
Vedlegg D - Nyhavna

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

I prosjektet Renere havn er det prosjektert tiltak mot forurenset sediment i 4 delområder. I 3 av områdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna, er det behov for å kartlegge strømningsmønsteret. Undersøkelsene er utført av NGI og SINTEF. I tillegg har Multiconsult bistått med utstyrsleie for målinger i Nyhavna. Målinger i Kanalen og Brattørbassenget er utført med utstyr fra SINTEF og NGI.

2 Hensikt

Hensikten med undersøkelsene er å vurdere strømningsmønsteret i områdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna som grunnlag for rekkefølgebeskrivelse og overvåking av tiltak og vurdering av avbøtende tiltak mot spredning av forurensning.

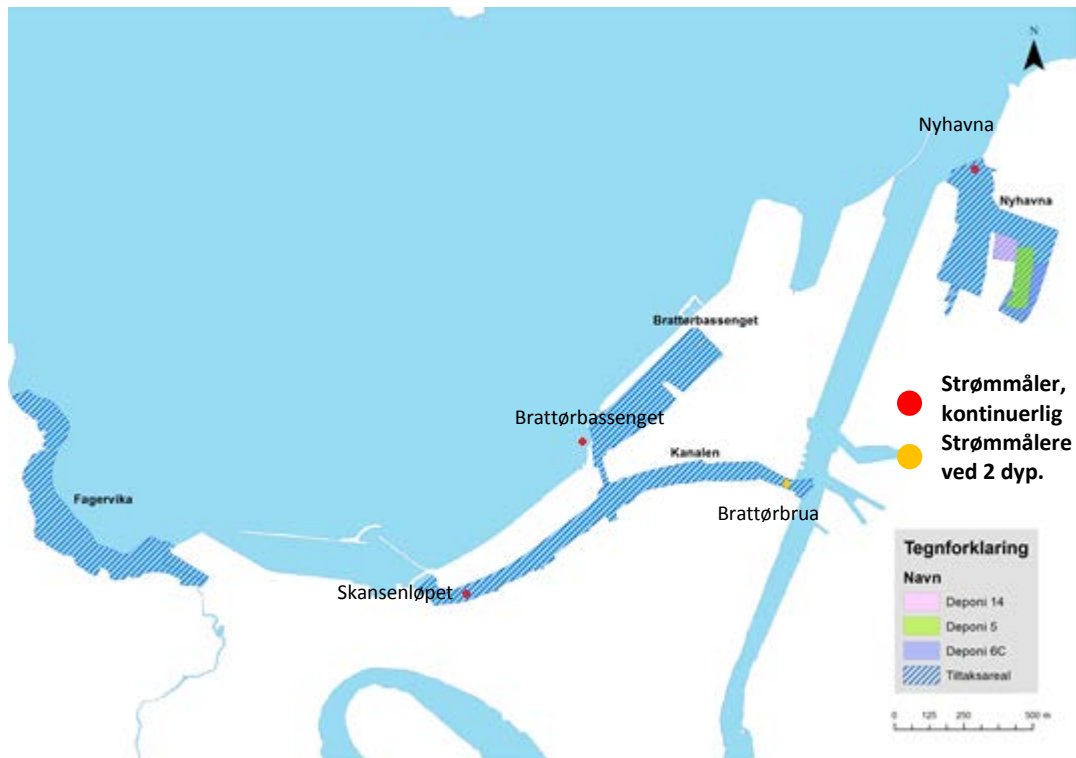
3 Prøvestasjoner

Den 19. mars 2014 ble strømmålerne i Kanalen og ved utløpet av Brattørbassenget plassert ut av SINTEF og NGI, mens måleren ved utløpet av Nyhavna ble plassert ut den 28. mars 2014 av NGI.

Det er satt ut målere i totalt 4 stasjoner; 2 stasjoner i Kanalen, ved Brattørbrua og Skansenløpet, en stasjon i utløpet av Brattørbassenget og en stasjon i Nyhavnas utløp til Nidelva. Koordinatliste for prøvestasjoner er angitt i Tabell 3.1 og gitt i kart i Figur 3.1.

Tabell 3.1

Stasjon	UTM 32	
	Øst	Nord
Kanalen - Brattørbrua	570145	7034832
Kanalen - Skansenløpet	569017	7034453
Brattørbassenget	569397	7034986
Nyhavna	570824	7035951

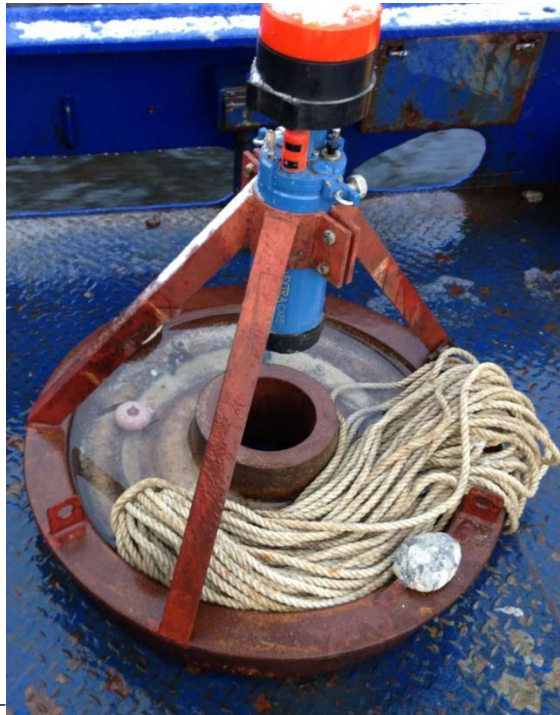


Figur 3.1 Kart med plassering av strømmålere i Trondheim havn. Røde sirkler viser plassering av profilerende strømmålere, og oransje sirkel viser plassering av to punktmålere for strøm. Blå skravur angir de 4 områdene det skal gjøres tiltak i Renere havn-prosjektet, inkludert deponiløsning for mudremasser i Nyhavna.

3.1 Kanalen

3.1.1 Skansenløpet

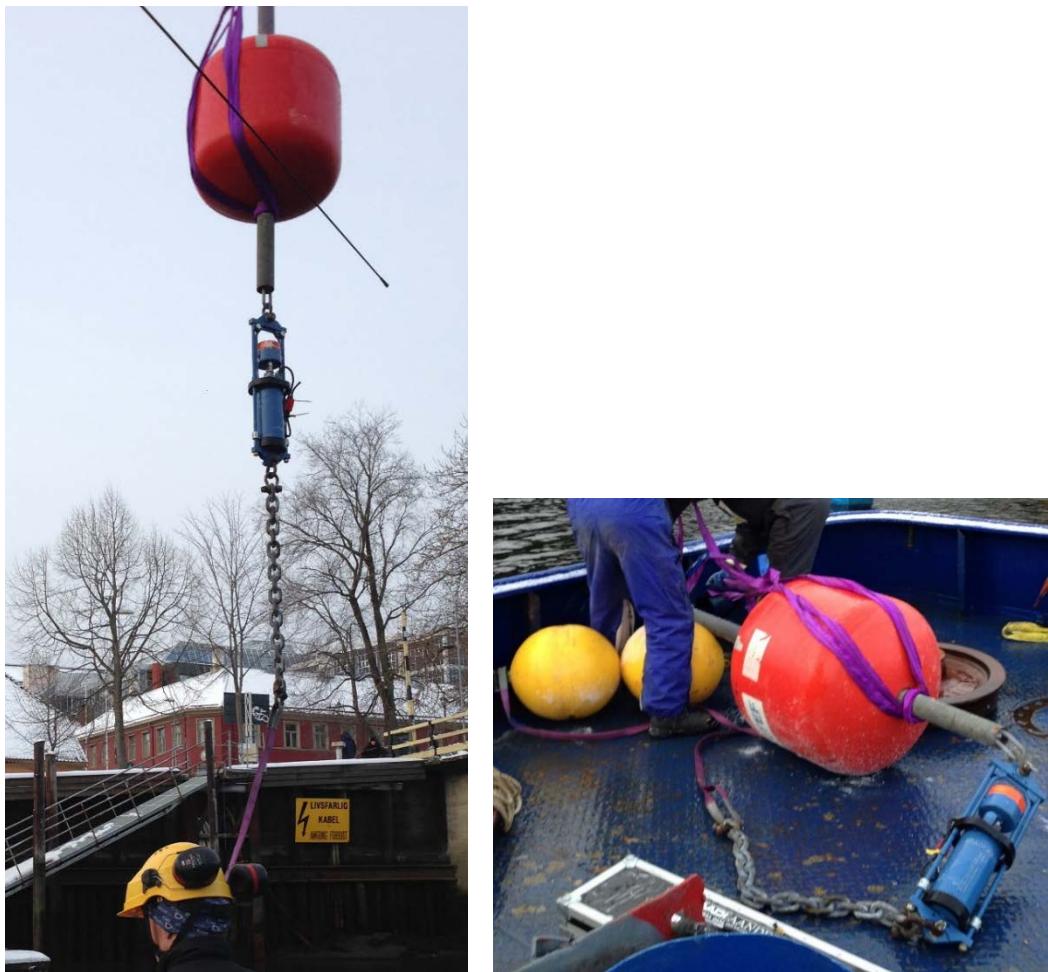
Ved Skansenløpet i det dypeste punktet (6 m LAT) ble det plassert ut en profilerende Aanderaa strømmåler. Denne var programmert til å måle strømrretning og –hastighet i 9 celler på 0,5 m dybde.



Figur 3.2 Profilerende strømmåler (Aanderaa) utplassert ved Skansenløpet. Tilsvarende strømmåler ble plassert ut ved utløpet av Brattørbassenget.

3.1.2 Brattørbrua

Ved Brattørbrua ble det plassert ut 2 Aanderaa punktmålere for strøm. Her var det ikke dypt nok til å få utbytte av å benytte en profilerende strømmåler. Figur 3.1 viser nøyaktig plassering av alle strømmålerne.



Figur 3.3 Utplassering av strømmålere (punktmålere) i 2 dyp ved Brattørbrua i utløpet av Kanalen mot Nidelva

3.2 Brattørbassenget - Brattørløpet

Ved utløpet av Brattørbassenget ble det plassert ut en profilerende strømmåler (Aanderaa). Denne ble plassert så nært midtre del av løpet som mulig, uten å være i konflikt med båttrafikk i området. Måleren ble dermed stående rett utenfor terskel som ligger i utløpet. Området trafikkeres av rutegående hurtigbåter med hyppige anløp.

3.3 Nyhavna

Ved utløpet av Nyhavna ble det plassert ut en profilerende strømmåler, typen Aquadopp fra Nortek. Måler er vist i Figur 3.4. Nyhavna trafikkeres av store skip som på lavvann har liten margin til sjøbunnen. For å unngå skader på utstyr ble måler derfor plassert slik at den ikke var i konflikt med båttrafikken. Strømmåleren ble leid inn fra Multiconsult AS.



Figur 3.4 Strømmåler utplassert i Nyhavna (Aquadopp fra Nortek)

4 Resultater

Strømmålerne var satt opp til å registrere strømretning og strømhastighet, hvert 10. min. Punktmålerne utplassert ved Brattørbrua målte dyp med fast avstand fra bunn mens de profilerende strømmålerne måte i ulike celler gjennom hele vannsøylen. Ved Brattørløpet og ved utløpet av Nyhavna var cellene satt til 2 meter, mens ved Skansen var cellene satt til 0,5 m. Ved Skansen er det 50 % overlapp mellom cellene mens det ved Brattørløpet var en overlapp på 0,2 meter. I Nyhavna er det ikke overlapp mellom cellene.

For å få et mer helhetlig bilde av strømmønstreet i måleområdene er det antatt at det er et tverrsnitt ved målepunktet, og at strømhastigheten og –retningen er uniform gjennom tverrsnittet. Tverrsnittet er forenklet til et rektangel med anslått bredde og dybde ut ifra dybdekart. Referansedyp er "middelvann", dvs LAT + 1,6 meter. Bredde og dyp for de enkelte målepunktene er gitt i Tabell 4.1.

Tabell 4.1 Bredde og dybde av tverrsnittet ved målepunktet

Målepunkt	Bredde	Dybde
Kanalen - Skansenløpet	50 m	6,6 m
Kanalen - Brattørbrua	35 m	4,6 m
Brattørbassenget - Brattørløpet	50 m	7,6 m
Nyhavna	130 m	8,6 m

Denne tilnærmingen anslås å være ganske god for målepunktene ved Skansenløpet og Brattørbrua, da vannet her kan sammenlignes med en elv som flyter av gårde og bremses opp fra tid til annen.

Ved Brattørløpet er tilnærmingen ikke fullt så god, da det er mulig at strømningsmønsteret er noe ulikt på motsatt side av utløpet. Denne tilnærmingen velges imidlertid for Brattørbassenget også, fordi det er estimert et "overskudd" av vann som kommer fra Nidelva via Kanalen og Ravnkløpet.

Nyhavna har kun et utløp/innløp og det er ingen andre større kilder til tilførsel av vann i Nyhavna. Ladekulverten som tidligere hadde utløp i et av bassengene i Nyhavna er flyttet lengre ut mot Nidelva. Det tilsier at strømningsmønsteret i nordøstre og sørvestre del av utløpet er ulikt. Målepunktet i Nyhavna er plassert i nordøstre del av utløpet. Dette gjør at tilnærmingen med uniform strømrretning og – hastighet ikke er så god for utløpet av Nyhavna. Tverrsnittet er derfor delt i to deler, og målingene antas å representere den nordøstlige halvdel av utløpet.

4.1 Skansenløpet

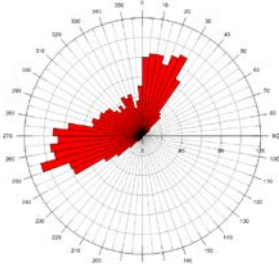
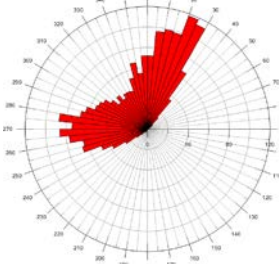
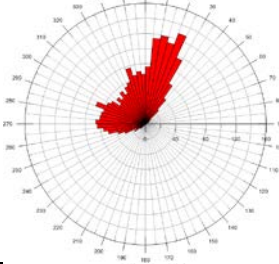
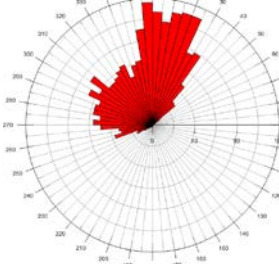
Strømmålingene i Skansenløpet er gjort i 9 ulike celler (0,5 m celler). Måleresultatene for de 9 ulike cellene er gitt i Tabell 4.2. I tabellen er det angitt hvor stor prosentandel av måleperioden vannet har gått inn og ut av Kanalen, gjennomsnittlig strømhastighet inn og ut Kanalen og mengde vann som transporteres inn og ut Kanalen i løpet av et døgn. I tillegg er strømrretningen for måleperioden vist i en rosegraf.

Resultatene viser at det har vært en nettotransport av vann ut av Kanalen ved Skansenløpet i de øvre 3 meter, og en nettotransport inn i Kanalen fra 3 meter og ned til bunnen, vist i Figur 4.1.

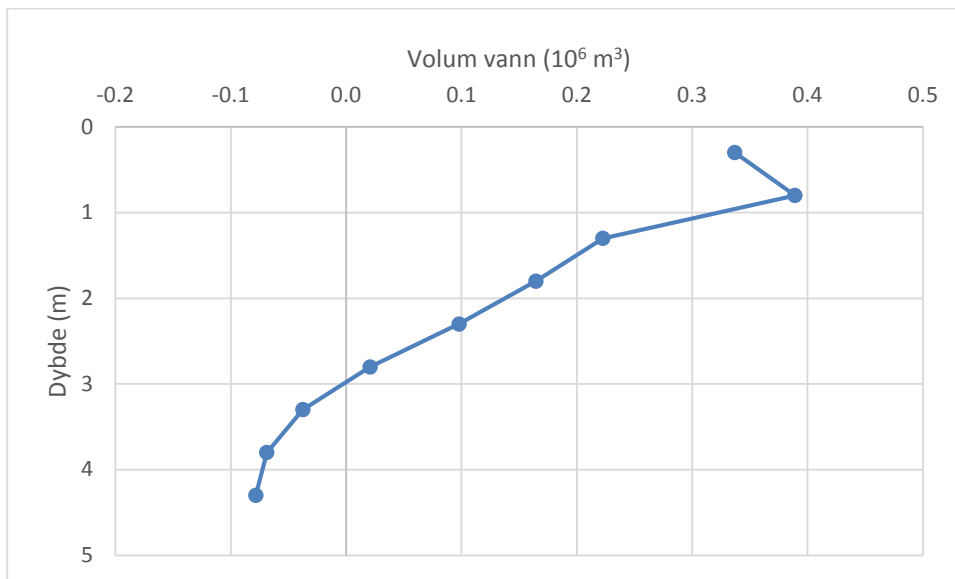
Strømrretningen er tilnærmet ensrettet i de øvre 2 meter. Dypere enn 2 meter øker spredningen i strømrretningen. De øvre vannmassene består av ferskvann fra Nidelva, mens de dypere vannmassene er innblandet sjøvann påvirket av tidevannet. Ved bunnen er den en "blindsoner" på ca 2 meter hvor det ikke er mulig å måle strømmen med den profilerende måleren.

Tabell 4.2 Strømretning og –hastighet målt i Skansenløpet

Skansenløpet	Beskrivelse	Inn i Kanalen	Ut av Kanalen	Rosegraf
0,3 m	% tid	7 %	93 %	
	Gjennomsnittshastighet	10,2 cm/s	12,2 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	15 000 m ³	250 000 m ³	
0,8 m	% tid	8 %	92 %	
	Gjennomsnittshastighet	7,1 cm/s	13,9 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	12 000 m ³	280 000 m ³	
1,3 m	% tid	14 %	86 %	
	Gjennomsnittshastighet	6,6 cm/s	9,2 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	20 000 m ³	170 000 m ³	
1,8 m	% tid	22 %	78 %	
	Gjennomsnittshastighet	7,5 cm/s	8,7 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	35 000 m ³	150 000 m ³	
2,3 m	% tid	31 %	69 %	
	Gjennomsnittshastighet	8,4 cm/s	8,3 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	57 000 m ³	120 000 m ³	

Skansenløpet	Beskrivelse	Inn i Kanalen	Ut av Kanalen	Rosegraf
2,8 m	% tid	42 %	58 %	
	Gjennomsnittshastighet	8,9 cm/s	7,4 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	80 000 m ³	94 000 m ³	
3,3 m	% tid	49 %	51 %	
	Gjennomsnittshastighet	8,9 cm/s	6,3 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	95 000 m ³	69 000 m ³	
3,8 m	% tid	56 %	44 %	
	Gjennomsnittshastighet	8,7 cm/s	6,0 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	100 000 m ³	58 000 m ³	
4,3 m	% tid	58 %	42 %	
	Gjennomsnittshastighet	8,7 cm/s	6,1 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	110 000 m ³	55 000 m ³	

Flere figurer er vist i Vedlegg A-D.



Figur 4.1 Volum vann transportert ut av Kanalen ved Skansenløpet

4.2 Brattørbrua

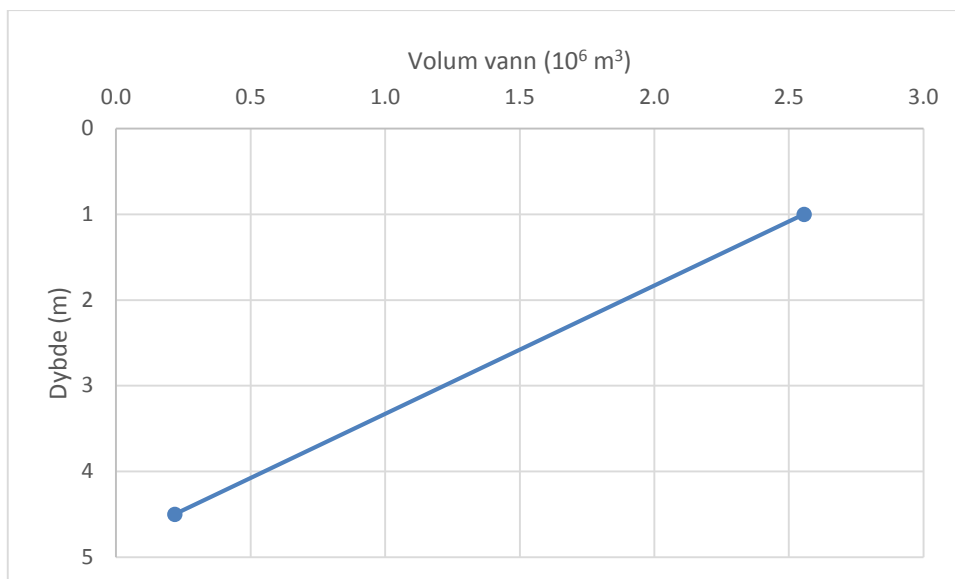
Ved Brattørbrua ble det målt strøm med 2 punktmålere, ved 1 m og ved 4,5 m, Tabell 4.3. Tabellen oppgir hvor stor prosentandel av måleperioden vannet har gått i retning inn Kanalen og ut Kanalen, gjennomsnittsstrømhastighet i retning inn og ut Kanalen, og mengde vann som transporteres i retning inn og ut av Kanalen i løpet av et døgn. I tillegg er strømretningen for måleperioden vist i en rosegraf. Figur 4.2 viser nettovanntransport i overflata (1 m) og ved bunnen (4,5 meter) ved Brattørbrua. Ved 1 m er det målt turbiditet (NTU) og konduktivitet i tillegg til strøm.

Resultatene viser at tilnærmet alt vann går inn i Kanalen i overflaten (1 m), mens ved bunnen (4,5 m) transporteres 90 % av vannet inn i Kanalen og 10 % ut av Kanalen og til Nidelva. Terskelen under Brattørbrua kan ha medført at det har oppstått en virvel i området hvor målerne var plassert. Topografien kan ha medført at vannet strømmer mot klokken i en virvel, men dette er ikke dokumentert. Dette knytter usikkerheter til målingene i området hvis dette er tilfelle.

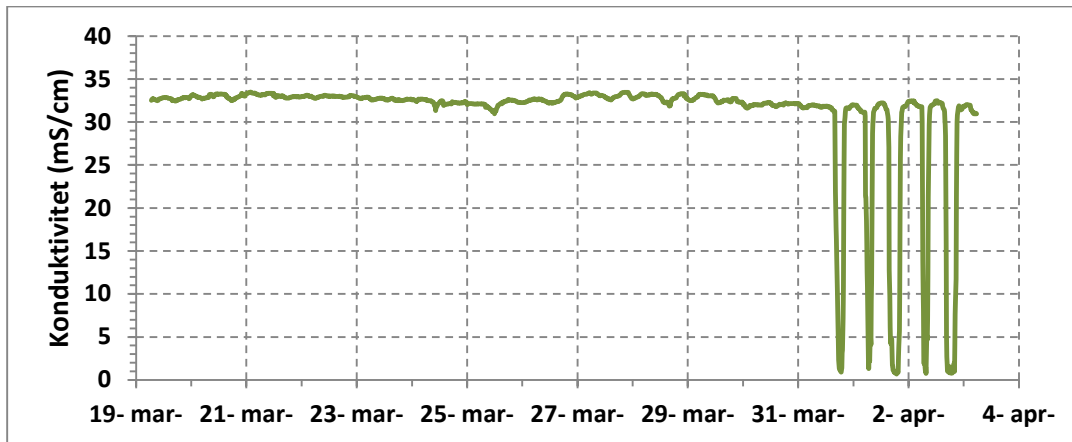
Som ved Skansenløpet, består topplaget av ferskvann fra Nidelva, mens bunnlaget er påvirket av sjøvann som transporteres av tidevannet opp Nidelva og eller Kanalen. I slutten av måleperioden ble det målt ferskvann også i måleren ved 4,5 m, Figur 4.3. I denne perioden gikk også strømhastigheten opp (Figur 4.4). Dette tyder på at vannføringen i Nidelva har vært høyere ved måletidspunktet.

Tabell 4.3 Strømretning og –hastighet målt ved Brattørbrua

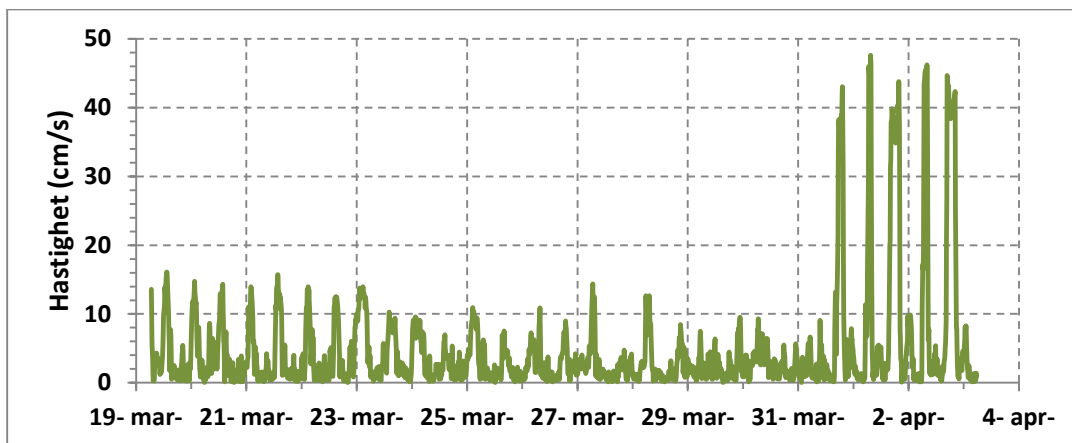
Brattørbrua	Beskrivelse	Ut av Kanalen	Inn i Kanalen	Rosegraf
1 m	% tid	1,6 %	98,4 %	
	Gjennomsnittshastighet	5,0 cm/s	45 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	4 500 m ³	2 500 000 m ³	
	Turbiditet	1,1 FTU	2,7 FTU	
4,5 m	% tid	28 %	72 %	
	Gjennomsnittshastighet	1,7 cm/s	5,9 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	27 000 m ³	250 000 m ³	
	Turbiditet			



Figur 4.2 Volum vann som transporteres inn i Kanalen fra Nidelva ved Brattørbrua



Figur 4.3 *Konduktivitet målt ved Brattørbrua i 4,5 meters vanddyb*



Figur 4.4 *Strømhastighet målt ved Brattørbrua i 4,5 meters vanddyb*

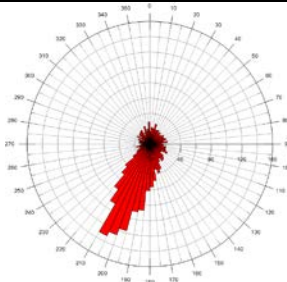
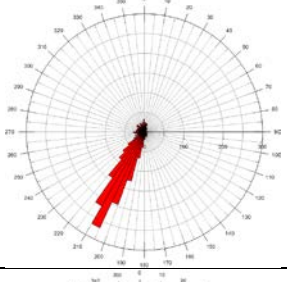
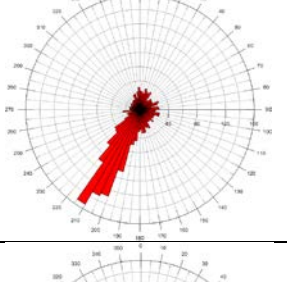
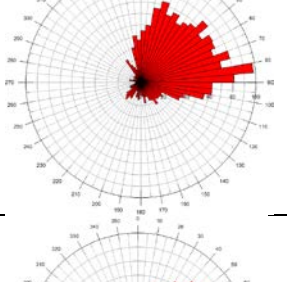
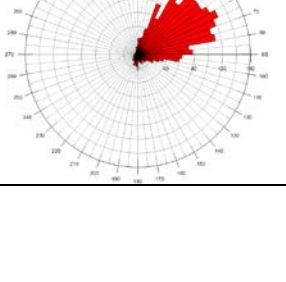
4.3 *Brattørbassenget - Brattørløpet*

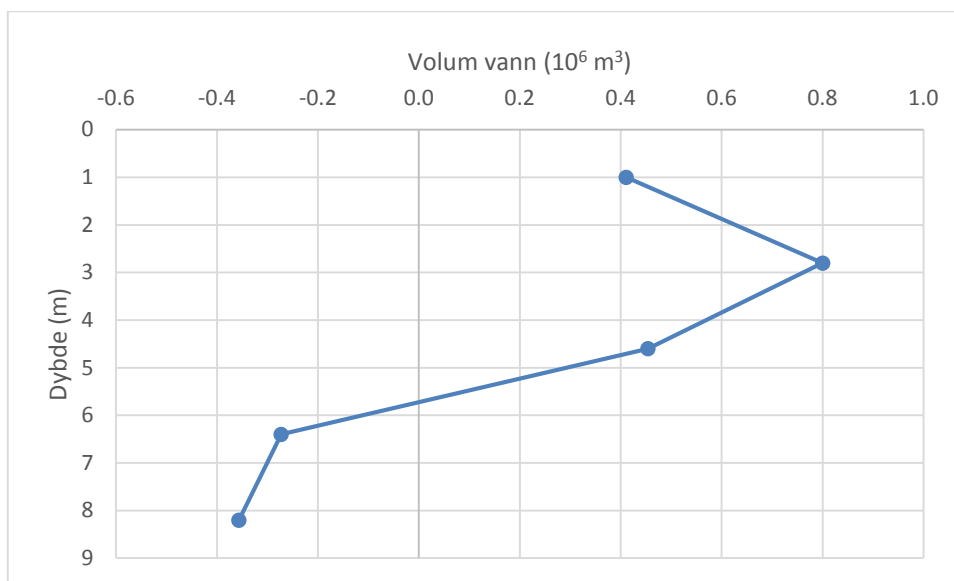
Ved Brattørløpet ble det målt strømretning og -hastighet i 5 celler, Tabell 4.4. Tabellen oppgir hvor stor prosentandel av måleperioden vannet har gått i retning inn Kanalen og ut Kanalen via Brattørbassenget. Tallene er brukt for å angi gjennomsnittsstrømhastighet i retning inn og ut av Kanalen og mengde vann som transporteres i retning inn og ut Kanalen i løpet av et døgn. I tillegg er strømretningen for måleperioden vist i en rosegraf. Figur 4.5 viser nettovanntransport i de ulike cellene.

I de øverste 5 meter transporteres det hovedsakelig vann ut av Brattørbassenget. Dypere enn 5 meter er det større spredning i strømretningen og gir en nettotransport inn i Brattørbassenget. Også her er overflatevannet påvirket av ferskvannet fra Nidelva via Kanalen og Ravnkløpet ut Brattørløpet. Bunnvannet i Brattørløpet består av sjøvann fra fjorden som påvirkes av tidevannet.

Ved bunnen er den en "blindsoner" på ca 2 meter hvor det ikke er mulig å måle strømmen med den profilerende måleren. Det er også verd å merke seg at den dypeste celle er dypere enn selve utløpet av Brattørbassenget fordi måleren var plassert rett utenfor en terskel som ligger i utløpet.

Tabell 4.4 Strømretning og –hastighet målt ved Brattørløpet

Brattørbassenget Brattørløpet	Beskrivelse	Inn i bassenget	Ut av bassenget	Rosegraf
1 m	% tid	33 %	67 %	
	Gjennomsnittshastighet	11,3cm/s	13,4 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	290 000 m ³	700 000 m ³	
2,8 m	% tid	22 %	78 %	
	Gjennomsnittshastighet	18,8 cm/s	18,8 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	330 000 m ³	1 100 000 m ³	
4,6 m	% tid	36 %	64 %	
	Gjennomsnittshastighet	6,8 cm/s	12,9 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	190 000 m ³	640 000 m ³	
6,4 m	% tid	83 %	17 %	
	Gjennomsnittshastighet	5,5 cm/s	4,1 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	340 000 m ³	67 000 m ³	
8,2 m Ligger dypere enn terskel i Brattørløpet.	% tid	87 %	13 %	
	Gjennomsnittshastighet	5,8 cm/s	3,7 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	390 000 m ³	37 000 m ³	



Figur 4.5 Volum vann som transporteres ut av Kanalen gjennom Brattørløpet

4.4 Vannregnskap i Kanalen

Vannbalansen i Kanalen er beregnet basert på målingene ved Brattørbrua, Skansenløpet og Brattørløpet. Tabell 4.5 viser vanntransporten inn og ut av Kanalen ved de aktuelle målepunktene. Det er en ubalanse i vanntransporten. Denne ubalansen skyldes sannsynligvis en overestimering av vann inn i Kanalen ved Brattørbrua. For Brattørløpet er målingene for den dypeste celle ikke tatt med i utregningen, da denne cellen ligger dypere enn selve utløpet (målepunktet var plassert noe utenfor utløpet).

Tabell 4.5 Vanntransport i Kanalen

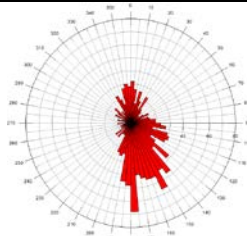
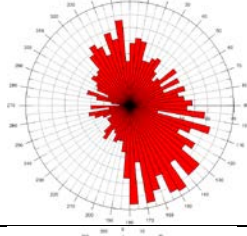
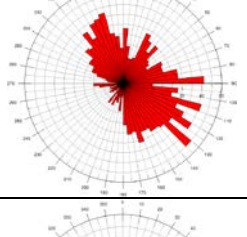
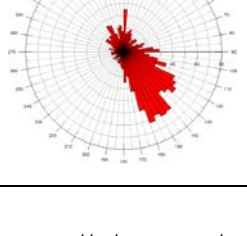
Målestasjon	Inn i Kanalen (10^6 m^3)	Ut av Kanalen (10^6 m^3)	Netto inn i Kanalen
Brattørbrua	2,9	0,03	2,9
Skansenløpet	0,5	1,2	-0,7
Brattørløpet	1,1	2,5	-1,4

Målingene viser at det går dobbelt så mye vann ut ved Brattørløpet enn i Skansenløpet. Siden målingene for Brattørløpet er gjort utenfor selve løpet, så kan de være påvirket av strømminger i Trondheimsfjorden, og ikke bare et resultat av vanntransporten fra Nidelva og tidevannet. På grunn av Kanalens form og Ravnkløpet, som er grunt, forventes det at mer av elvevannet vil bli transportert ut ved Skansen. Det er derfor forbundet en del usikkerhet til "vannregnskapet".

4.5 Nyhavna

Ved utløpet av Nyhavna ble det målt strømretning og –hastighet i 4 celler, Tabell 4.4. Tabellen oppgir hvor stor prosentandel av måleperioden vannet har gått i retning inn og ut av Nyhavna, gjennomsnittsstrømhastighet i retning inn og ut av Nyhavna og mengde vann som transporteres i retning inn og ut av Nyhavna i løpet av et døgn. I tillegg er strømretningen for måleperioden vist i en rosegraf. Figur 4.6 viser nettovantransport i de ulike cellene.

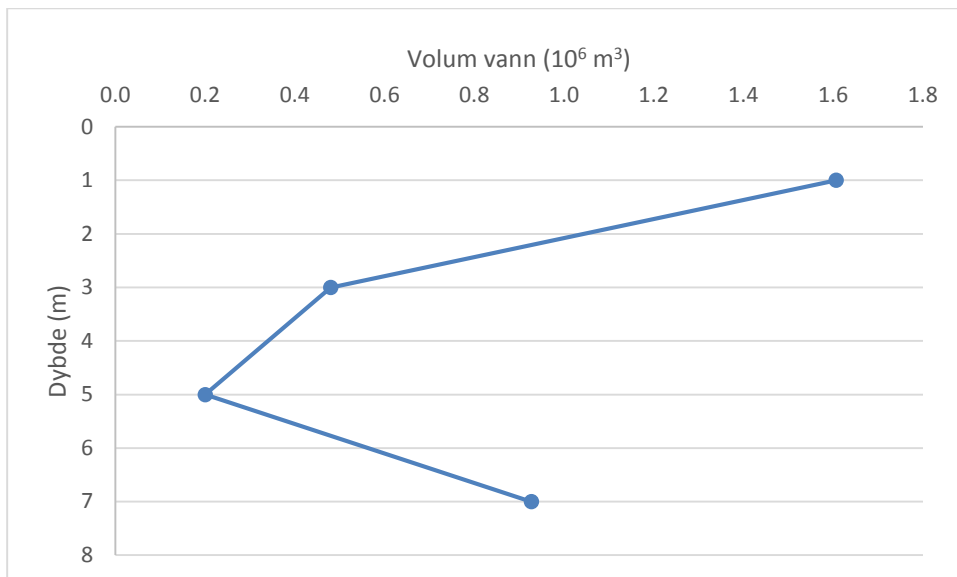
Tabell 4.6 Strømretning og –hastighet ved utløpet av Nyhavna

Nyhavna	Beskrivelse	Inn i havna	Ut av havna	Rosegraf
1 m	% tid	67 %	33 %	
	Gj.snitt hastighet	15,5 cm/s	11,1 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	1 200 000 m ³	450 000 m ³	
3 m	% tid	57 %	43 %	
	Gj.snitt hastighet	8,0 cm/s	5,8 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	550 000 m ³	310 000 m ³	
5 m	% tid	56 %	44 %	
	Gj.snitt hastighet	5,3 cm/s	5,0 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	360 000 m ³	260 000 m ³	
7 m	% tid	66 %	34 %	
	Gj.snitt hastighet	8,3 cm/s	4,8 cm/s	
	Mengde vann i døgnet	660 000 m ³	200 000 m ³	

Målingene viser at det i målepunktet i utløpet av Nyhavna er en nettotransport av vann inn gjennom hele vannsøylen. Det er høyest transport i overflata, og lavest transport i et mellomlag ved 5 meter. Transporten av vann i området påvirkes av Nidelva, som munner ut i fjorden rett ved utløpet av Nyhavna, tidevann og generelle strømminger i fjorden utenfor.

Det er størst spredning i strømreretning ved 3 og 5 meters vanddyb, mens i overflate og bunn transporters det vann inn i Nyhavna to-tredeler av tiden.

Ved bunnen er den en "blindsone" på ca 2 meter hvor det ikke er mulig å måle strømmen med den profilerende måleren.



Figur 4.6 Volum vann transportert inn i Nyhavna ved målepunktet

5 Oppsummering og konklusjon

Strømmålingene ved Skansenløpet og ved Brattørløpet viser at det er en nettovanntransport inn Kanalen og Brattørbassenget i bunnvannet. Dette betyr at det er en redusert risiko for spredning ved bunnen. Det er knyttet en viss usikkerhet til målingene spesielt ved Brattørløpet.

Målingene ved Brattørbrua viser at det aller meste av vannet transporteres inn i Kanalen. Terskelen under brua, vil være med å hindre at bunnvann fra Kanalen vil bli transportert inn mot Nidelva. Topografien muliggjør en dannelse av en virvel i måleområdet ved utløpet, men det er ikke godt nok målegrunnlag for å dokumentere dette.

Ved utløpet av Nyhavna viser målingene at det er en nettovanntransport inn i havna ved målepunktet nordøst i utløpet. Dette fører til at det må være en nettotransport av vann ut av havna sørvest i utløpet.

Vedlegg A - Skansenløpet

Innhold

A1 Tverrsnittareal	2
A2 Strømretning inn og ut av Kanalen	2
A3 Figurer	2
A3.1 0,3 meter	2
A3.2 0,8 meter	4
A3.3 1,3 meter	6
A3.4 1,8 meter	8
A3.5 2,3 meter	10
A3.6 2,8 meter	12
A3.7 3,3 meter	14
A3.8 3,8 meter	16
A3.9 4,3 meter	18

A1 Tverrsnittareal

Bredden anslås til å være 50 meter bredt.

Gjennomsnittsdybden anslås til 6,6 meter dypt (middelvann: LAT + 1,6 m).

Det gir et tverrsnittsareal på 380 m².

Det ble gjort målinger i 9 intervaller/måleceller.

A2 Strømretning inn og ut av Kanalen

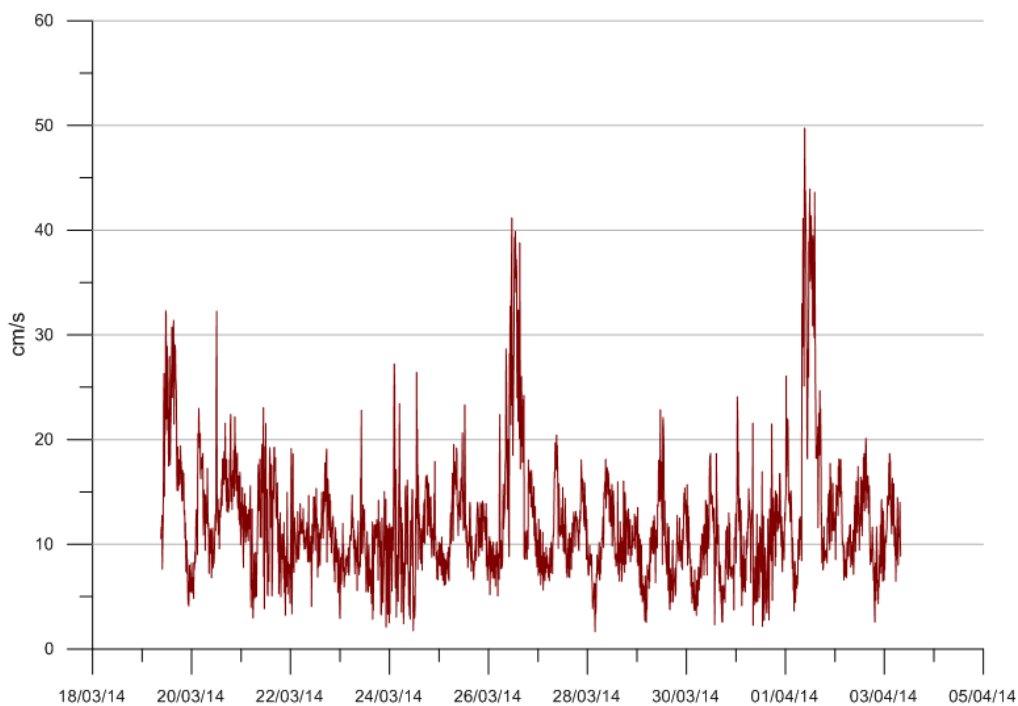
Inndelingen av strømretning ble gjort som følgende:

Inn i Kanalen: 0-150 grader og 330-360 grader

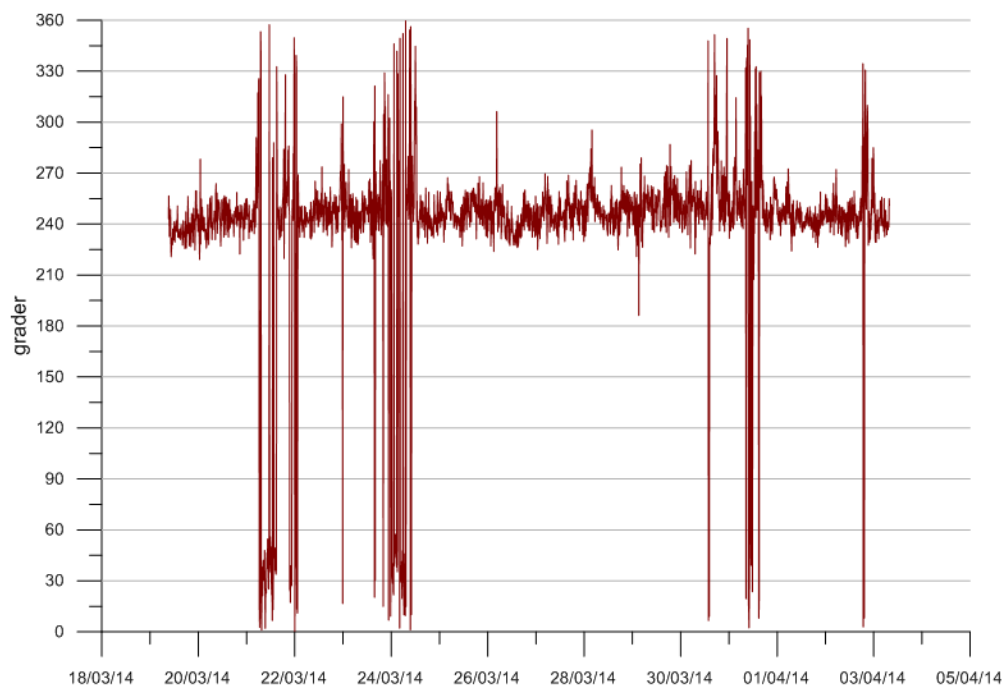
Ut av Kanalen: 150-330 grader

A3 Figurer

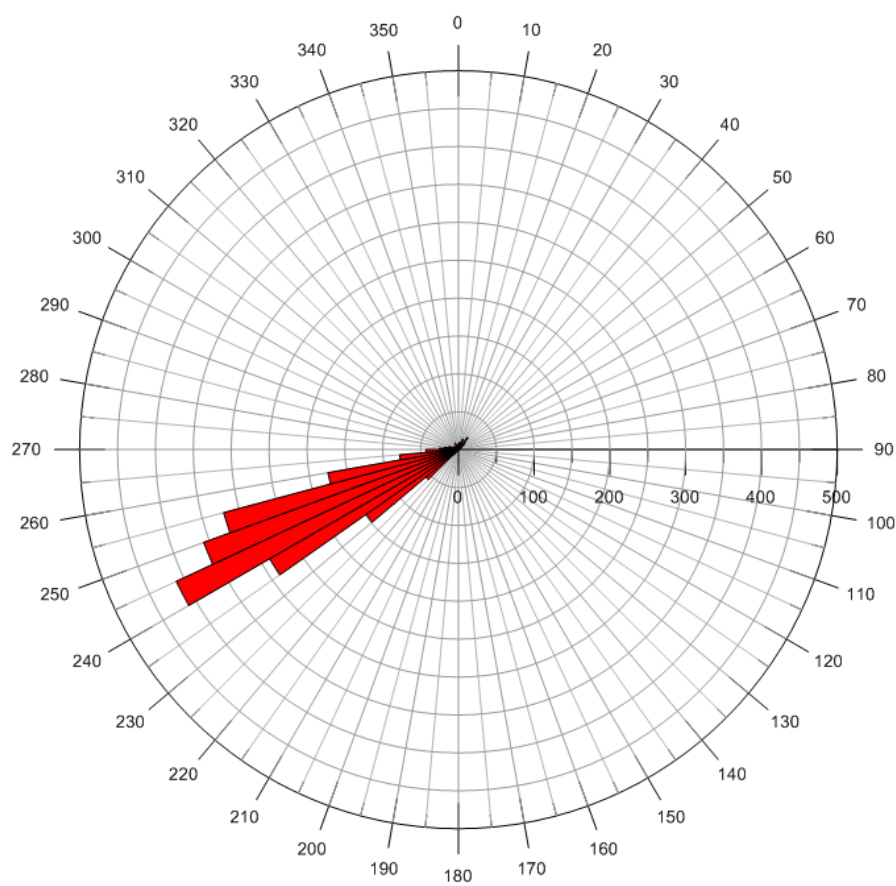
A3.1 0,3 meter



Figur A3.1 Strømhastighet ved Skansenløpet ved 0,3 meter

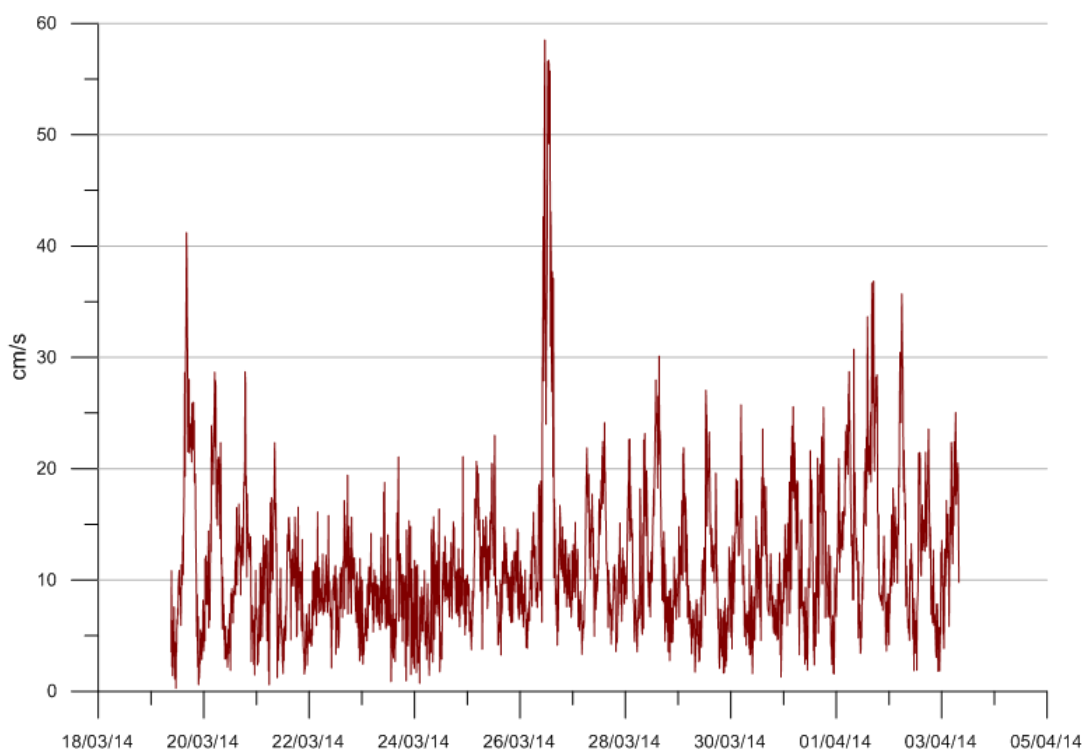


Figur A3.2 Strømretning ved Skansenløpet ved 0,3 meter

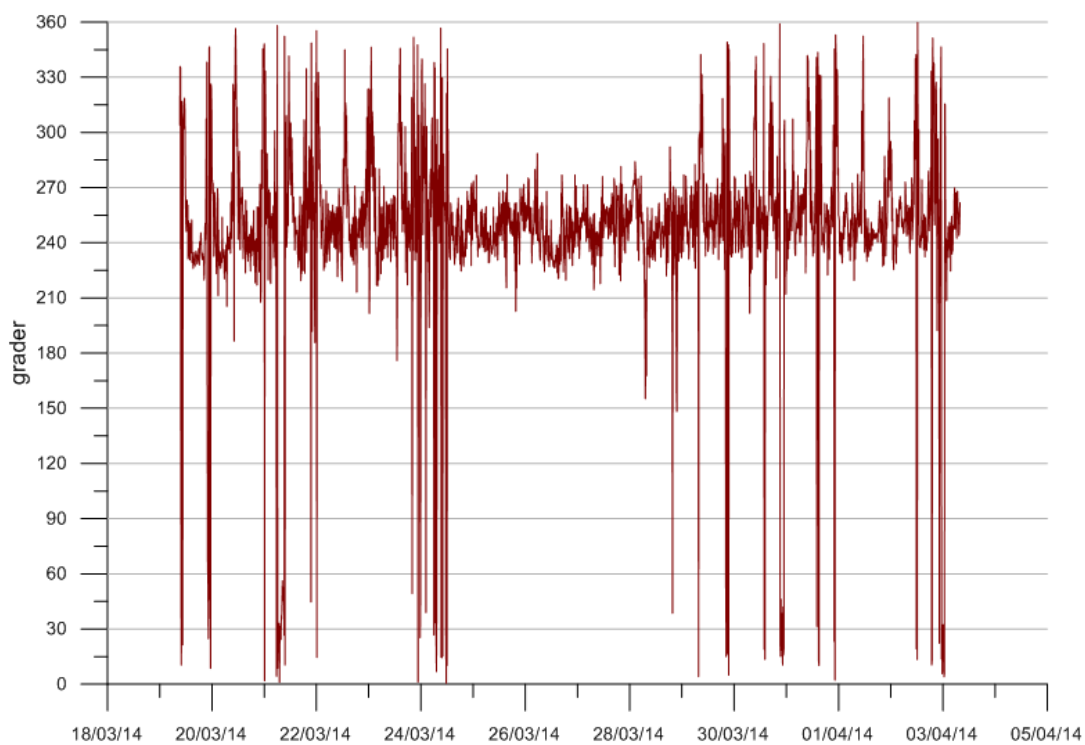


Figur A3.3 Rosegraf strømretning ved Skansenløpet ved 0,3 m

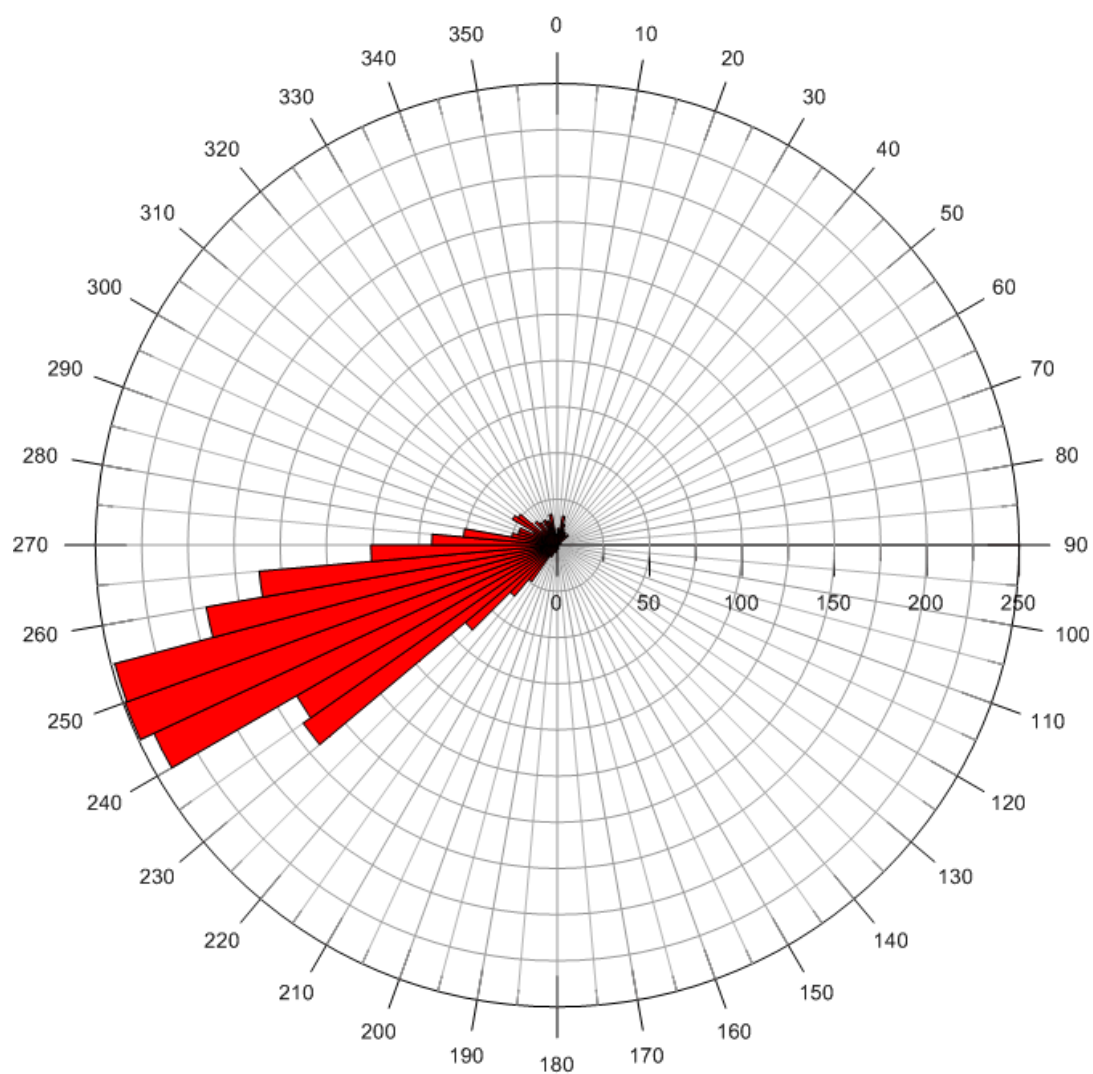
A3.2 0,8 meter



Figur A3.4 Strømhastighet ved Skansenløpet ved 0,8 meter

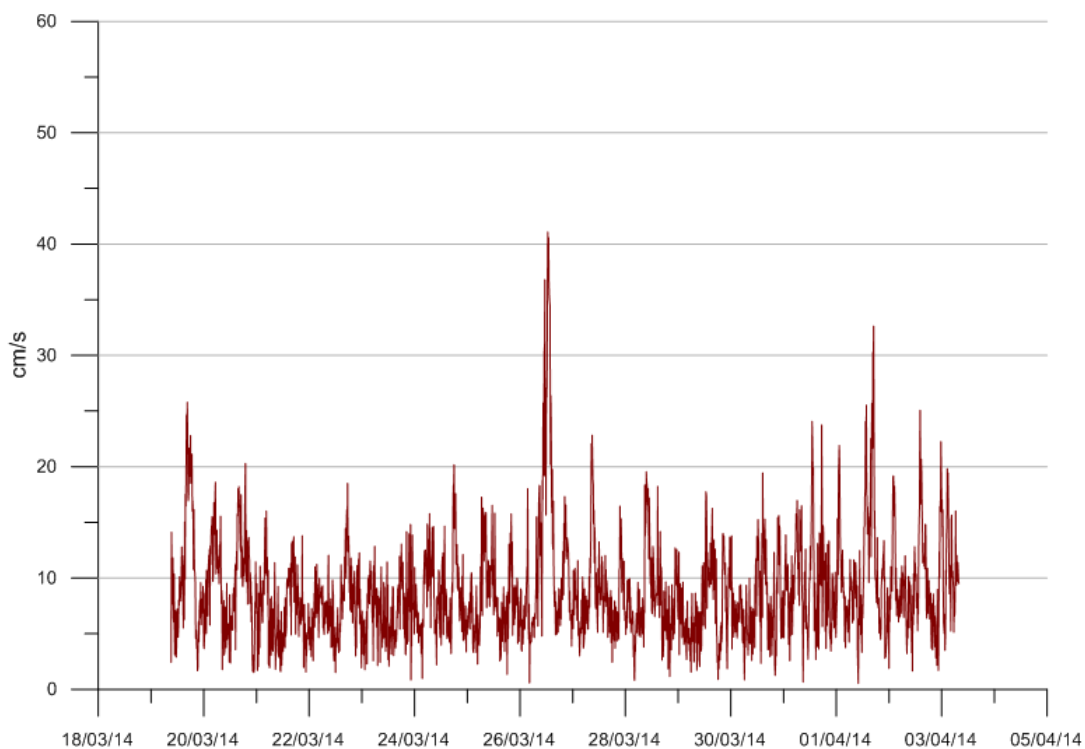


Figur A3.5 Strømretning ved Skansenløpet ved 0,8 meter

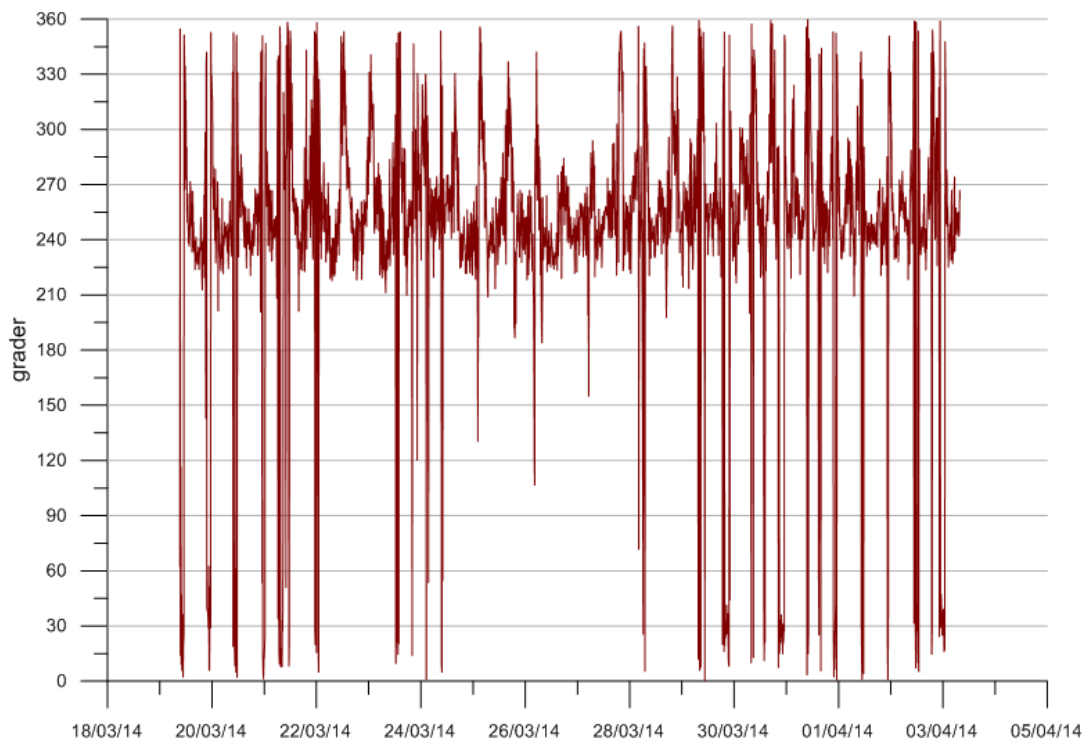


Figur A3.6 Rosegraf strømretning ved Skansenløpet ved 0,8 m

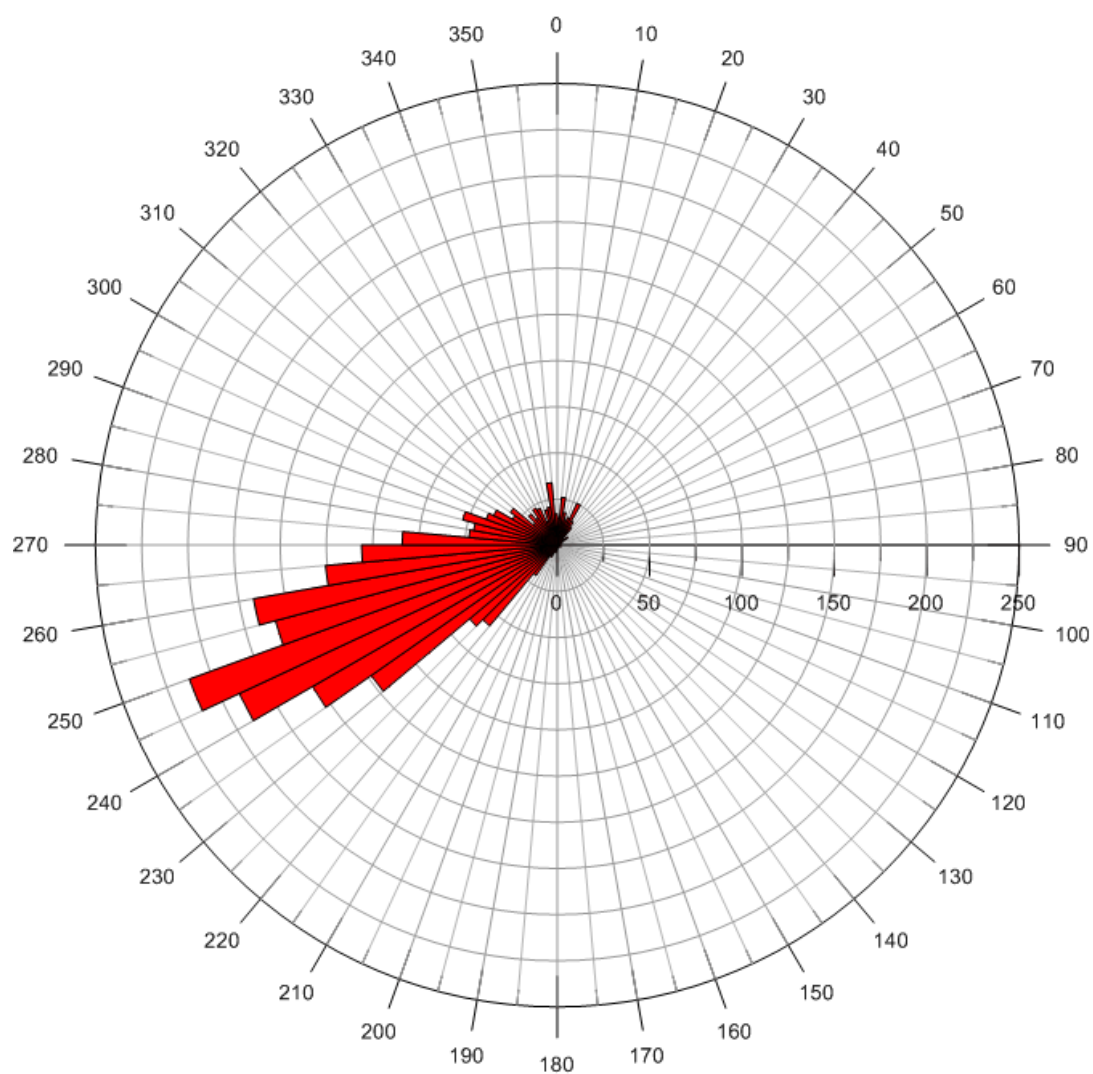
A3.3 1,3 meter



Figur A3.7 Strømhastighet ved Skansenløpet ved 1,3 meter

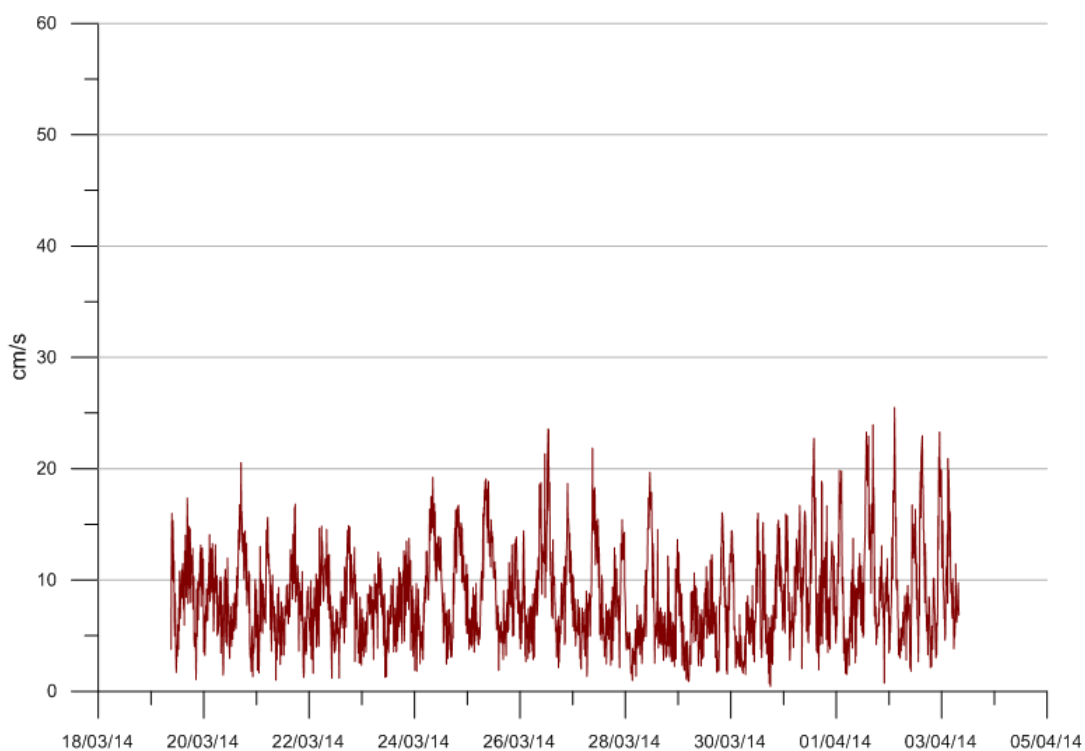


Figur A3.8 Strømretning ved Skansenløpet ved 1,3 meter

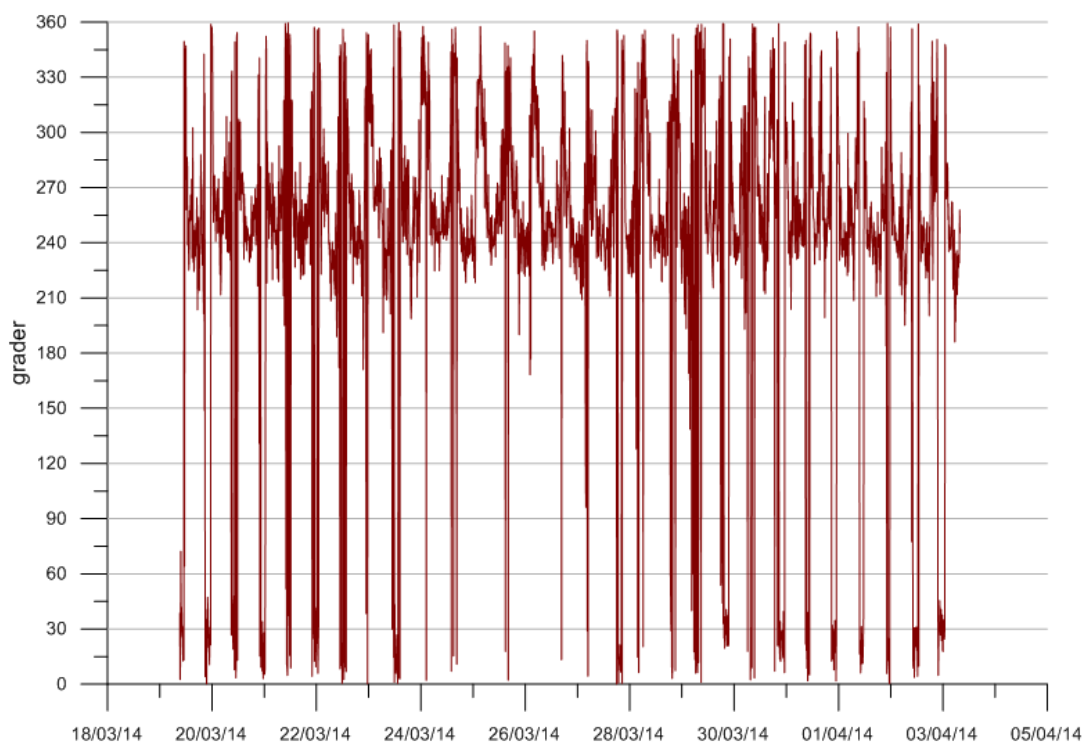


Figur A3.9 Rosegraf strømretning ved Skansenløpet ved 1,3 m

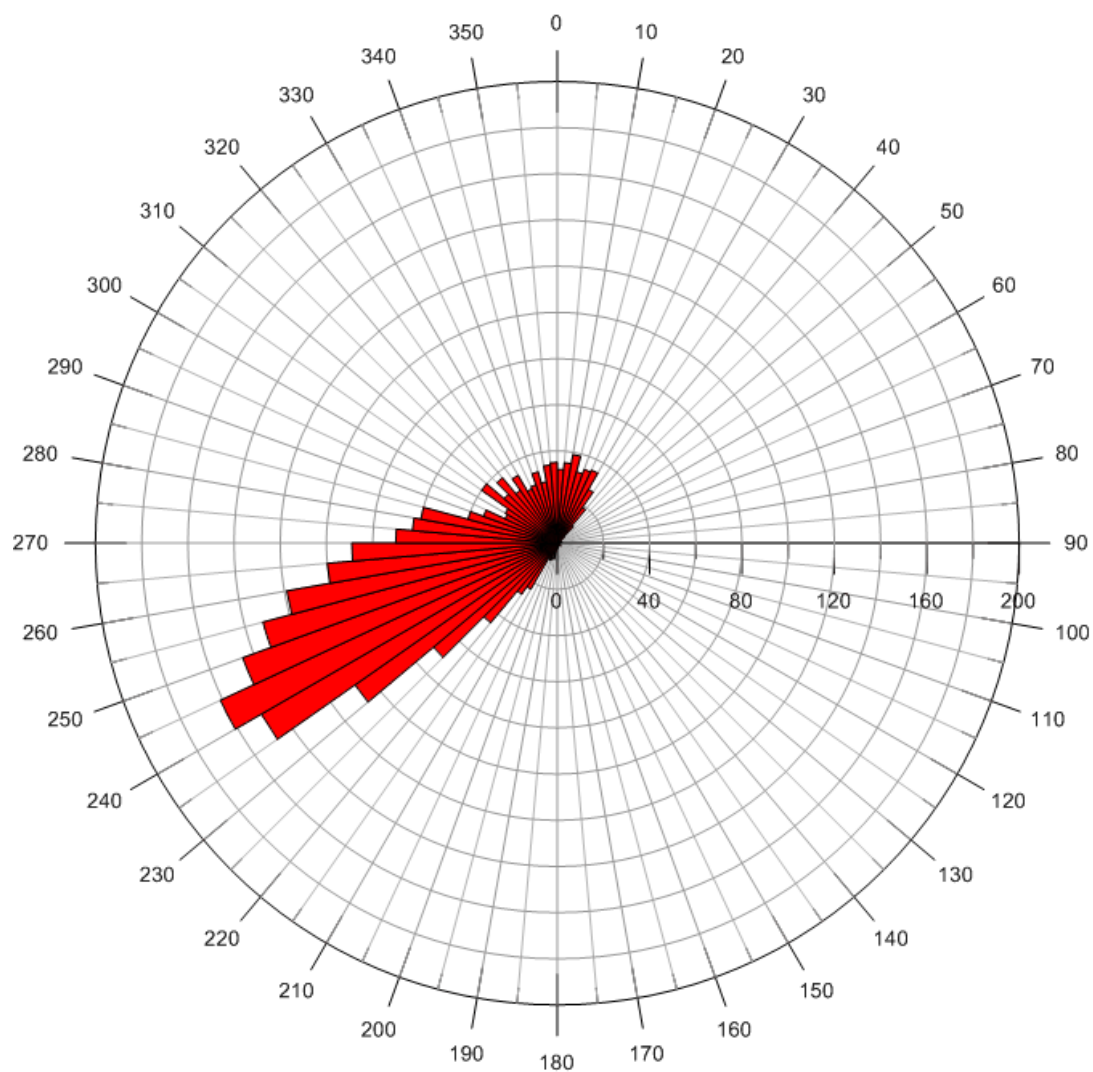
A3.4 1,8 meter



Figur A3.10 Strømhastighet ved Skansenløpet ved 1,8 meter

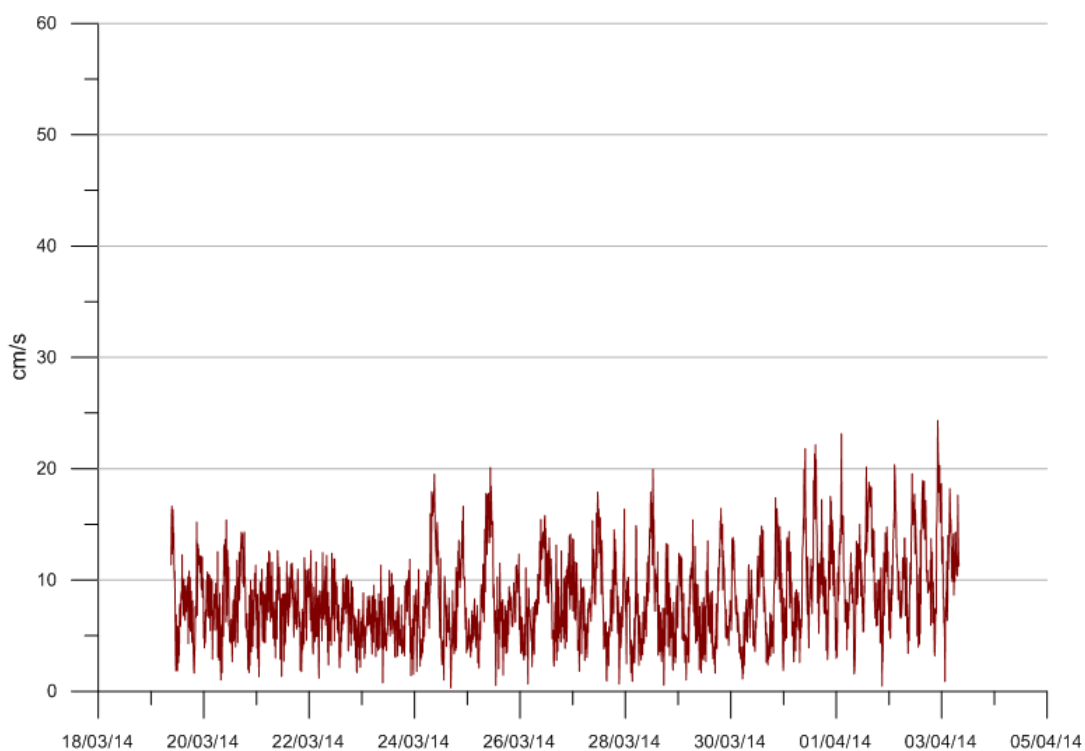


Figur A3.11 Strømretning ved Skansenløpet ved 1,8 meter

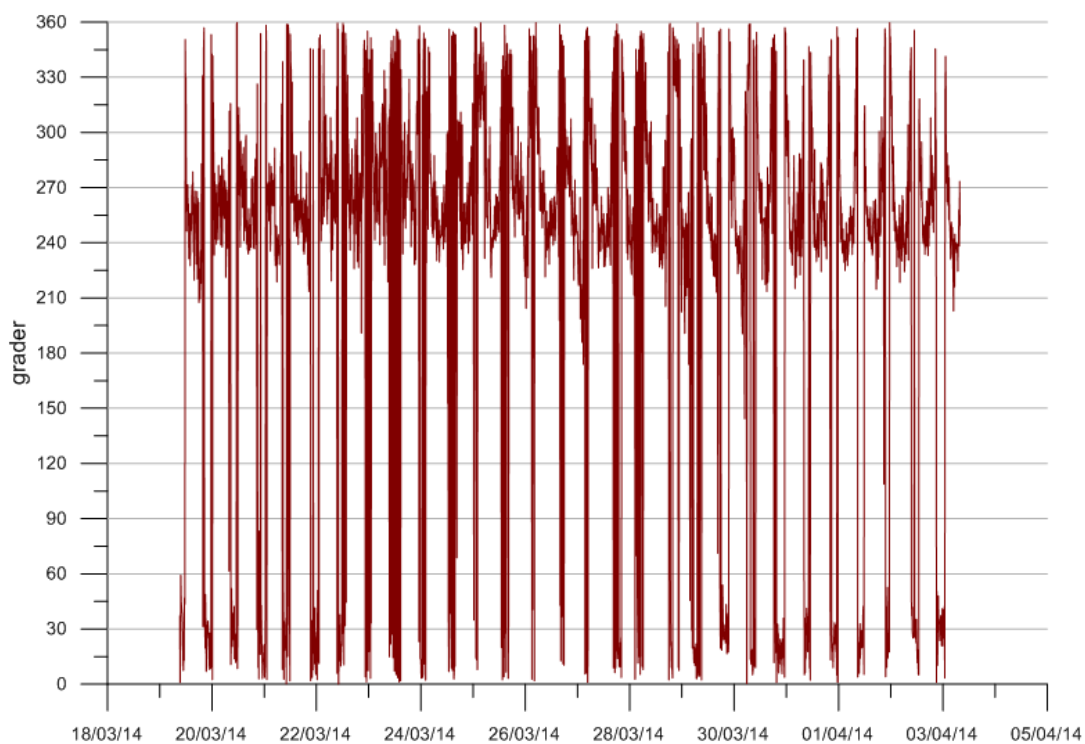


Figur A3.12 Rosegraf strømretning ved Skansenløpet ved 1,8 m

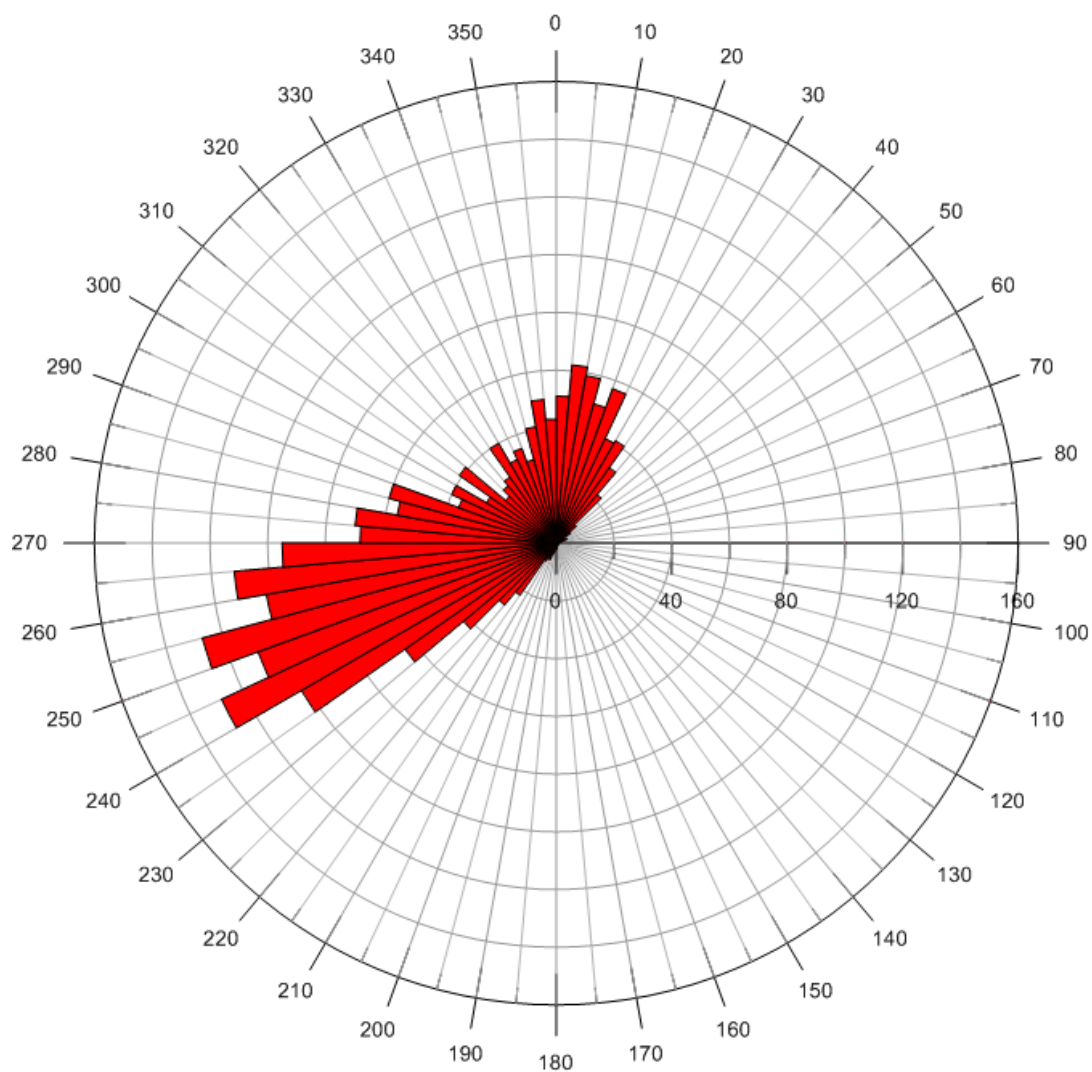
A3.5 2,3 meter



Figur A3.13 Strømhastighet ved Skansenløpet ved 2,3 meter

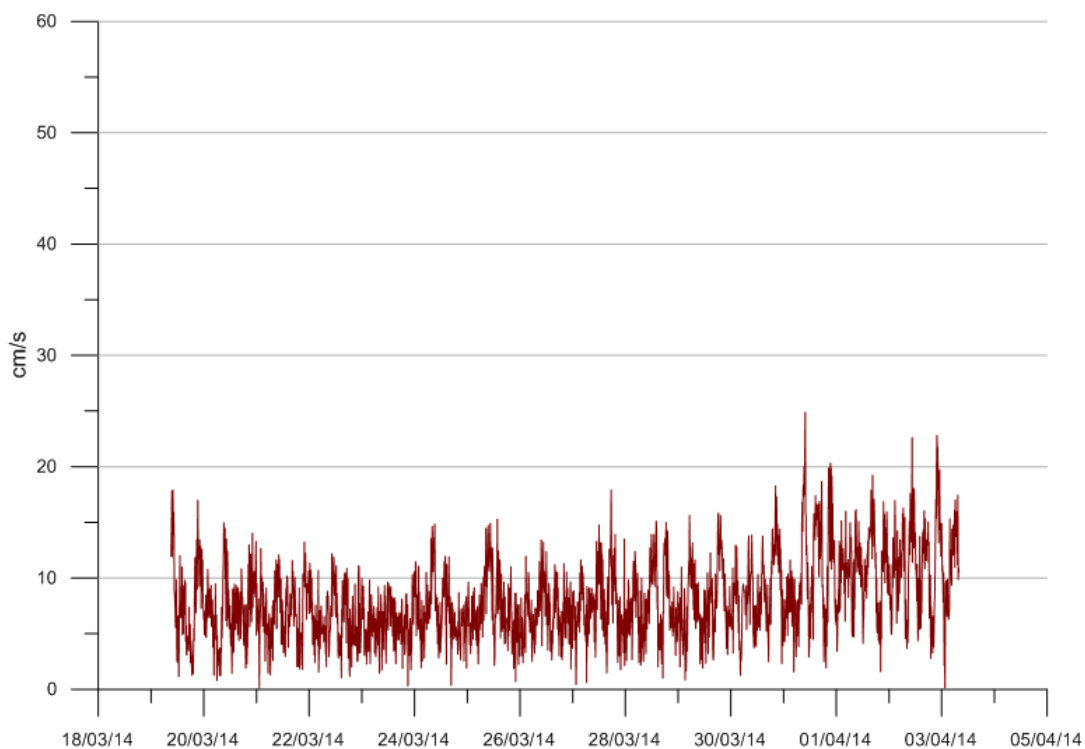


Figur A3.14 Strømretning ved Skansenløpet ved 2,3 meter

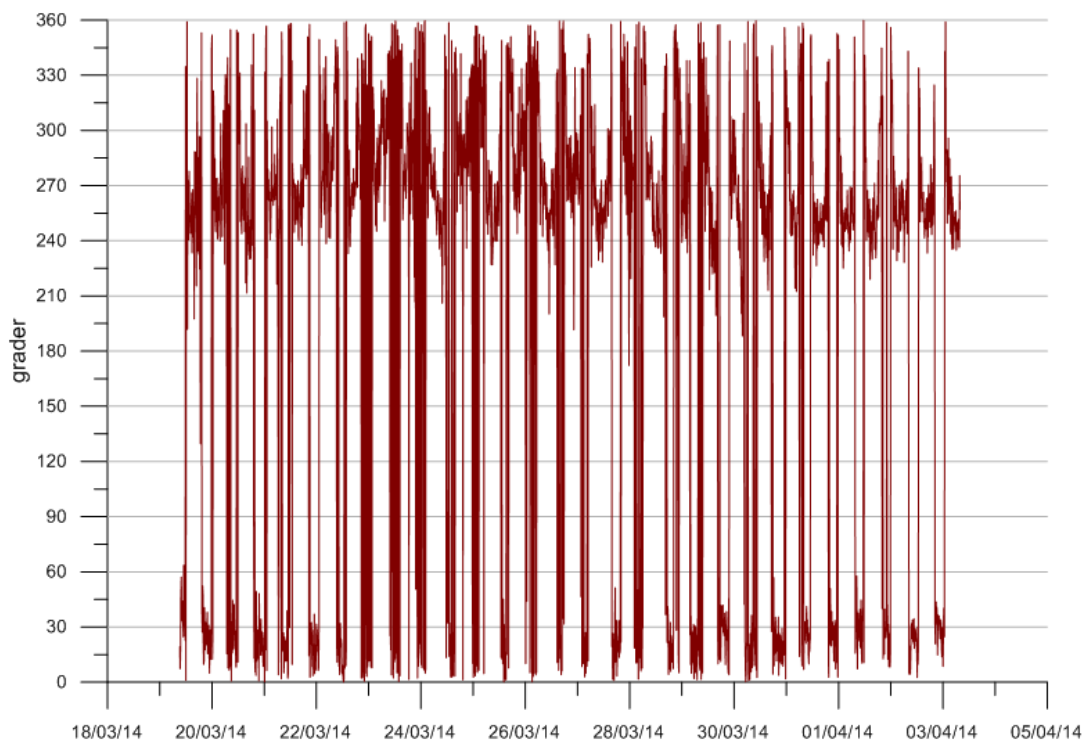


Figur A3.15 Rosegraf strømretning ved Skansenløpet ved 2,3 m

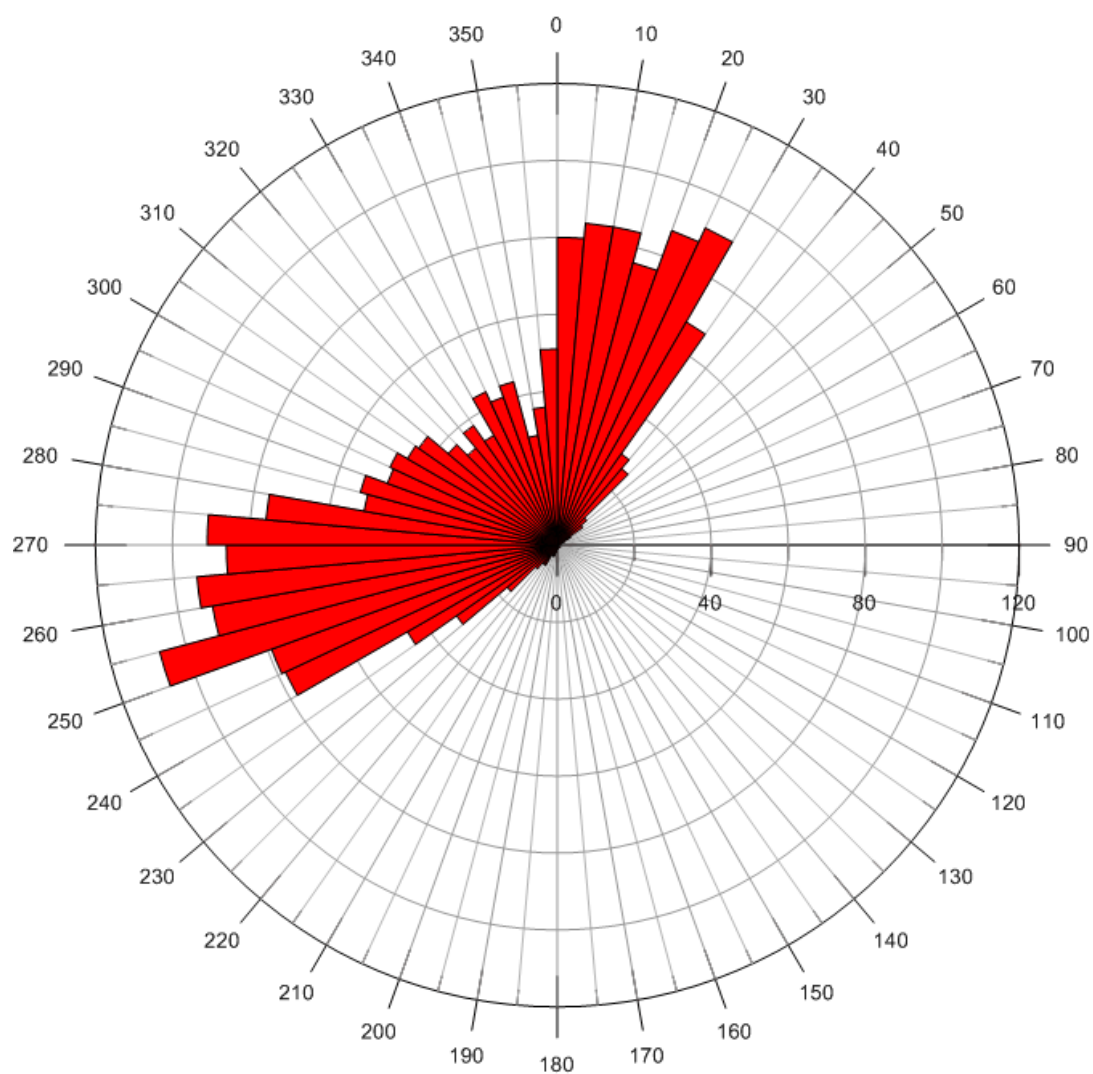
A3.6 2,8 meter



Figur A3.16 Strømhastighet ved Skansenløpet ved 2,8 meter

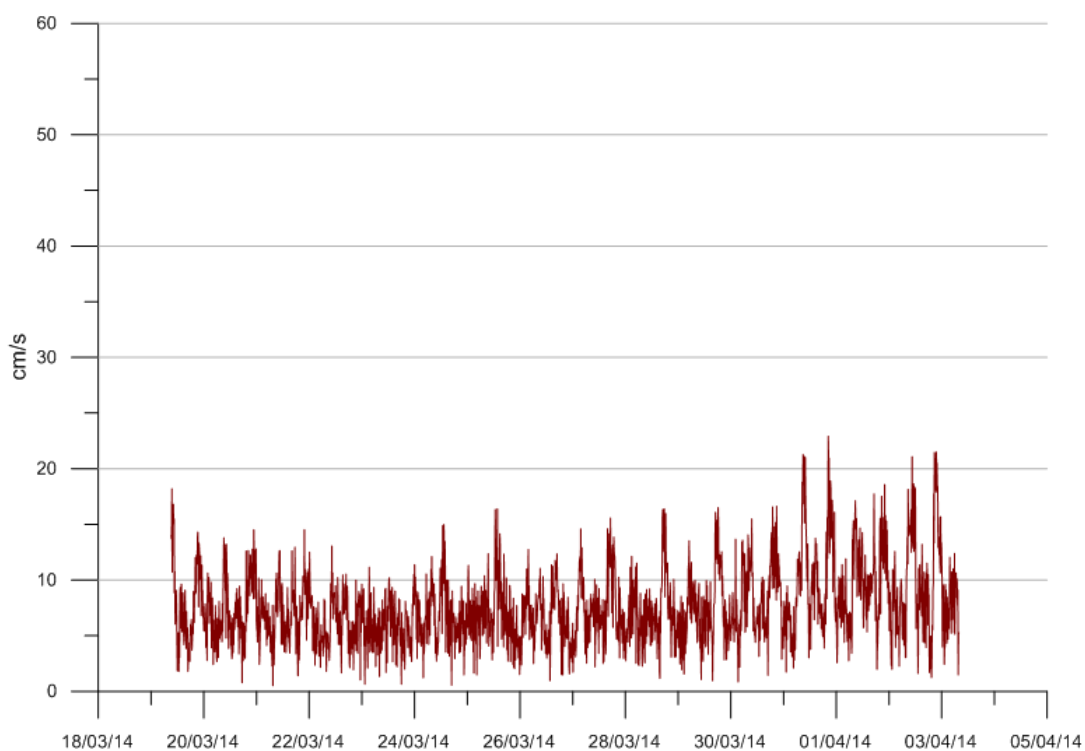


Figur A3.17 Strømretning ved Skansenløpet ved 2,8 meter

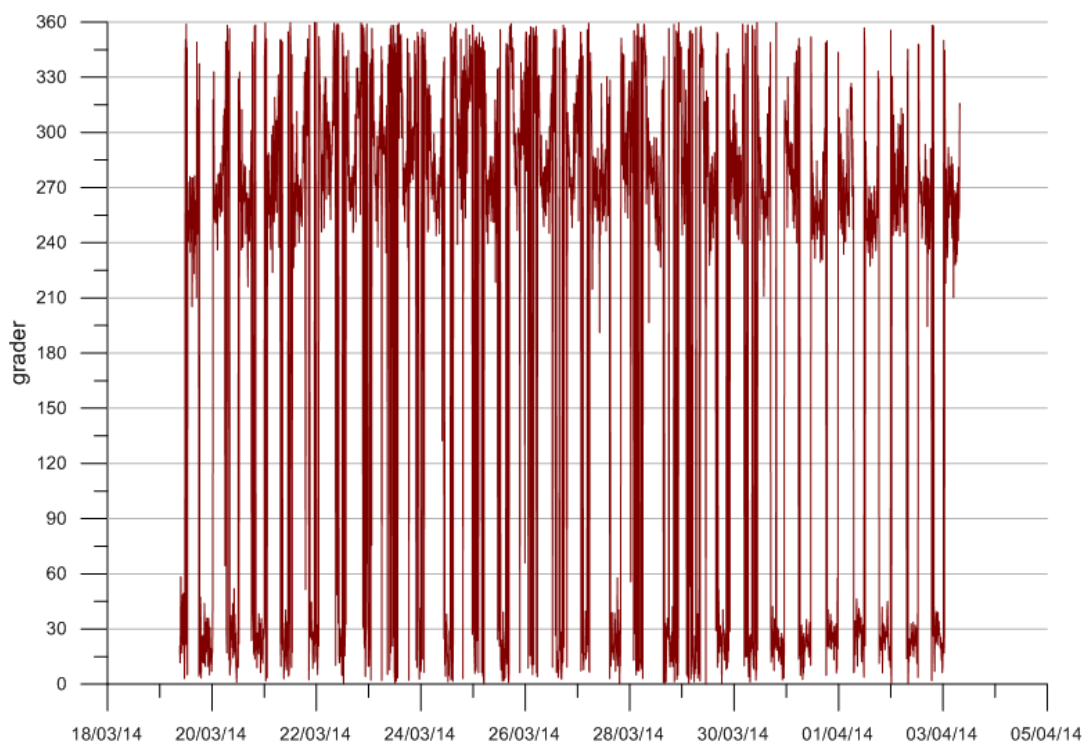


Figur A3.18 Rosegraf strømretning ved Skansenløpet ved 2,8 m

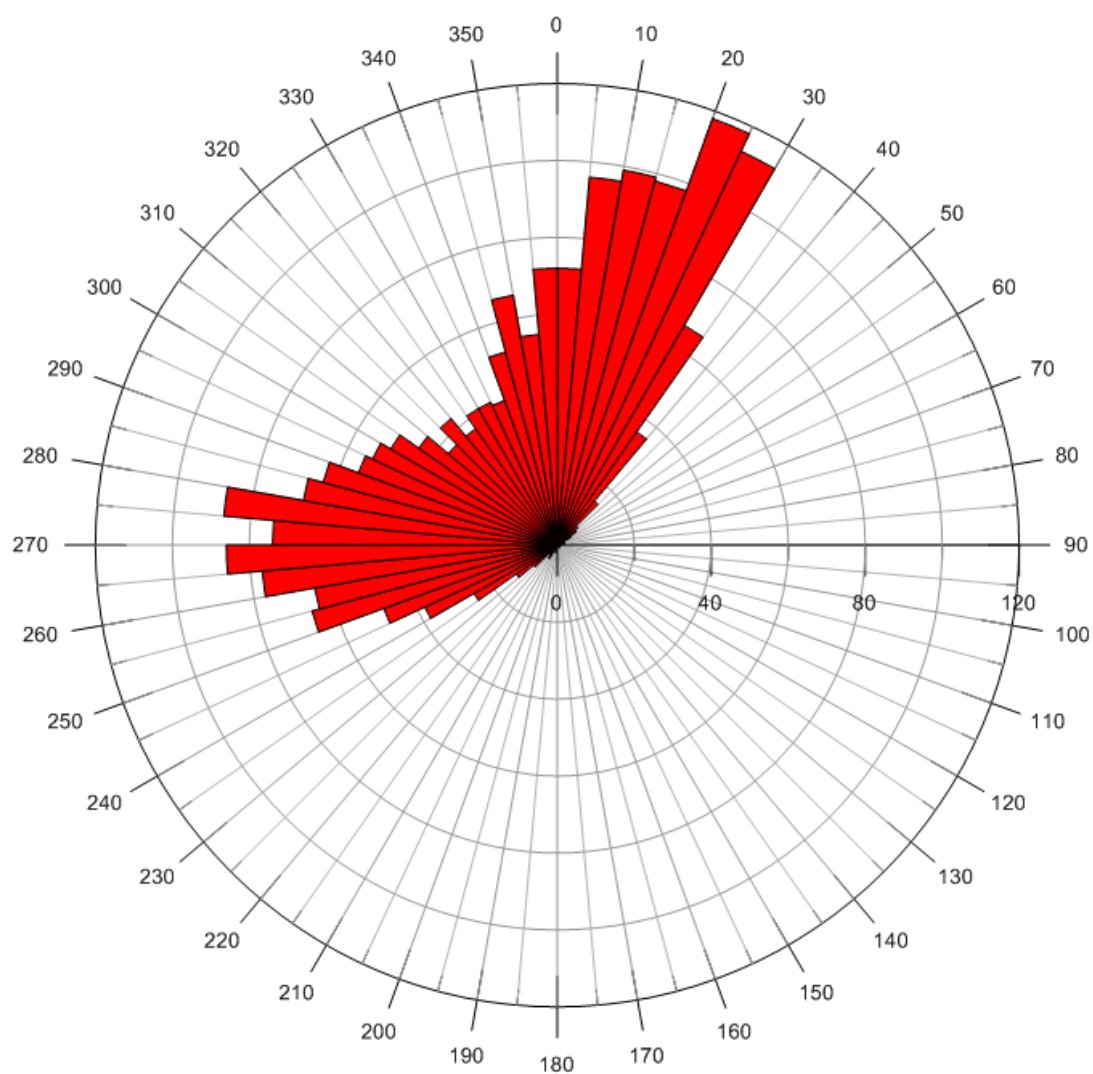
A3.7 3,3 meter



Figur A3.19 Strømhastighet ved Skansenløpet ved 3,3 meter

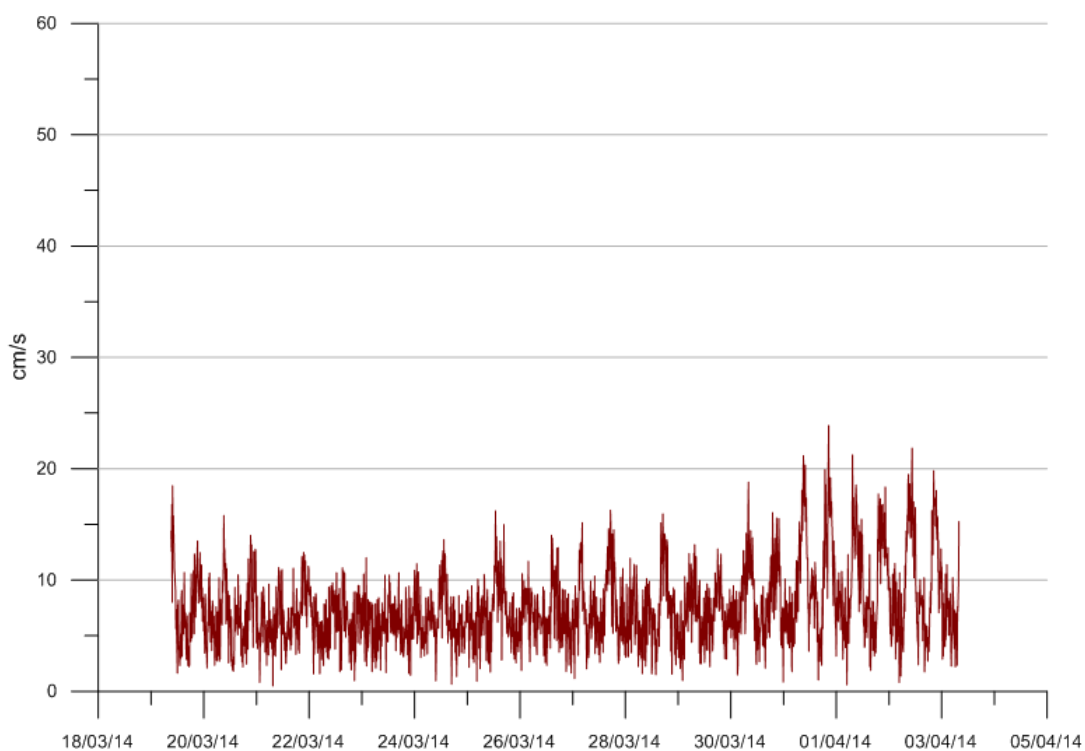


Figur A3.20 Strømretning ved Skansenløpet ved 3,3 meter

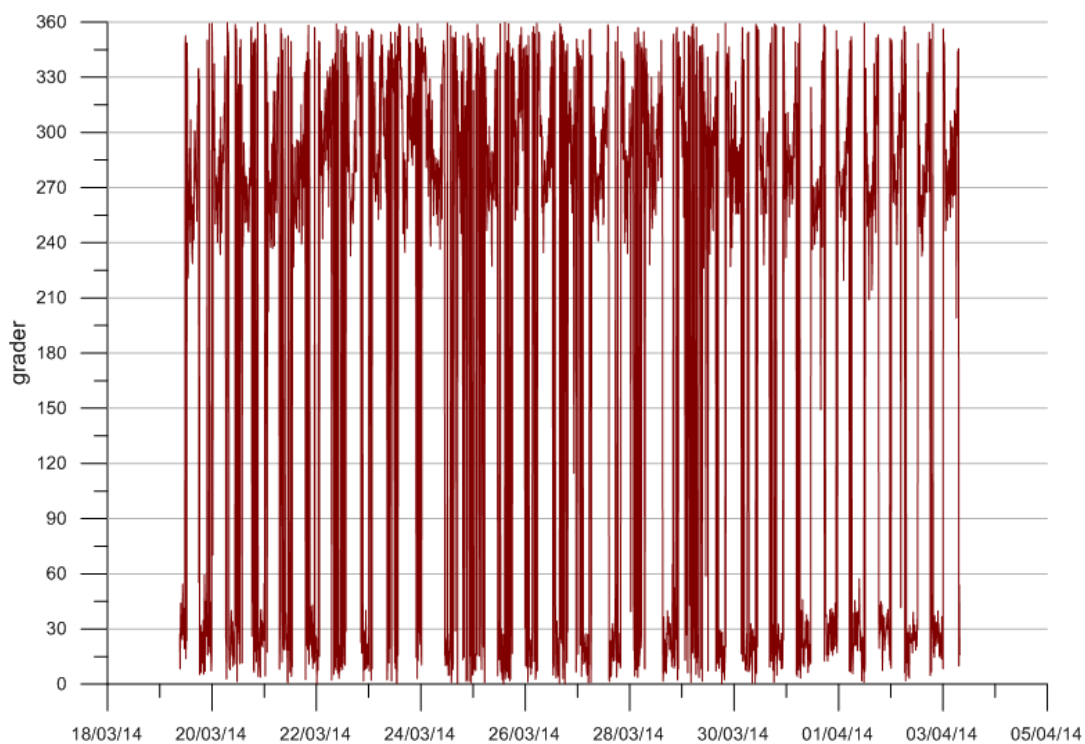


Figur A3.21 Rosegraf strømretning ved Skansenløpet ved 3,3 m

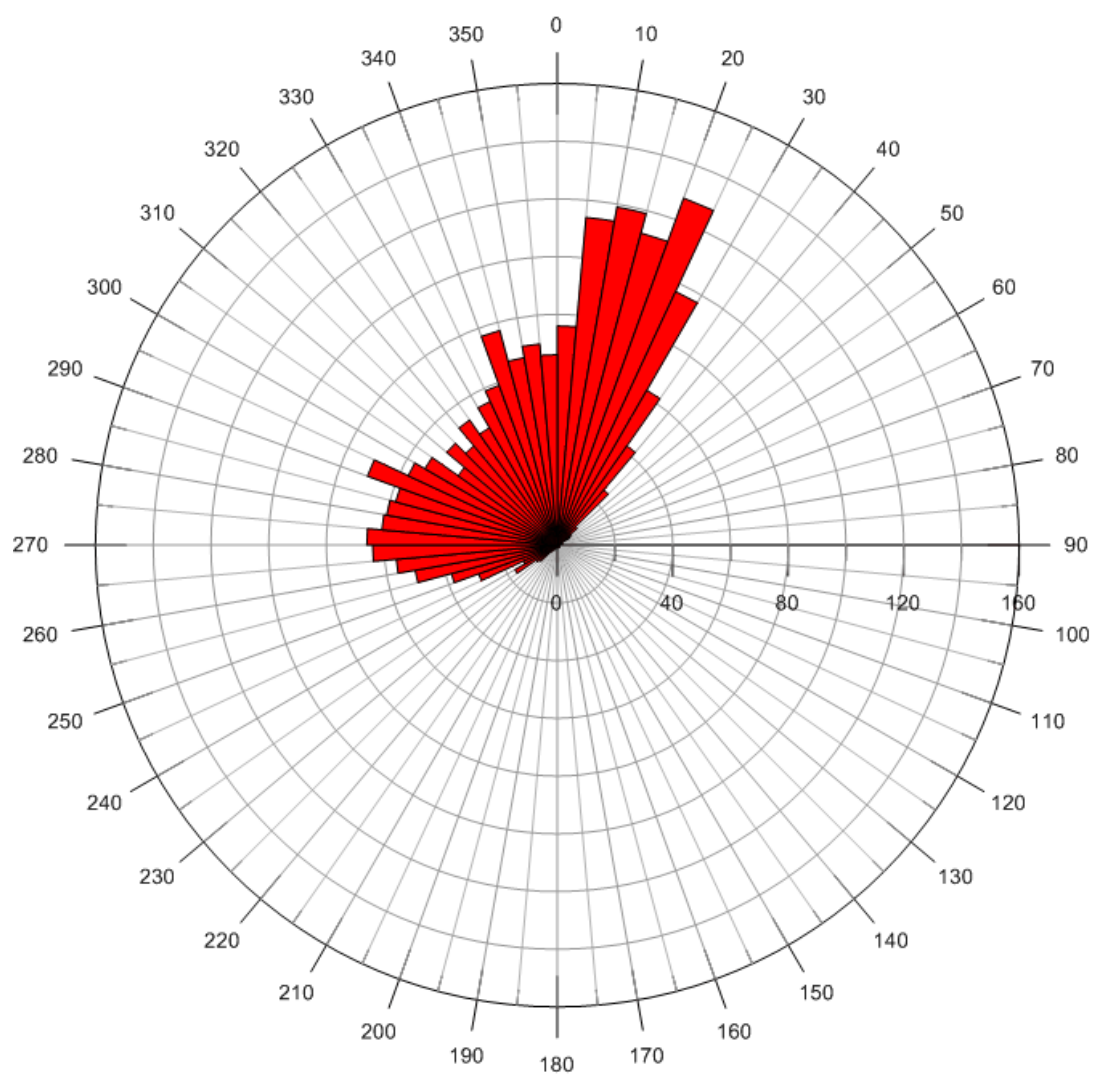
A3.8 3,8 meter



Figur A3.22 Strømhastighet ved Skansenløpet ved 3,8 meter

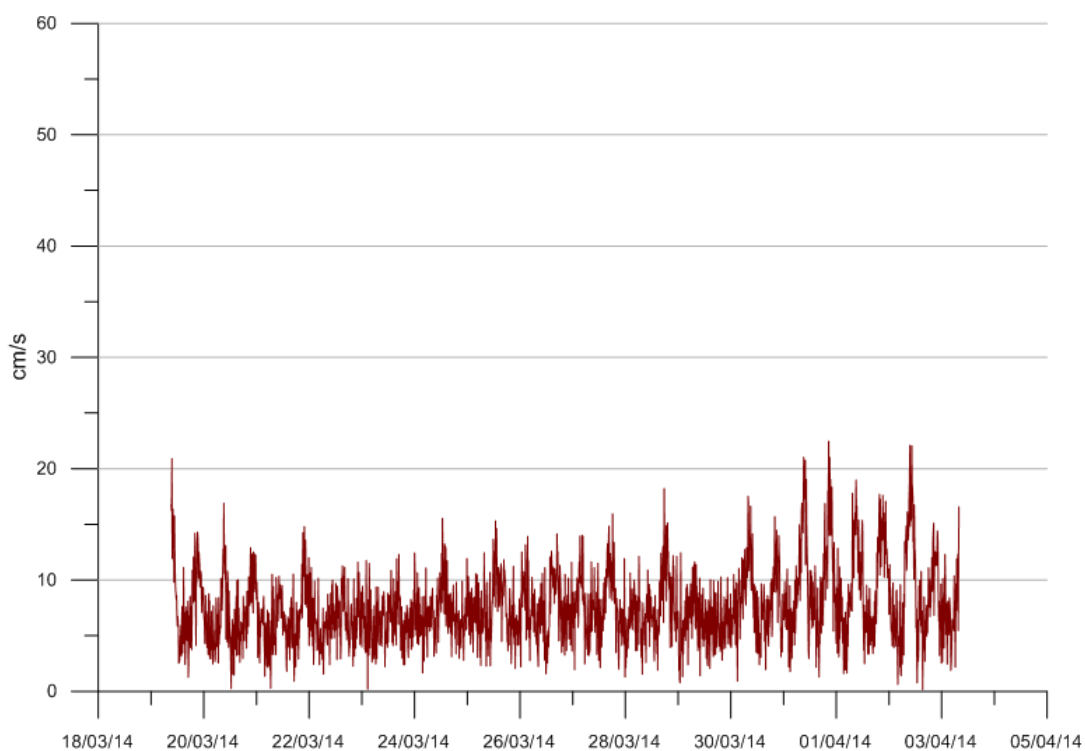


Figur A3.23 Strømretning ved Skansenløpet ved 3,8 meter

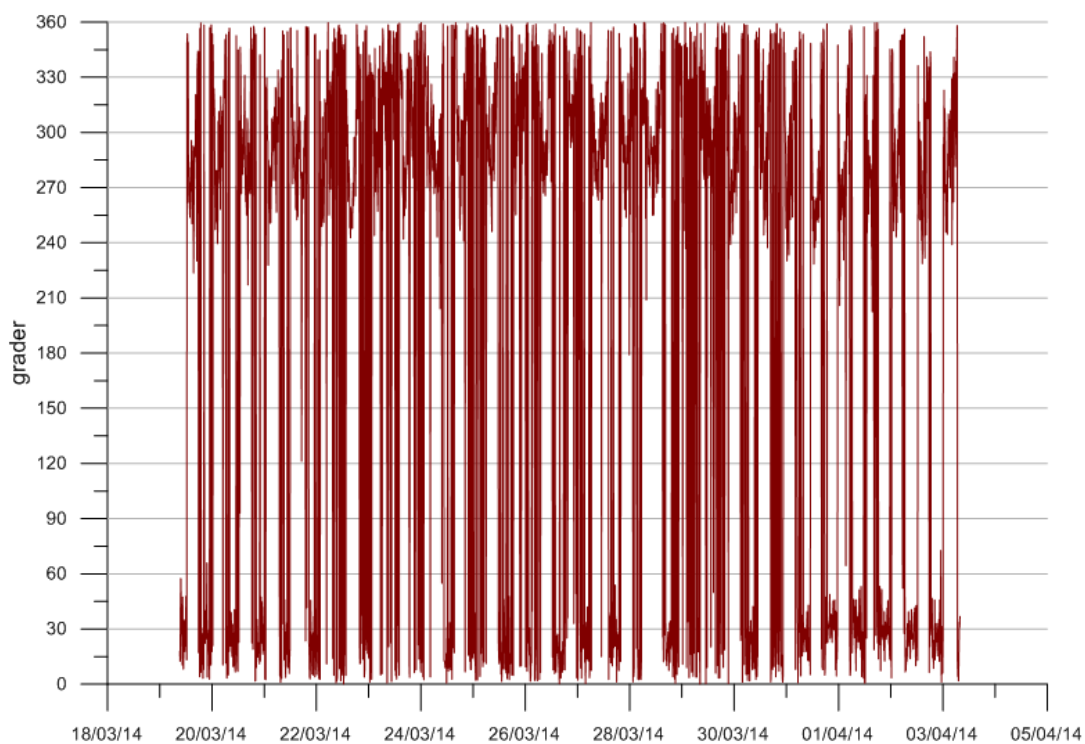


Figur A3.24 Rosegraf strømretning ved Skansenløpet ved 3,8 m

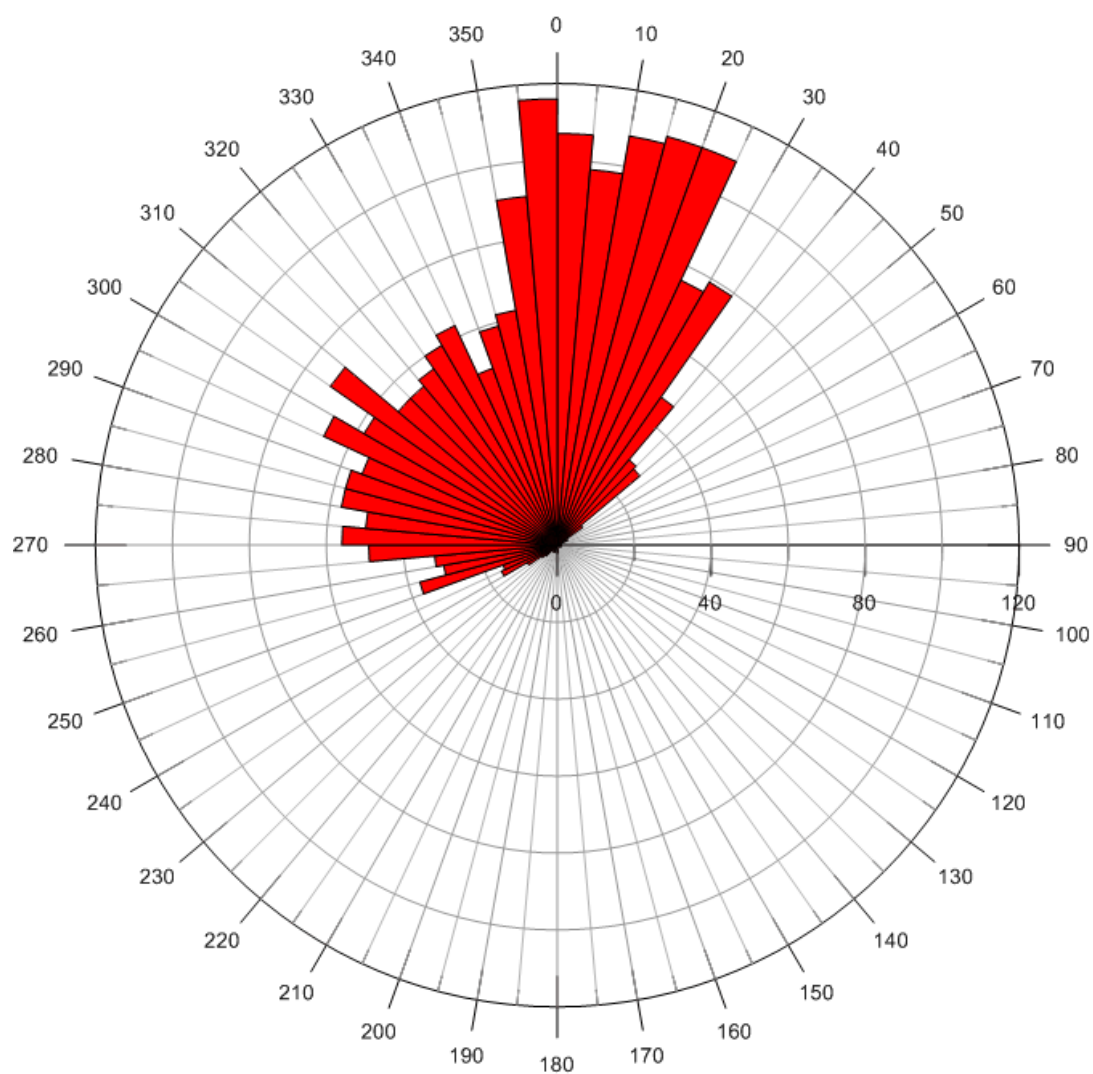
A3.9 4,3 meter



Figur A3.25 Strømhastighet ved Skansenløpet ved 4,3 meter



Figur A3.26 Strømretning ved Skansenløpet ved 4,3 meter



Figur A3.27 Rosegraf strømretning ved Skansenløpet ved 4,3 m

Vedlegg B - Brattørbrua

Innhold

B1 Tverrsnittareal	2
B2 Strømretning inn og ut av Kanalen	2
B3 Figurer	2
B3.1 1 meter	2
B3.2 4,5 meter	5

B1 Tverrsnittareal

Bredden anslås til å være 35 meter bredt.

Gjennomsnittsdybden anslås til 4,6 meter dypt (middelvann: LAT + 1,6 m).

Det gir et tverrsnittsareal på 161 m².

Det ble gjort målinger i 2 intervaller/måleceller.

B2 Strømretning inn og ut av Kanalen

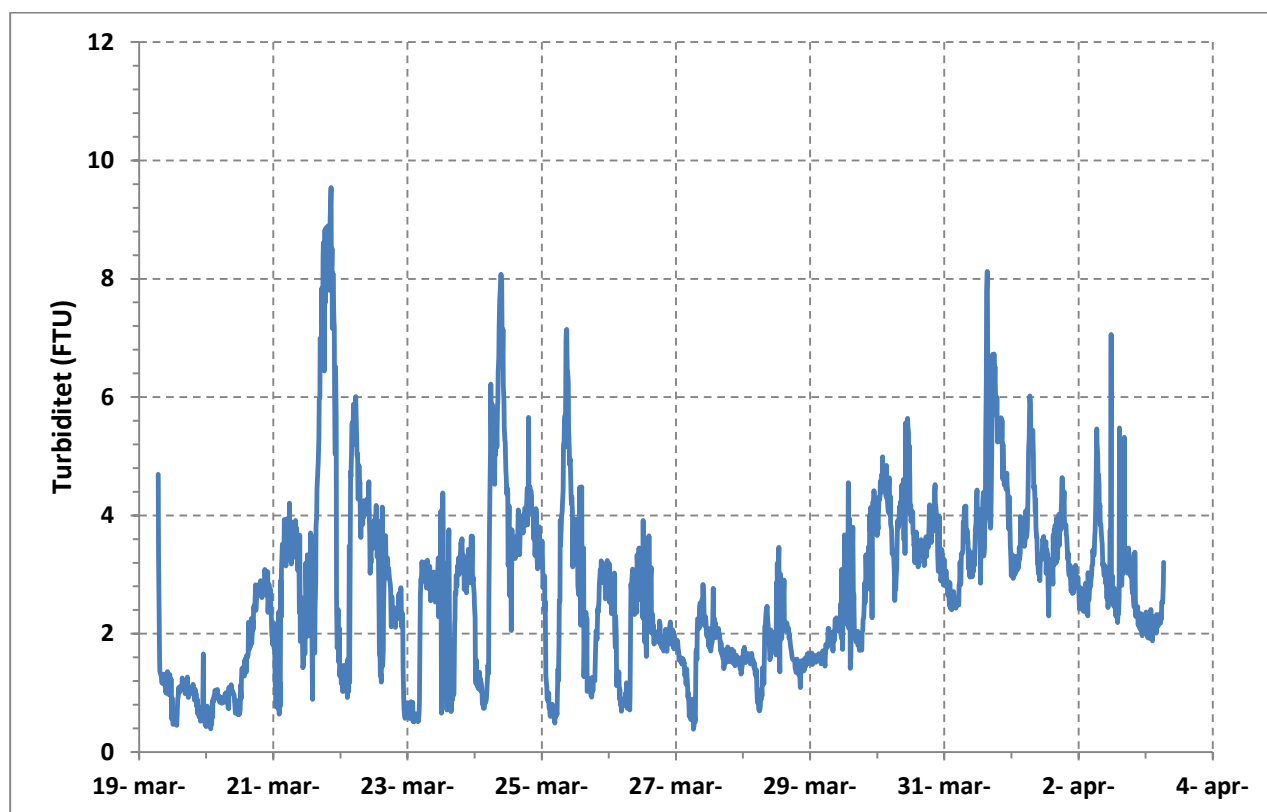
Inndelingen av strømretning ble gjort som følgende:

Ut av Kanalen: 0-170 grader og 350-360 grader

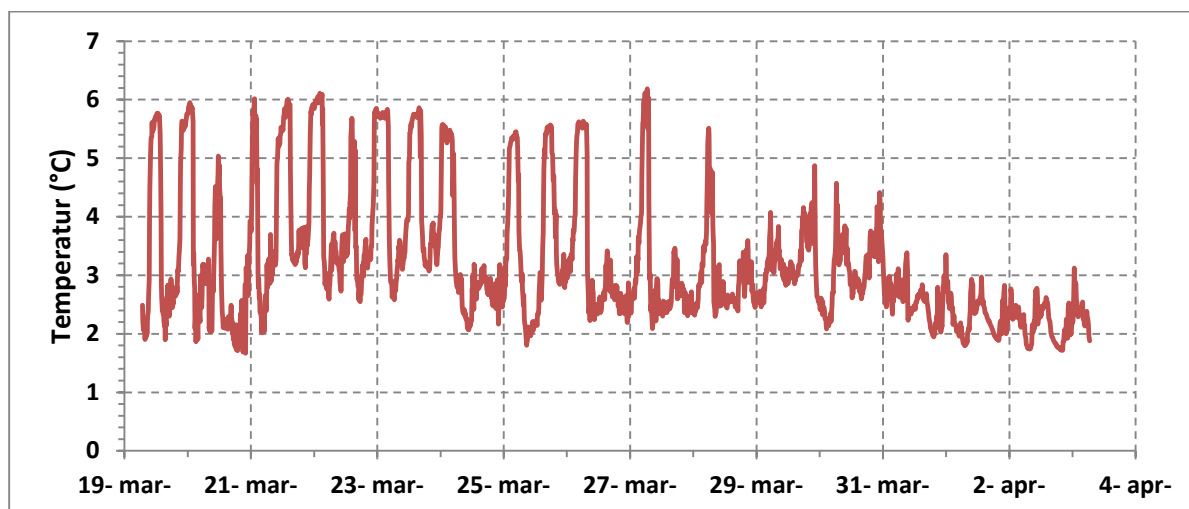
Inn i Kanalen: 170-350 grader

B3 Figurer

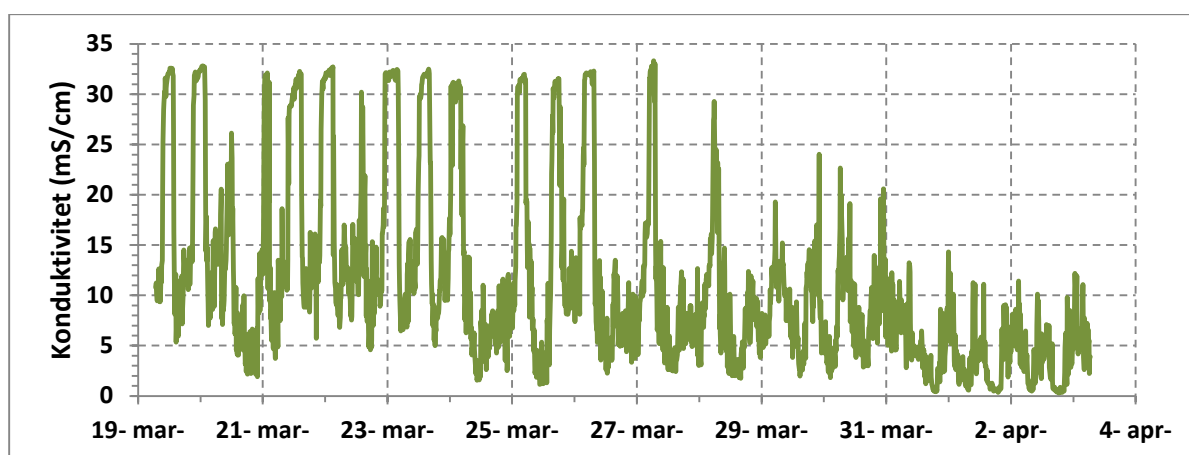
B3.1 1 meter



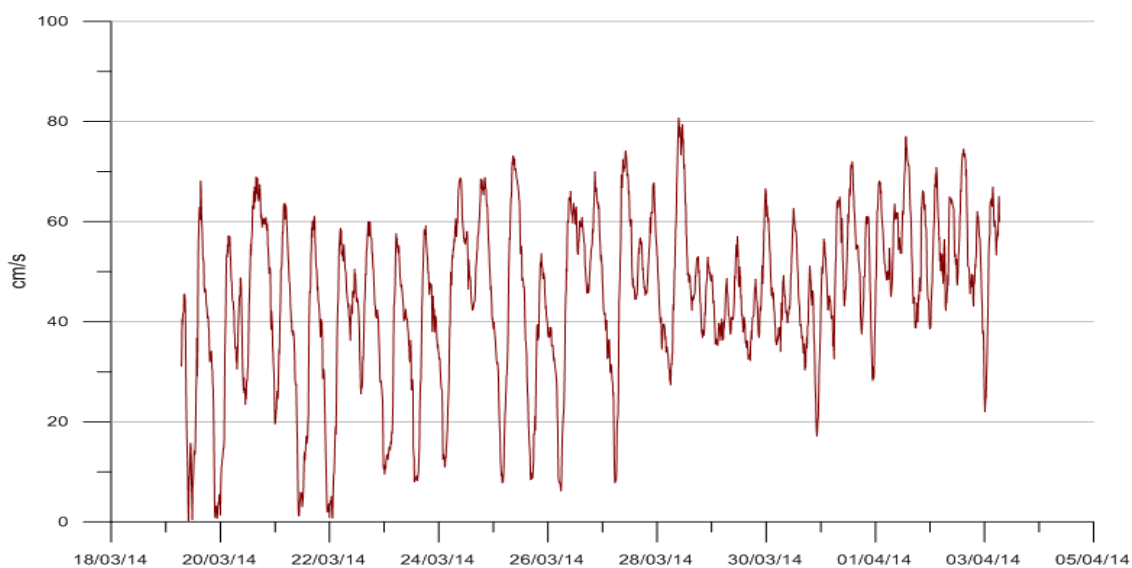
Figur B3.1 Turbiditet ved Brattørbrua ved 1 m



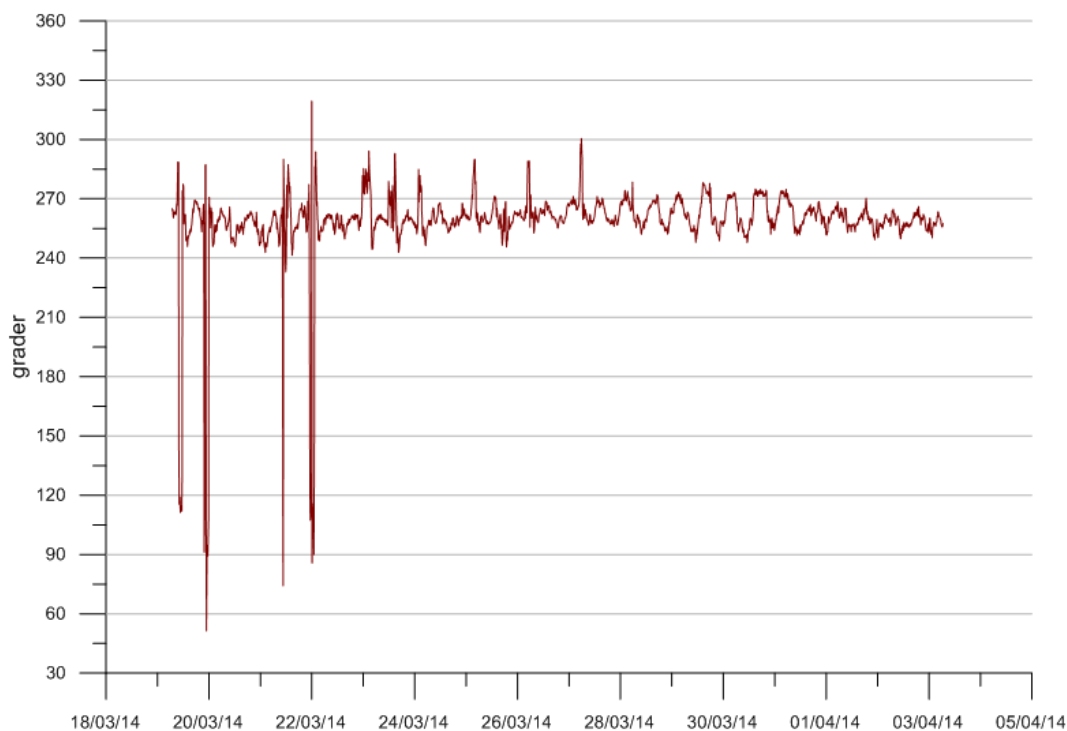
Figur B3.2 Temperatur målt ved Brattørbrua ved 1 m



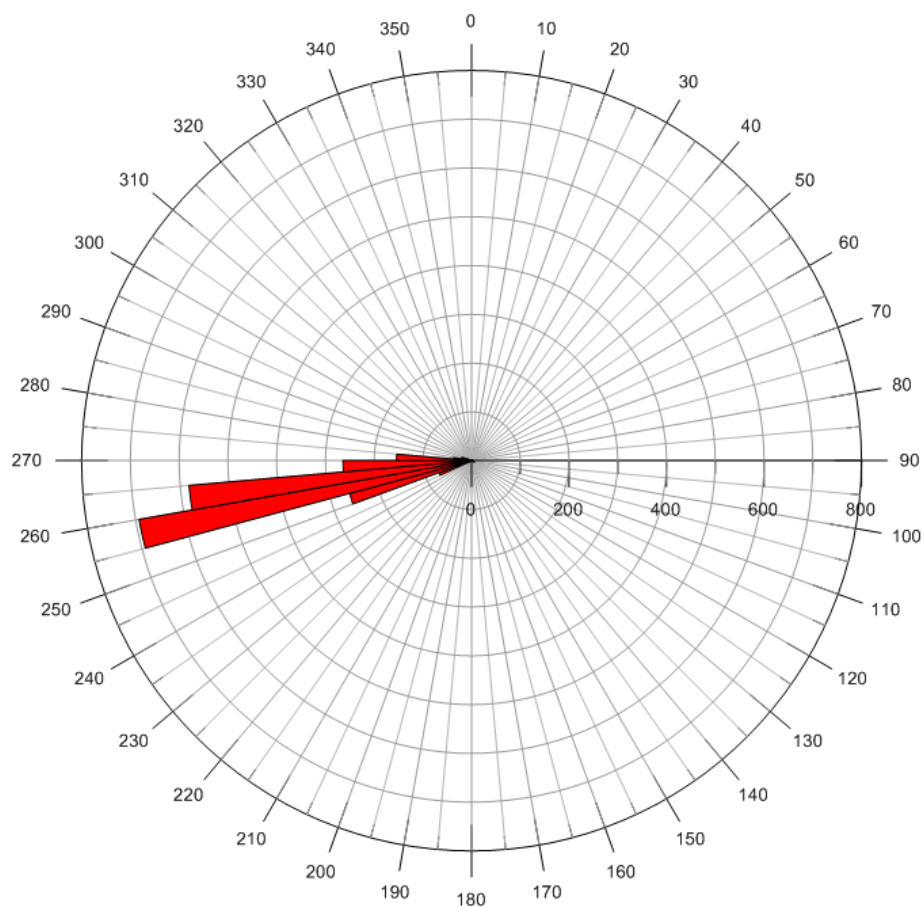
Figur B3.3 Konduktivitet målt ved Brattørbrua ved 1 m



Figur B3.4 Strømhastighet målt ved Brattørbrua ved 1 m

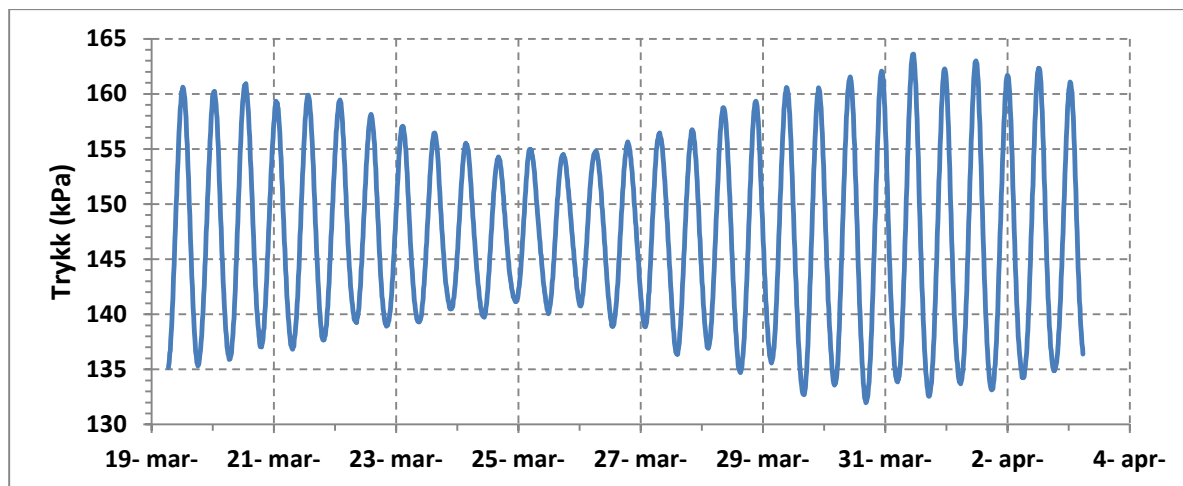


Figur B3.5 Strømretning målt ved Brattørbrua ved 1 m

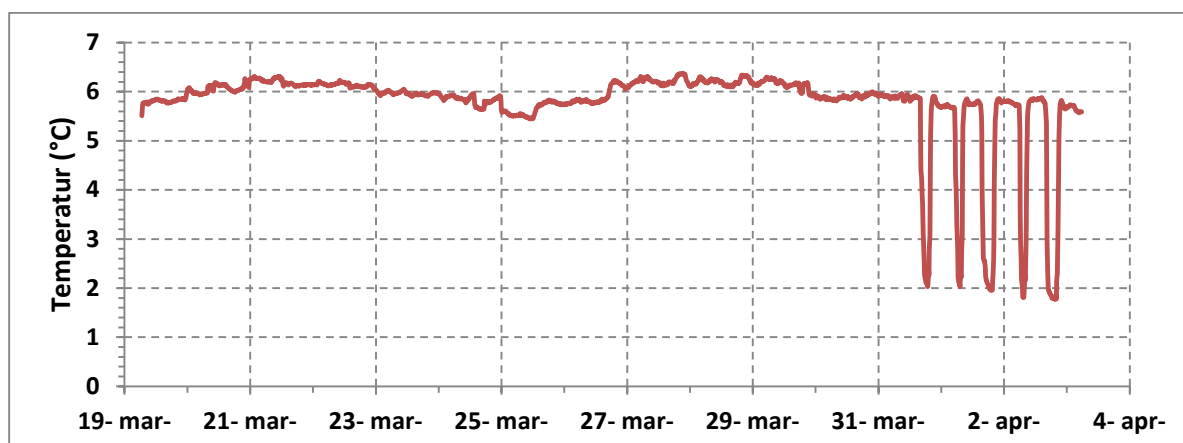


Figur B3.6 Rosegraf for strømretningen ved Brattørbrua ved 1 m

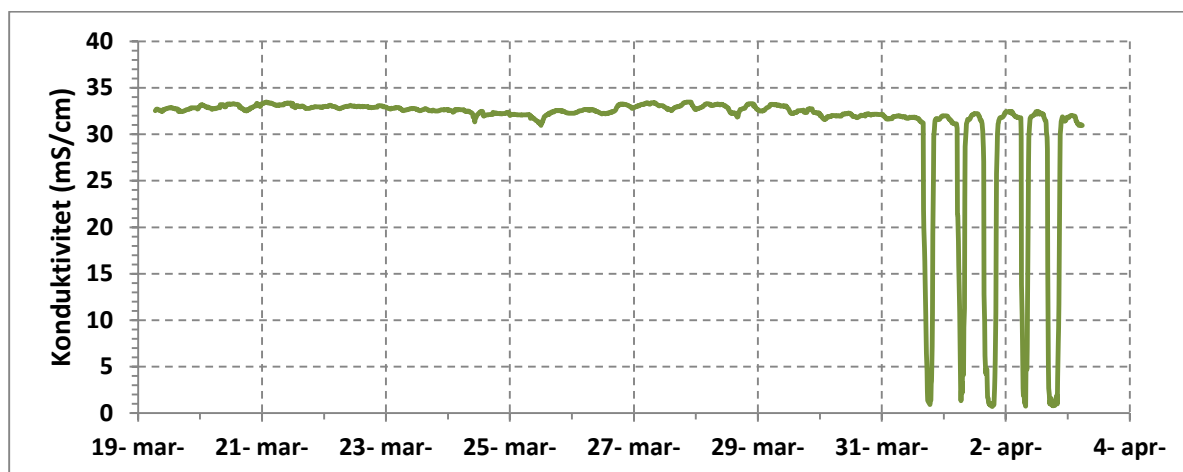
B3.2 4,5 meter



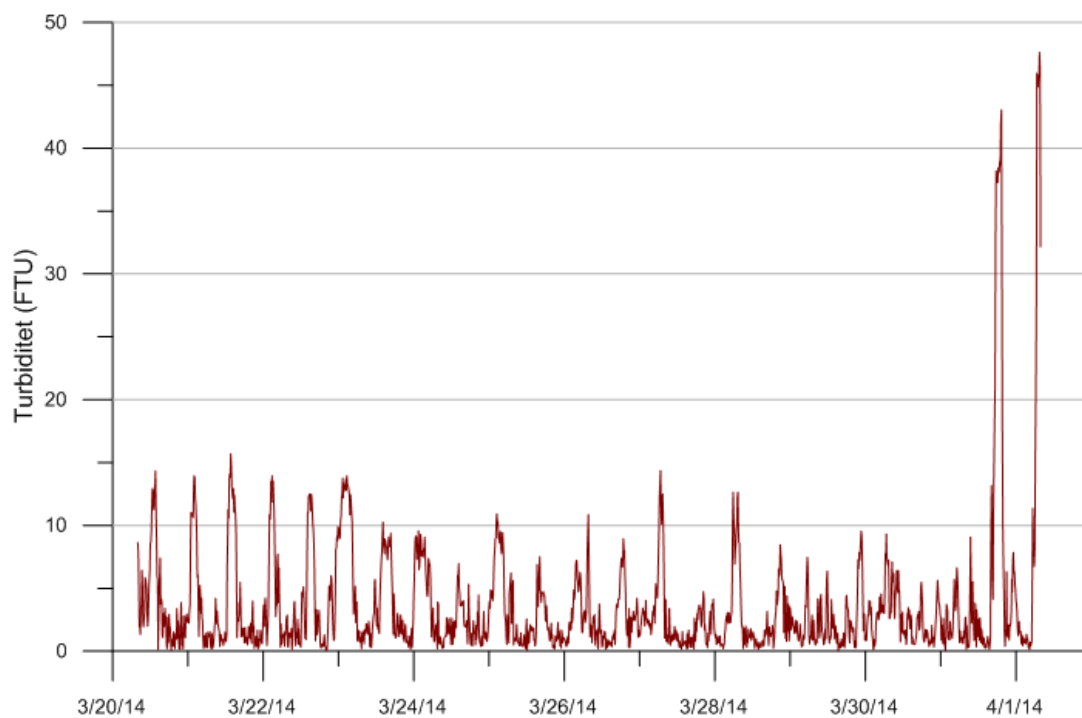
Figur B3.7 Trykk målt ved Brattørbrua ved 4,5 m



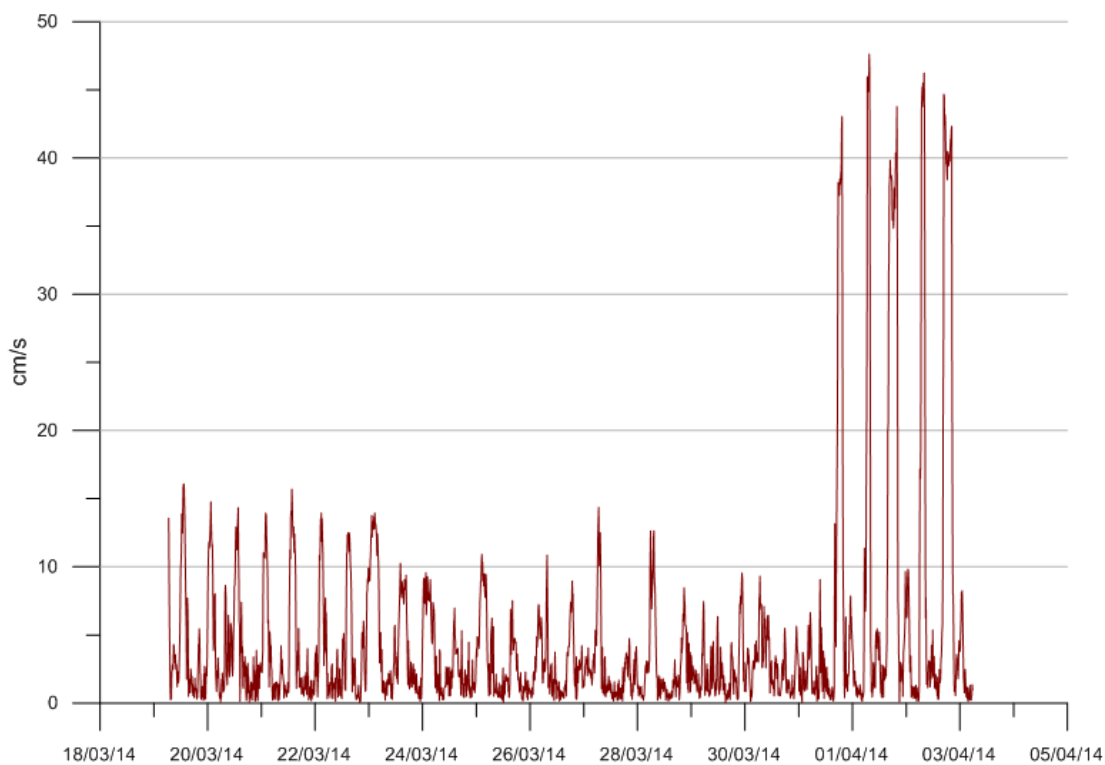
Figur B3.8 Temperatur målt ved Brattørbrua ved 4,5 m



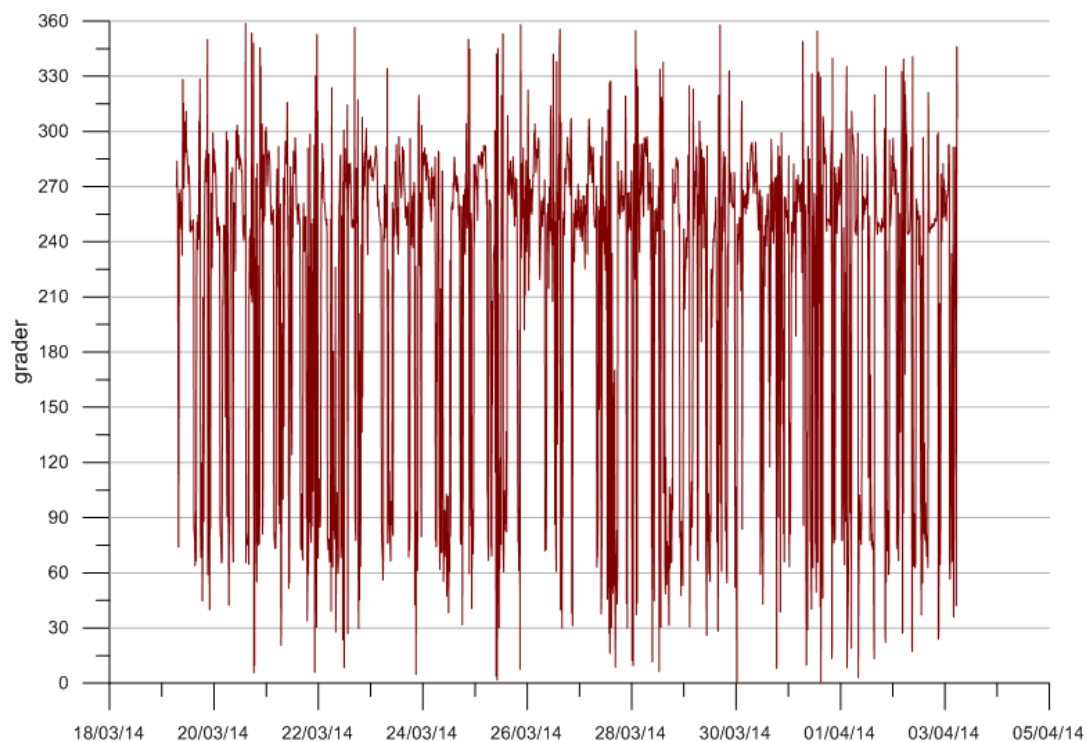
Figur B3.9 Konduktivitet målt ved Brattørbrua ved 4,5 m



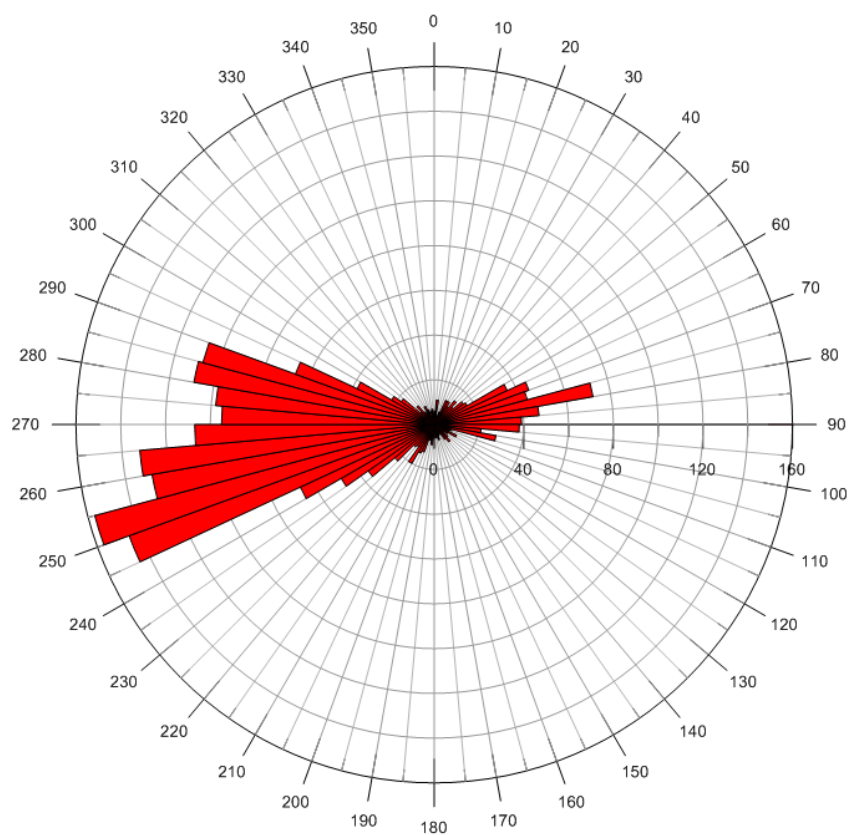
Figur B3.10 Turbiditet målt ved Brattørbrua ved 4,5 m



Figur B3.11 Strømhastighet målt ved Brattørbrua ved 4,5 m



Figur B3.12 Strømretning målt ved Brattørbrua ved 4,5 m



Figur B3.13 Rosegraf for strømretningen ved Brattørbrua ved 4,5 m

Vedlegg C - Brattørløpet

Innhold

C1 Tverrsnittareal	2
C2 Strømretning inn og ut av Kanalen	2
C3 Figurer	2
C3.1 1 m	2
C3.2 2,8 m	4
C3.3 4,6 m	5
C3.4 6,4 m	7
C3.5 8,2 m	8

C1 Tverrsnittareal

Bredden anslås til å være 50 meter bredt.

Gjennomsnittsdybden anslås til 7,6 meter dypt (middelvann: LAT + 1,6 m).

Det gir et tverrsnittsareal på 380 m².

Det ble gjort målinger i 5 intervaller/måleceller.

C2 Strømretning inn og ut av Kanalen

Inndelingen av strømretning ble gjort som følgende:

8,2 og 6,4 m:

Inn i havna: 0-150 grader og 330-360 grader

Ut av havna: 150-330 grader

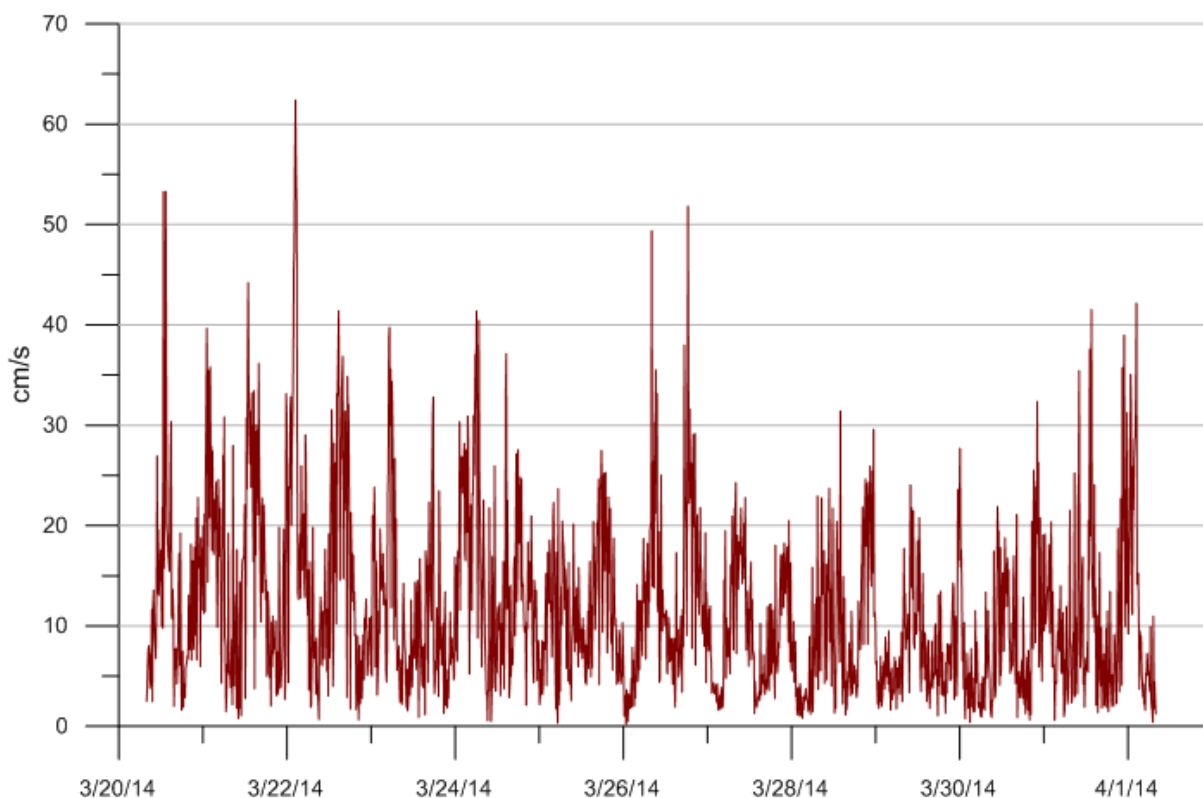
4,6, 2,8 og 1 m:

Inn i havna: 0-120 grader og 300-360 grader

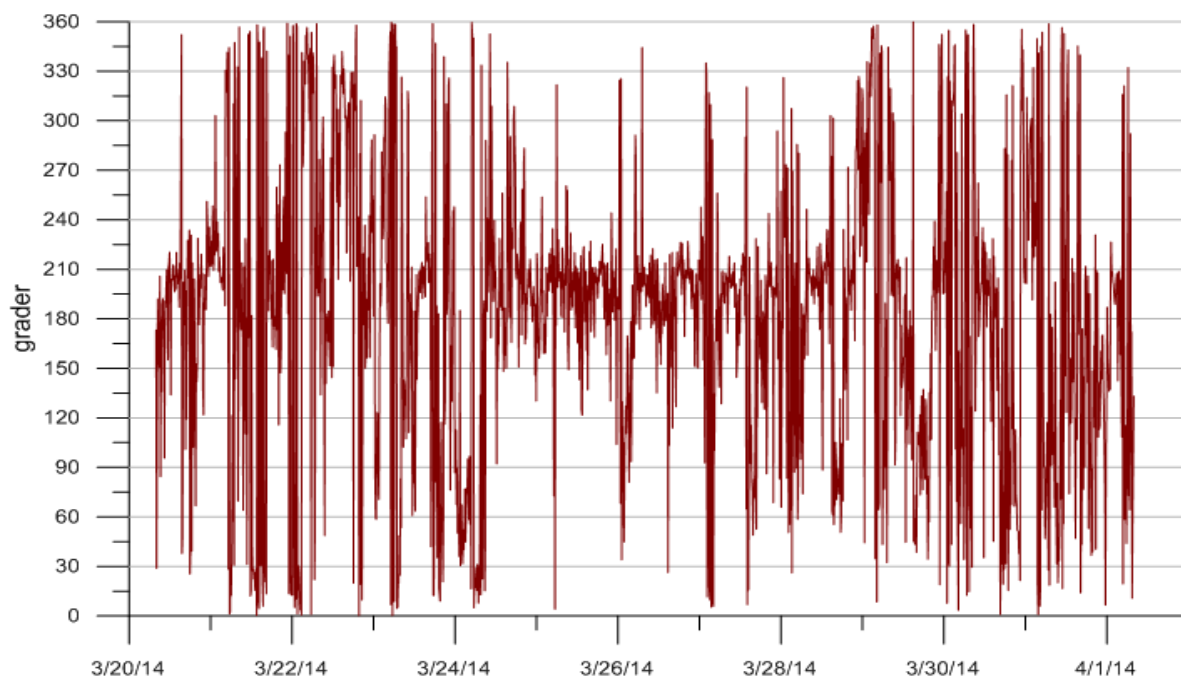
Ut av havna: 120-300 grader

C3 Figurer

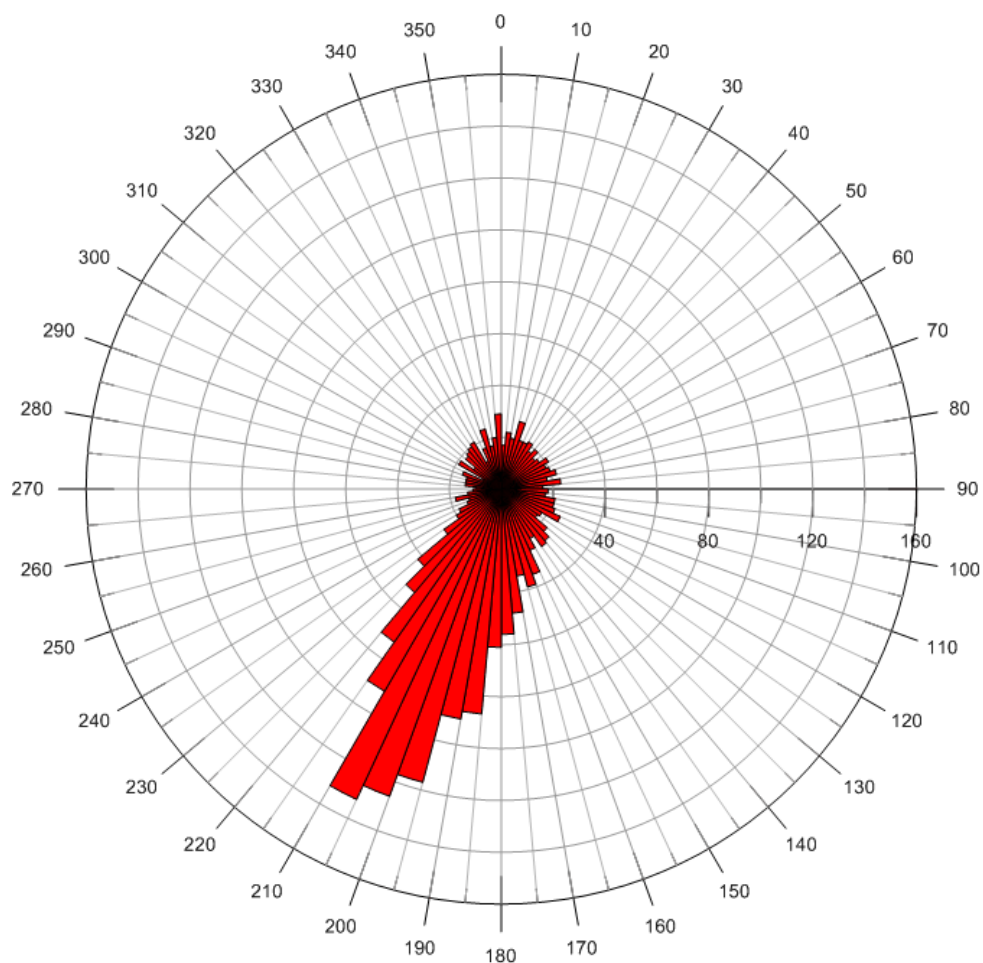
C3.1 1 m



Figur C3.1 Strømhastighet ved Brattørløpet ved 1 m

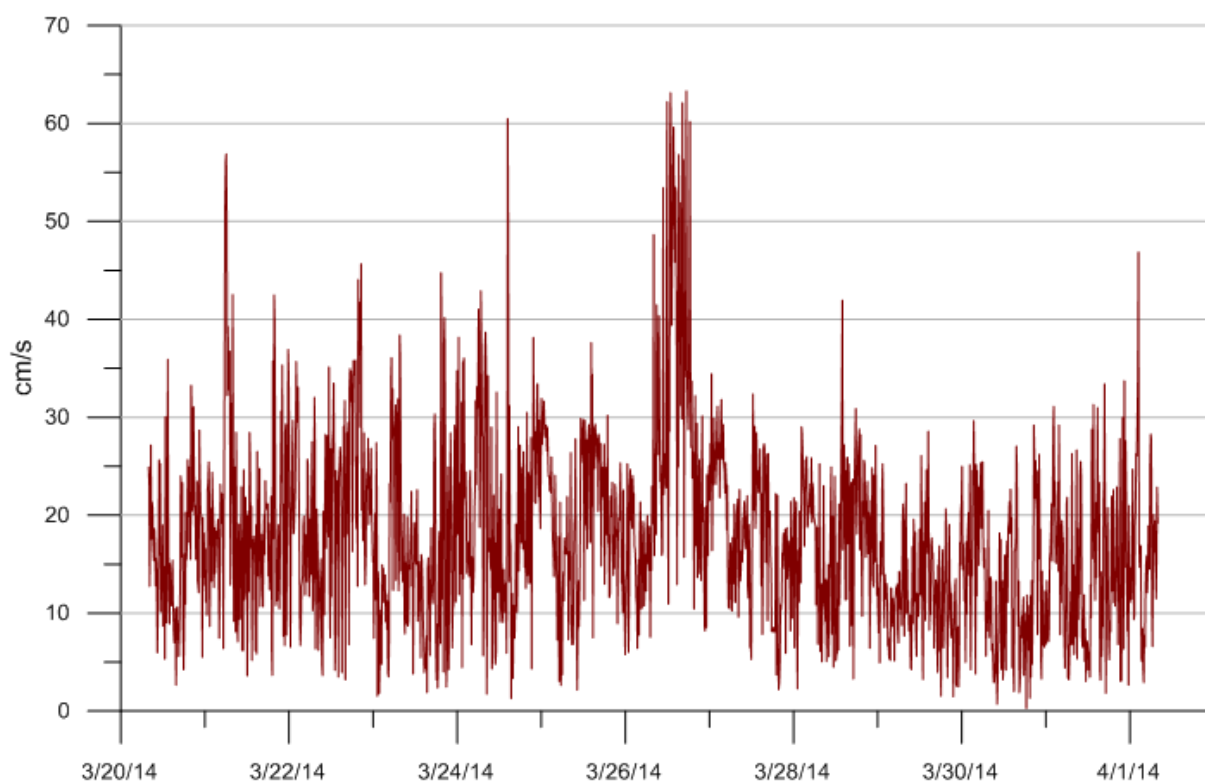


Figur C3.2 Strømretning ved Brattørløpet ved 1 m

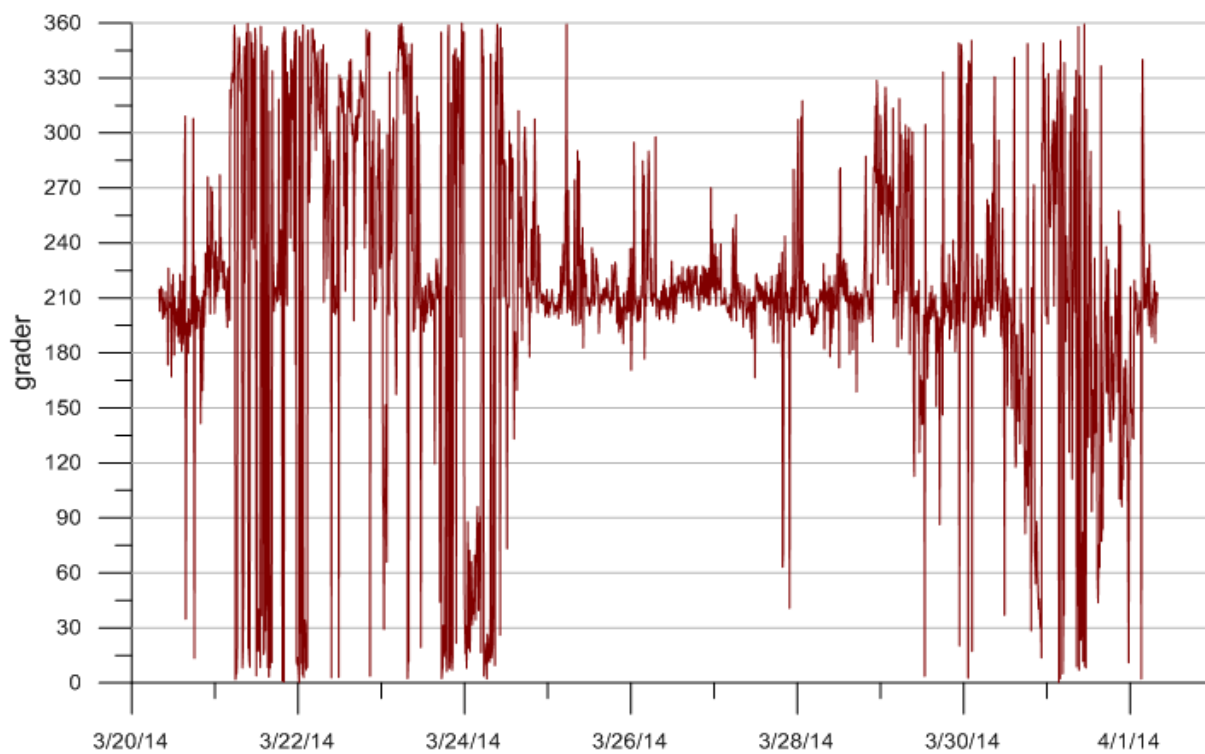


Figur C3.3 Rosegraf for strømretning ved Brattørløpet ved 1 m

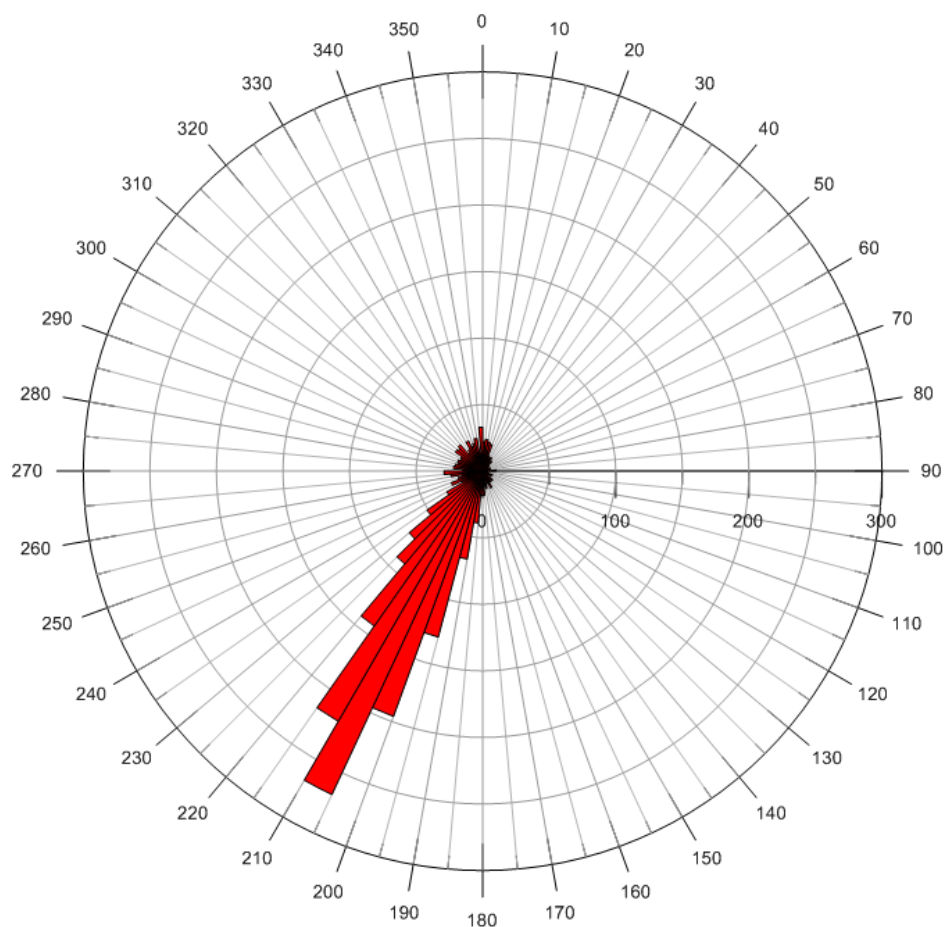
C3.2 2,8 m



Figur C3.4 Strømhastighet ved Brattørløpet ved 2,8 m

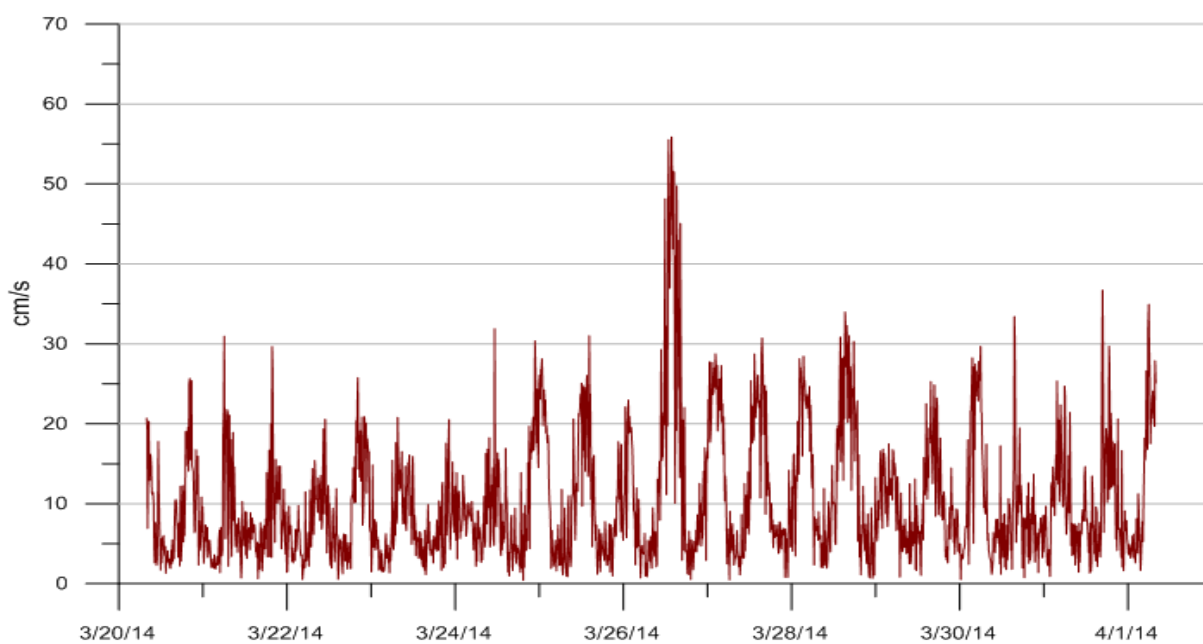


Figur C3.5 Strømretning ved Brattørløpet ved 2,8 m

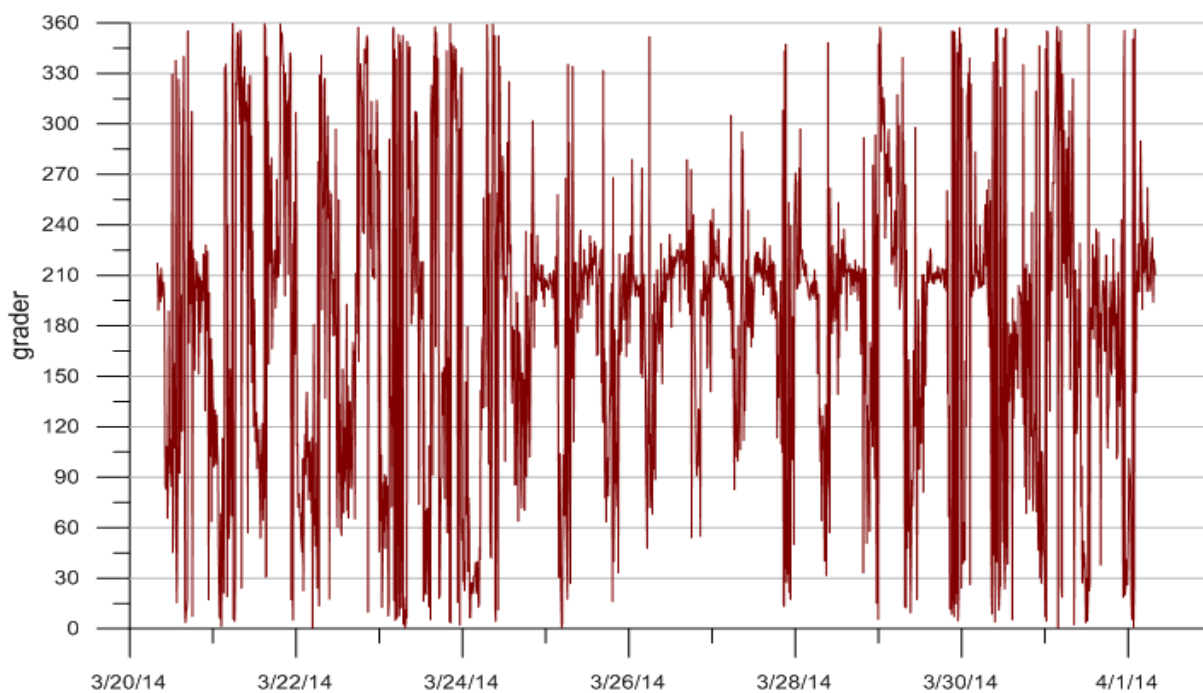


Figur C3.6 Rosegraf for stømretning ved Brattørløpet ved 2,8 m

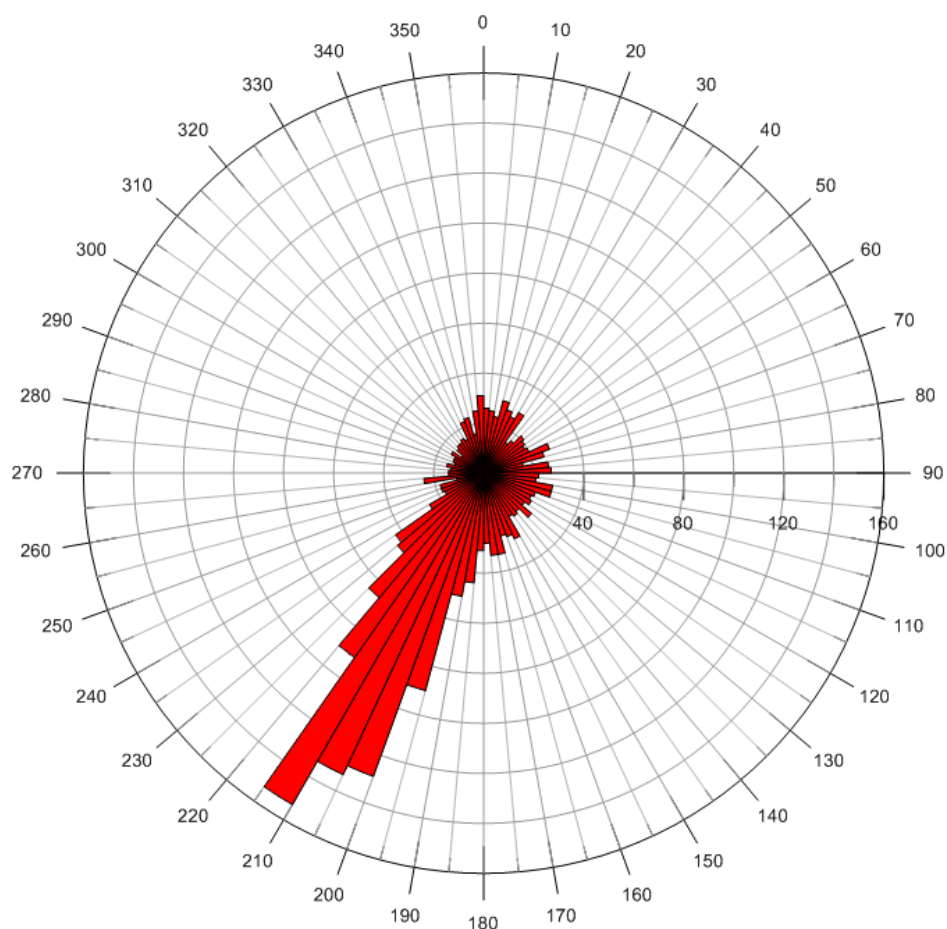
C3.3 4,6 m



Figur C3.7 Strømhastighet ved Brattørløpet ved 4,6 m

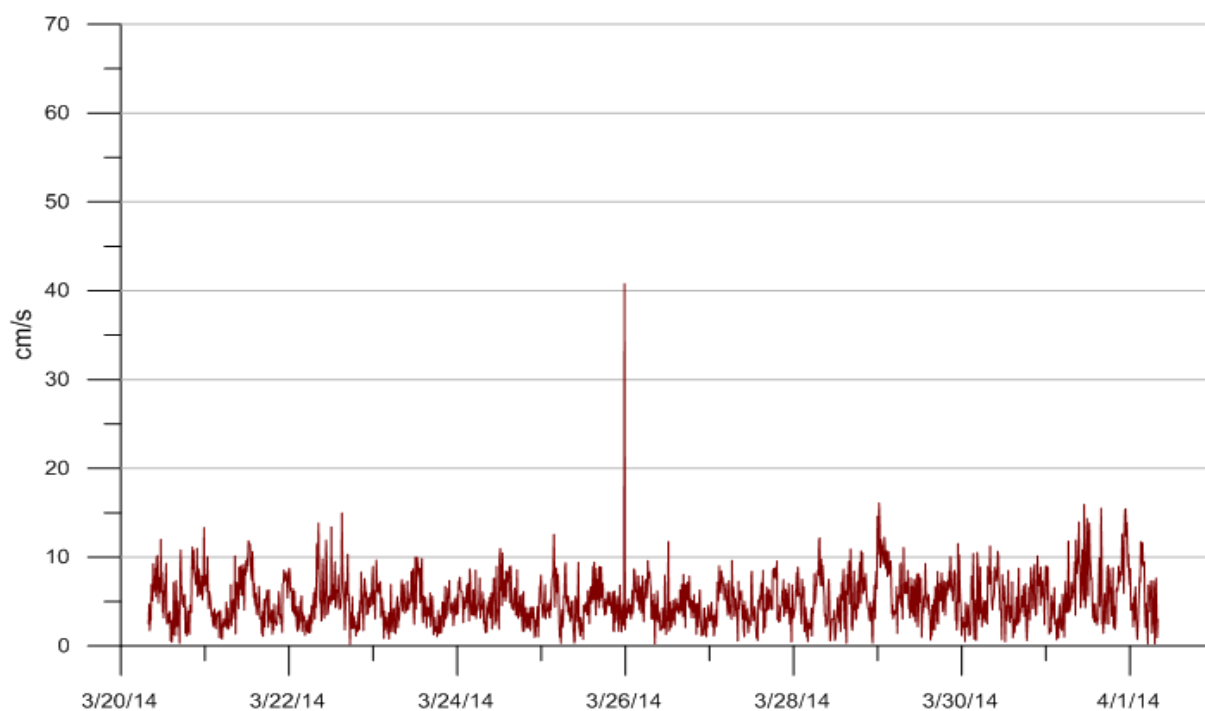


Figur C3.8 Strømretning ved Brattørløpet ved 4,6 m

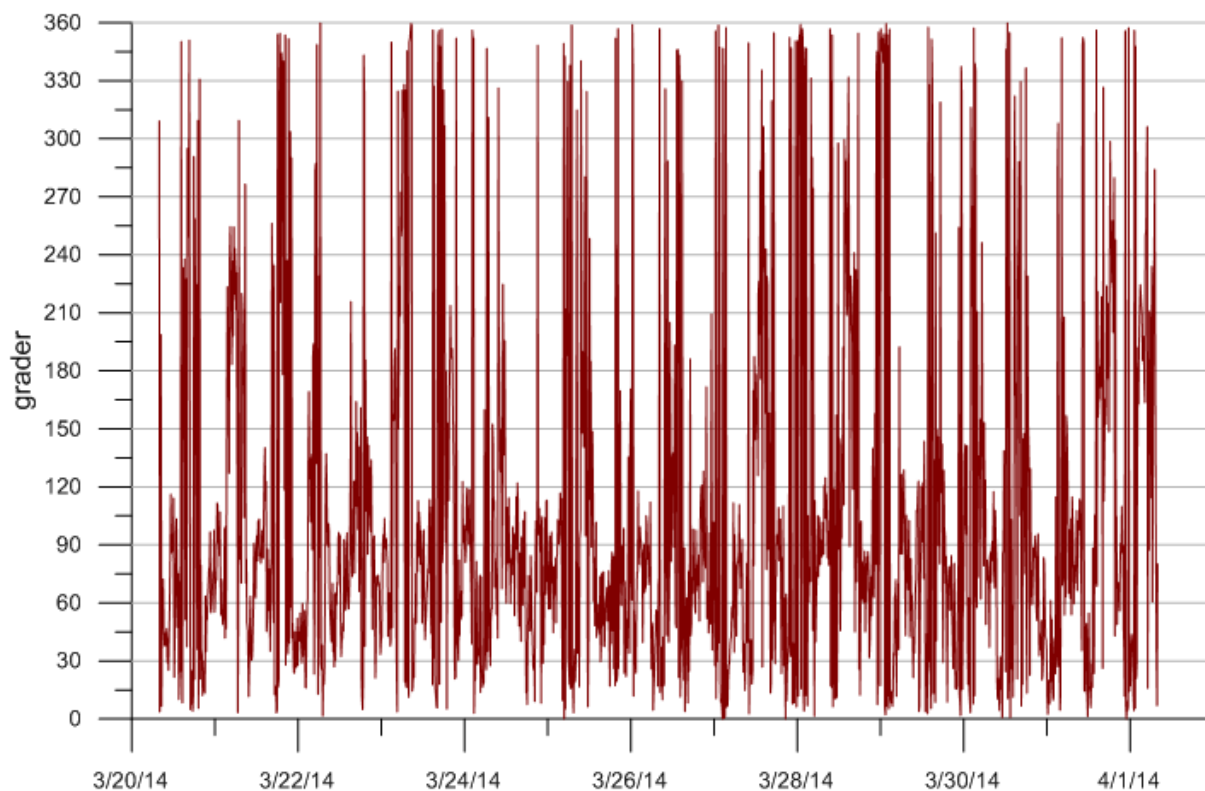


Figur C3.9 Rosegraf strømretning ved Brattørløpet ved 4,6 m

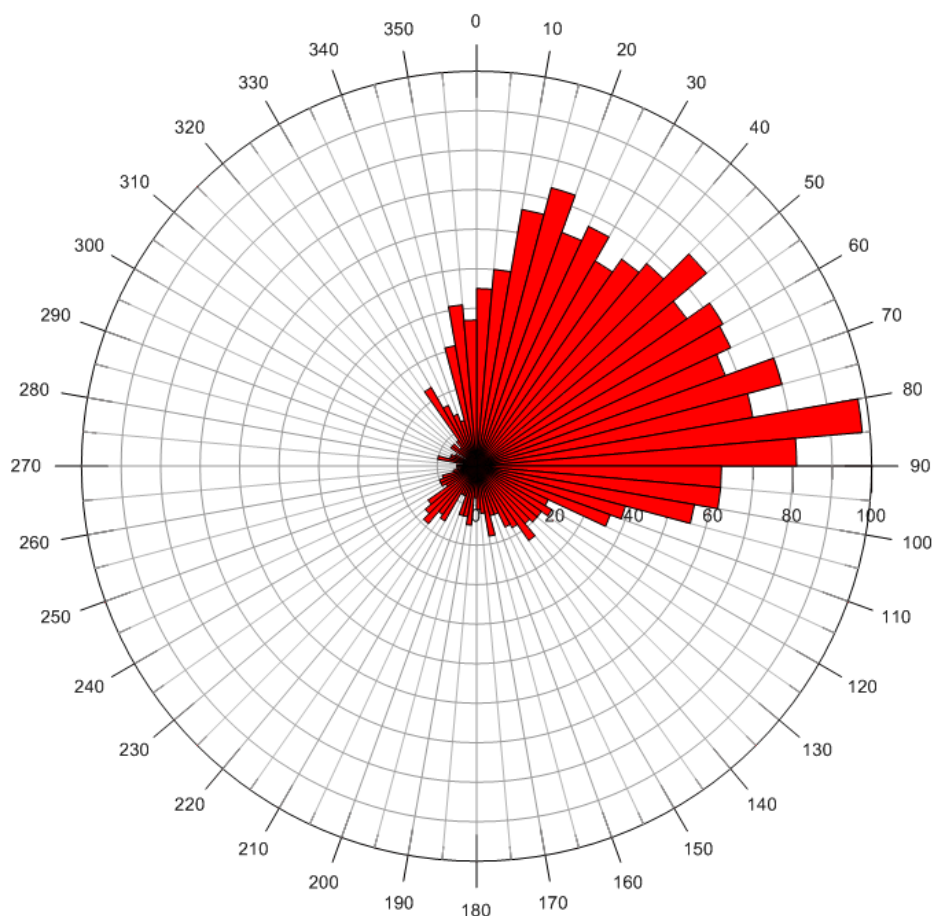
C3.4 6,4 m



Figur C3.10 Strømhastighet ved Brattørløpet ved 6,4 m

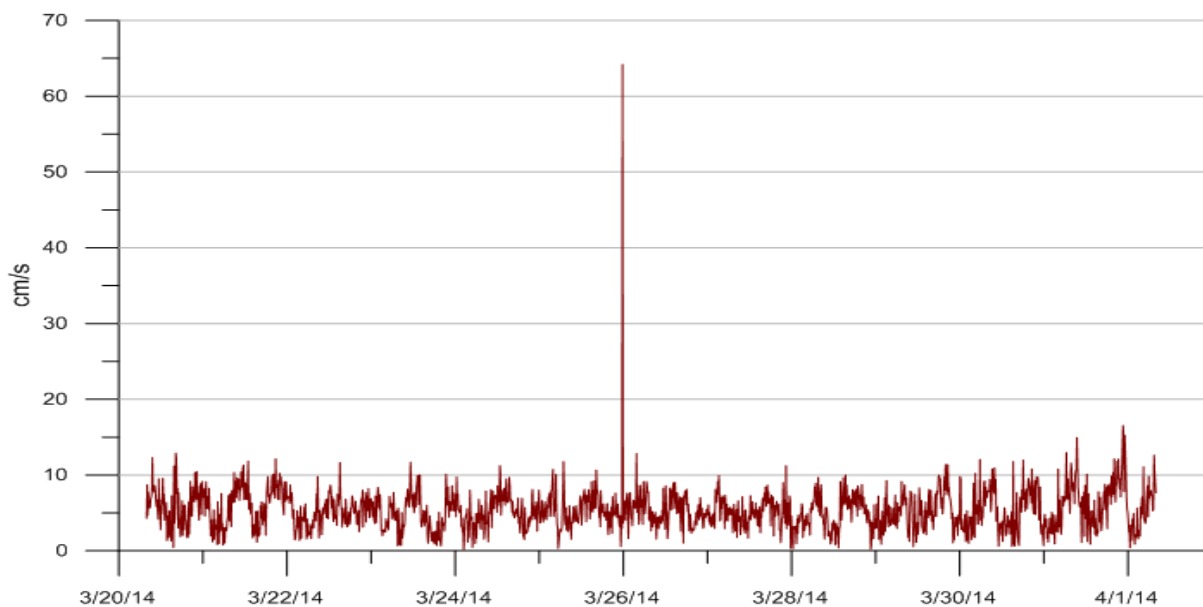


Figur C3.11 Strømretning ved Brattørløpet ved 6,4 m

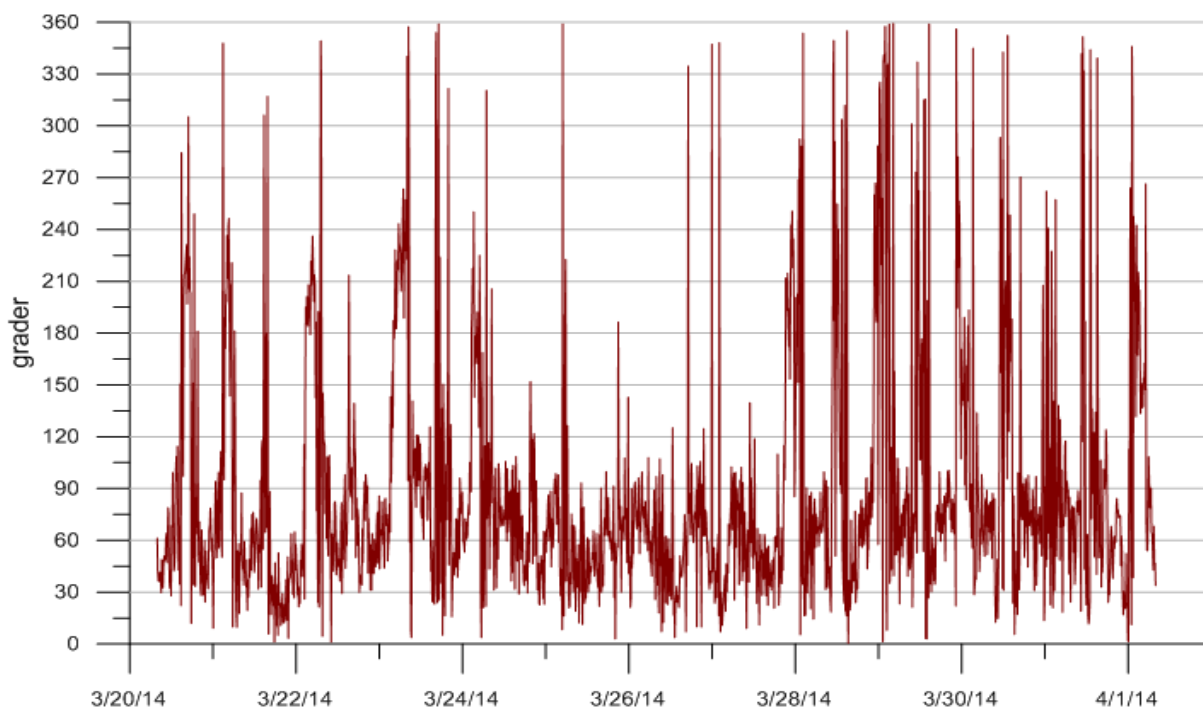


Figur C3.12 Rosegraf for strømretning ved Brattørløpet ved 6,4 m

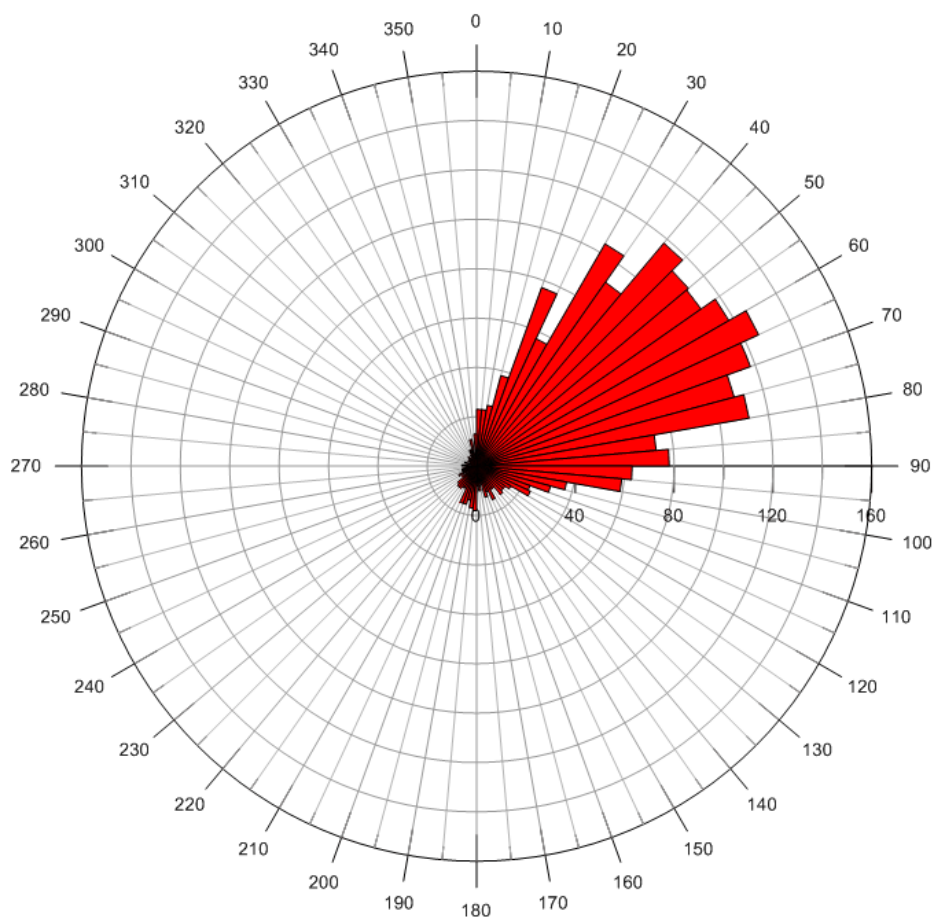
C3.5 8,2 m



Figur C3.13 Strømhastighet ved Brattørløpet ved 8,2 m



Figur C3.14 Strømretning ved Brattørløpet ved 8,2 m



Figur C3.15 Rosegraf for strømretning ved Brattørløpet ved 8,2 m

Vedlegg D - Nyhavna

Innhold

D1 Tverrsnittareal	2
D2 Strømretning inn og ut av Kanalen	2
D3 Figurer	2
D3.1 1 m	2
D3.2 3 m	4
D3.3 5 m	5
D3.4 7 m	7

D1 Tverrsnittareal

Bredden anslås til å være 130 meter bredt.

Gjennomsnittsdybden anslås til 8,6 meter dypt (middelvann: LAT + 1,6 m).

Det gir et tverrsnittsareal på 1 118 m². Tverrsnittsarealet deles i 2 i utregningene, siden utløpet fra Nyhavna er de eneste stedet hvor det transporteres vann inn og hvor det transporteres vann ut. Det vil si at det antas at strømningsprofilene sørvest og nordøst i utløpet er ulike.

Det ble gjort målinger i 4 intervaller/måleceller.

D2 Strømretning inn og ut av Kanalen

Inndelingen av strømretning ble gjort som følgende:

1 og 3 m

Ut av havna: 0-60 grader og 240-360 grader

Inn i havna: 60-240 grader

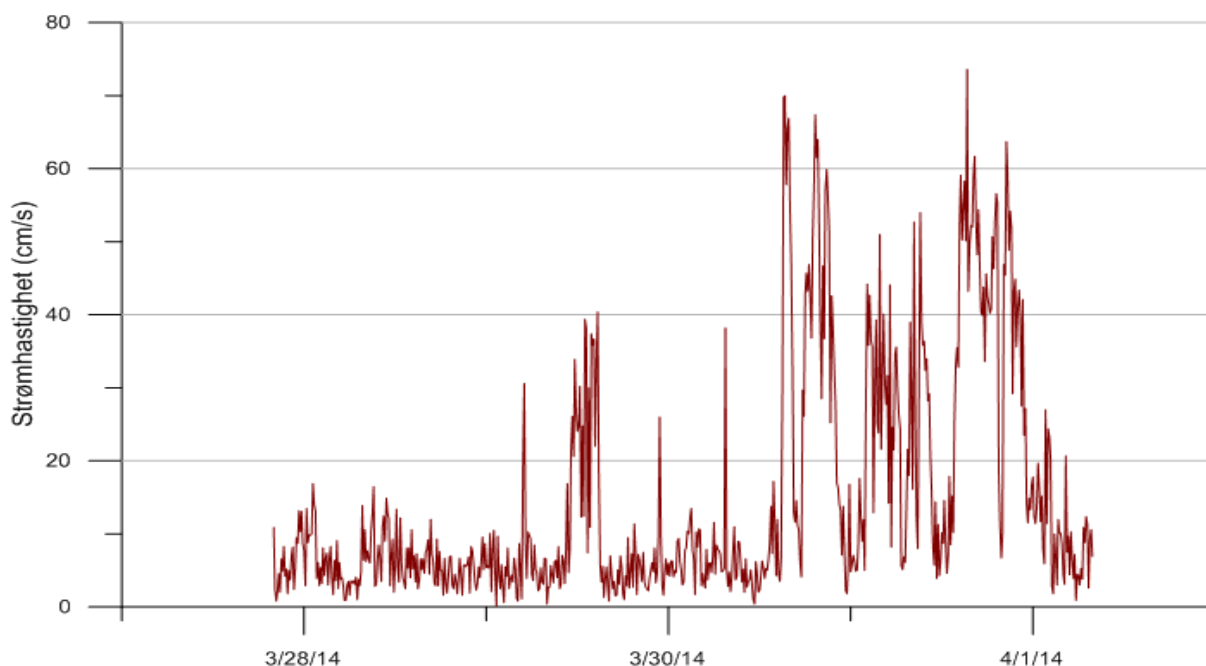
5 og 7 m

Ut av havna: 0-45 grader og 225-360 grader

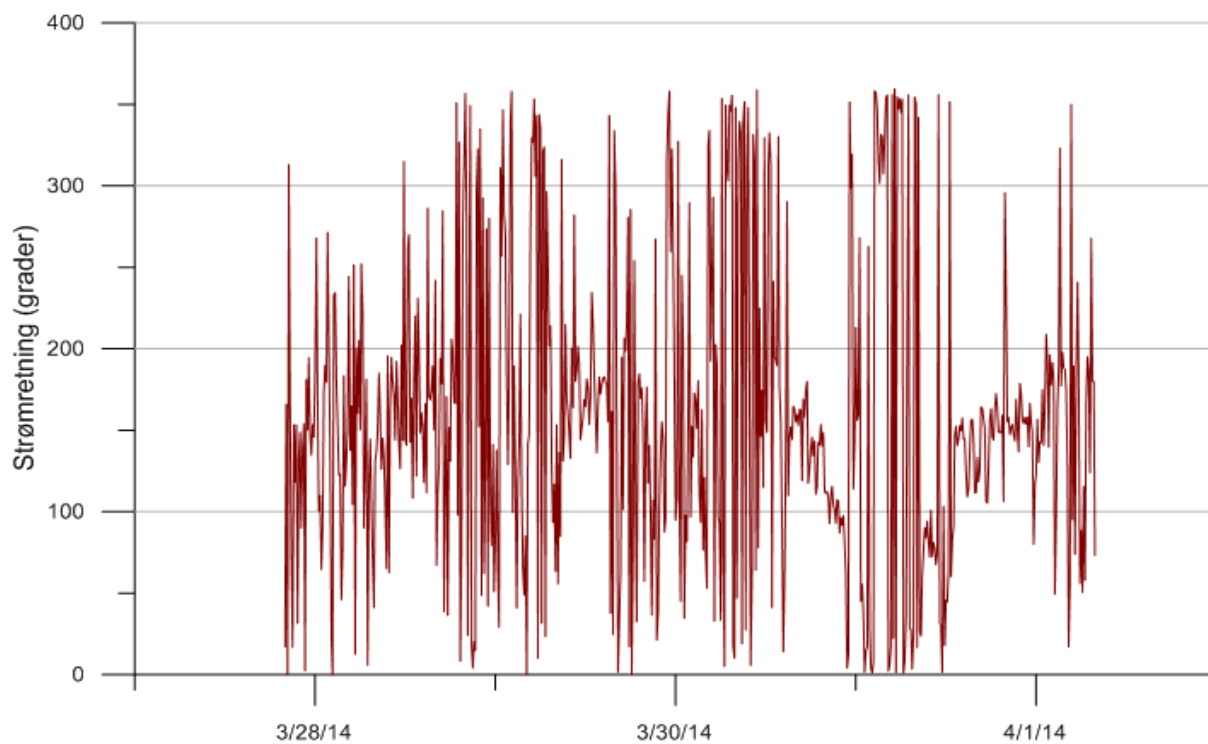
Inn i havna: 45-225 grader

D3 Figurer

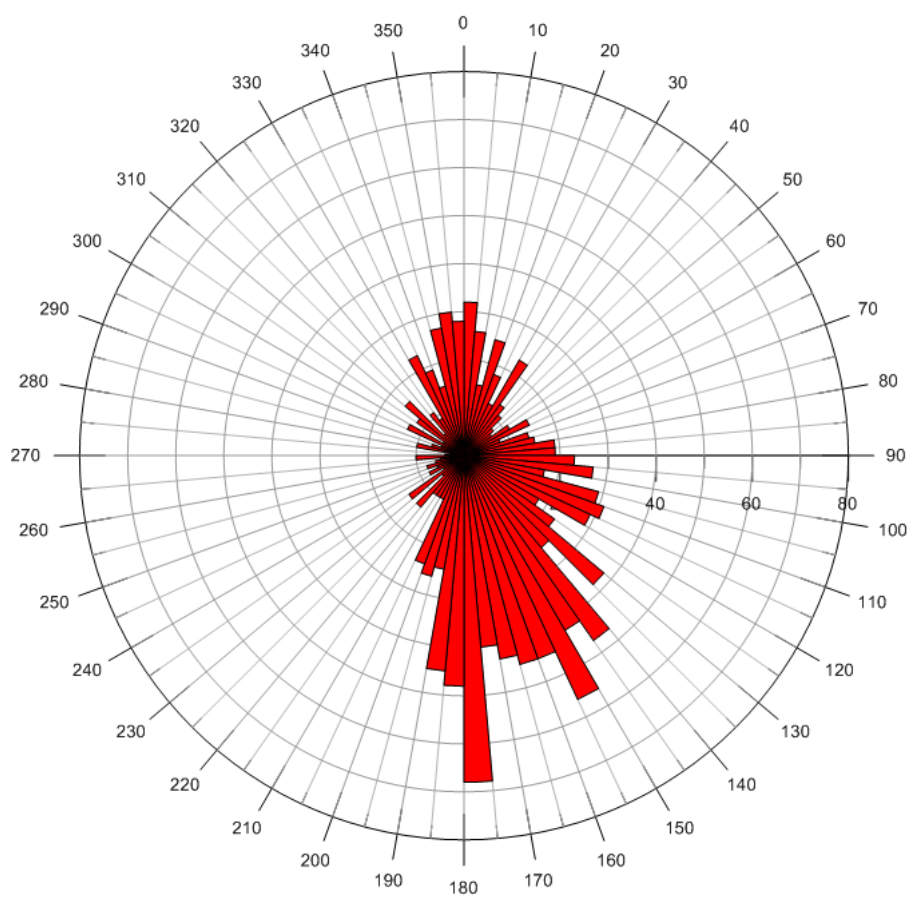
D3.1 1 m



Figur D3.1 Strømhastighet ved utløpet av Nyhavna ved 1 m

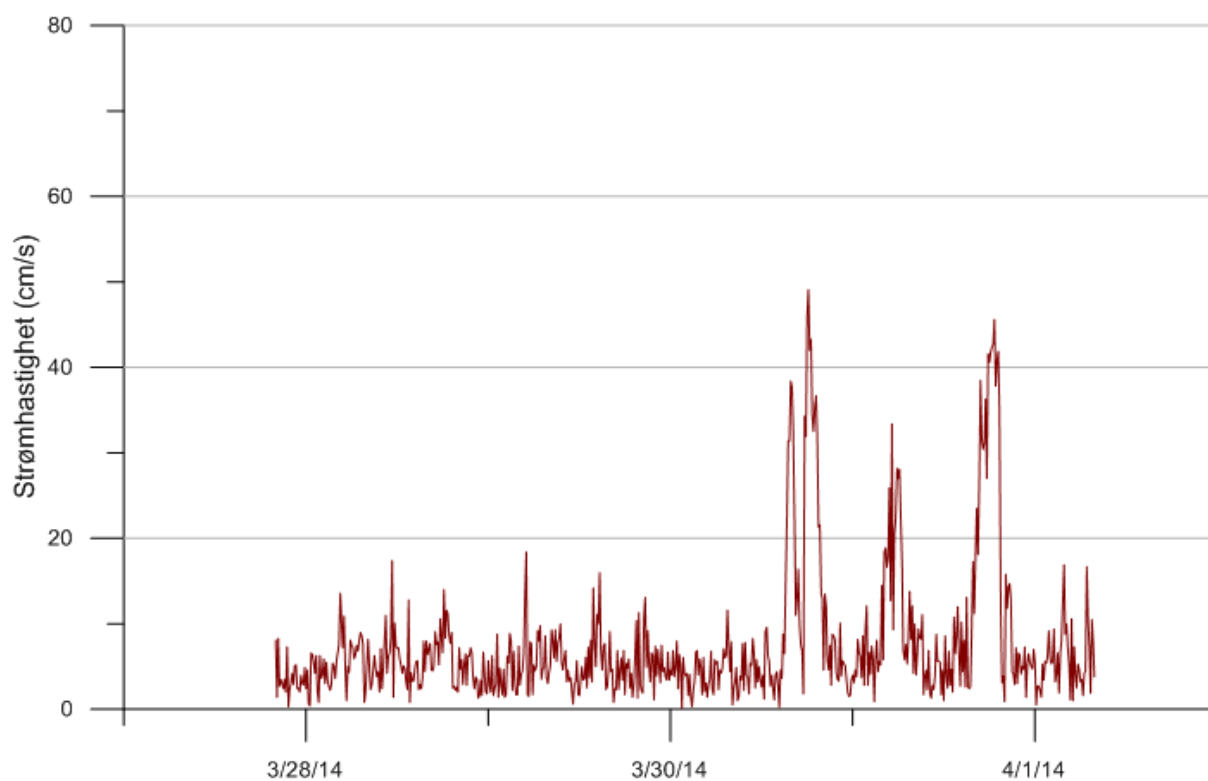


Figur D3.2 Strømretning ved utløpet av Nyhavna ved 1 m

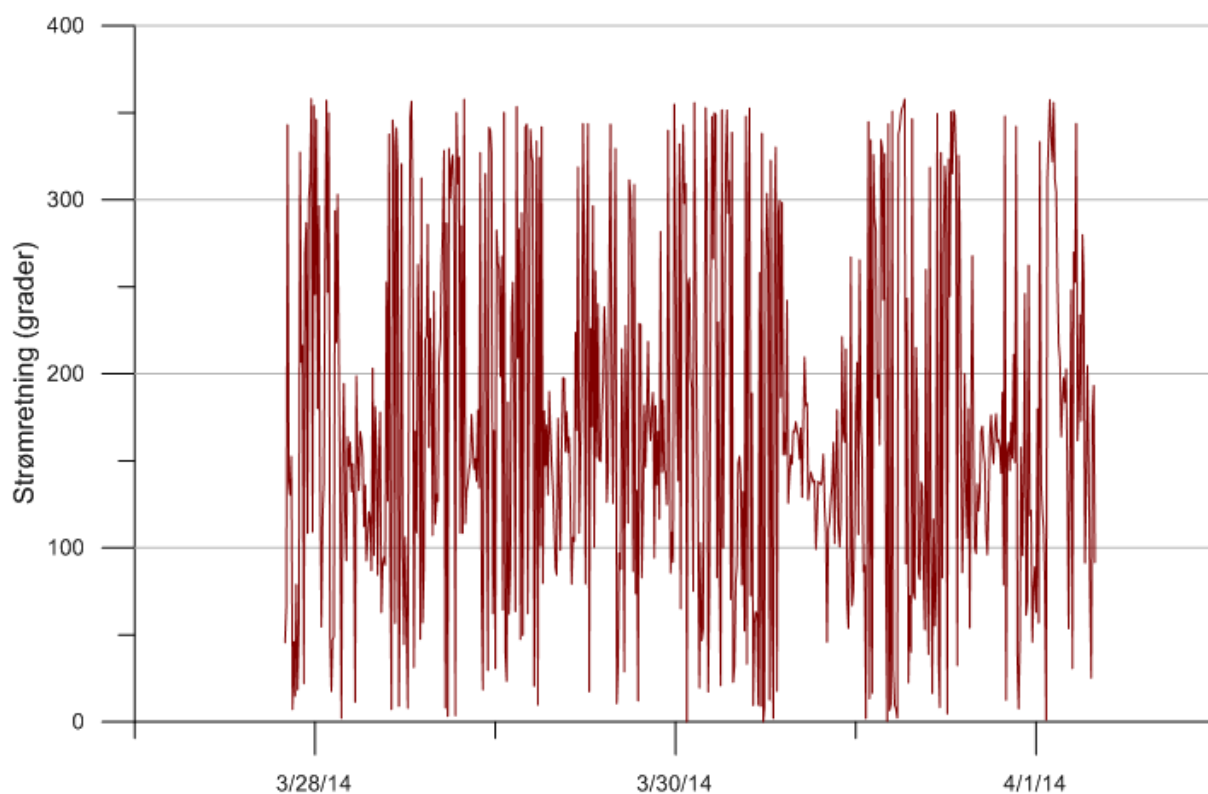


Figur D3.3 Rosegraf for strømretning ved utløpet av Nyhavna ved 1 m

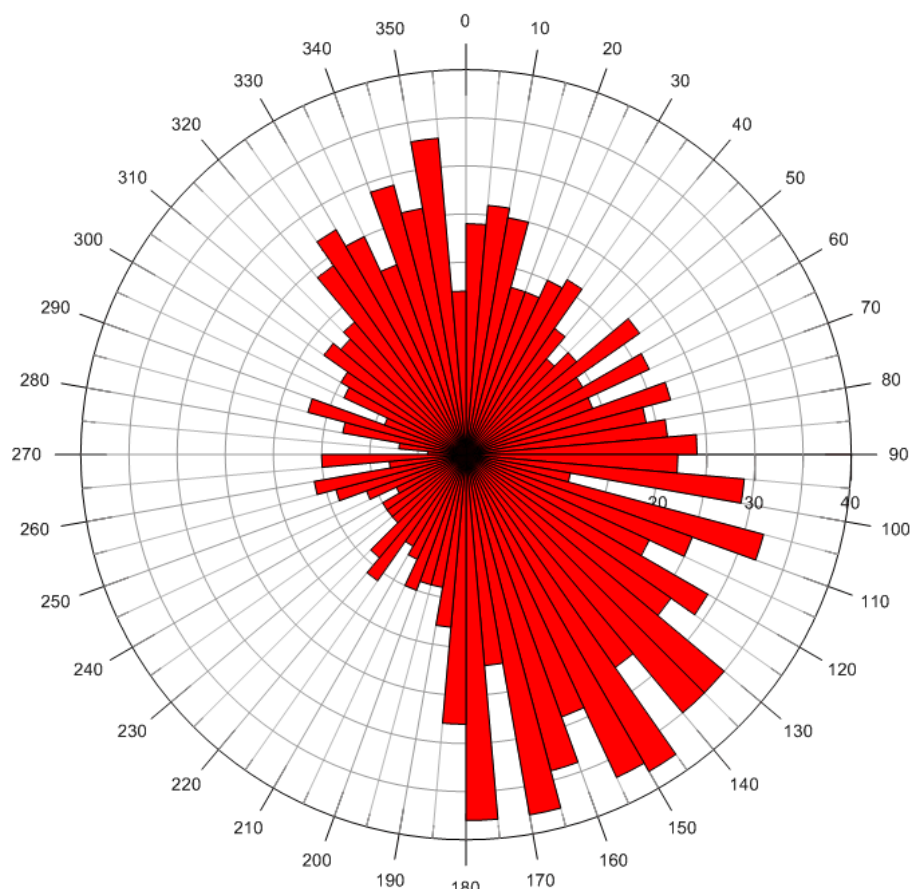
D3.2 3 m



Figur D3.4 Strømhastighet ved utløpet av Nyhavna ved 3 m

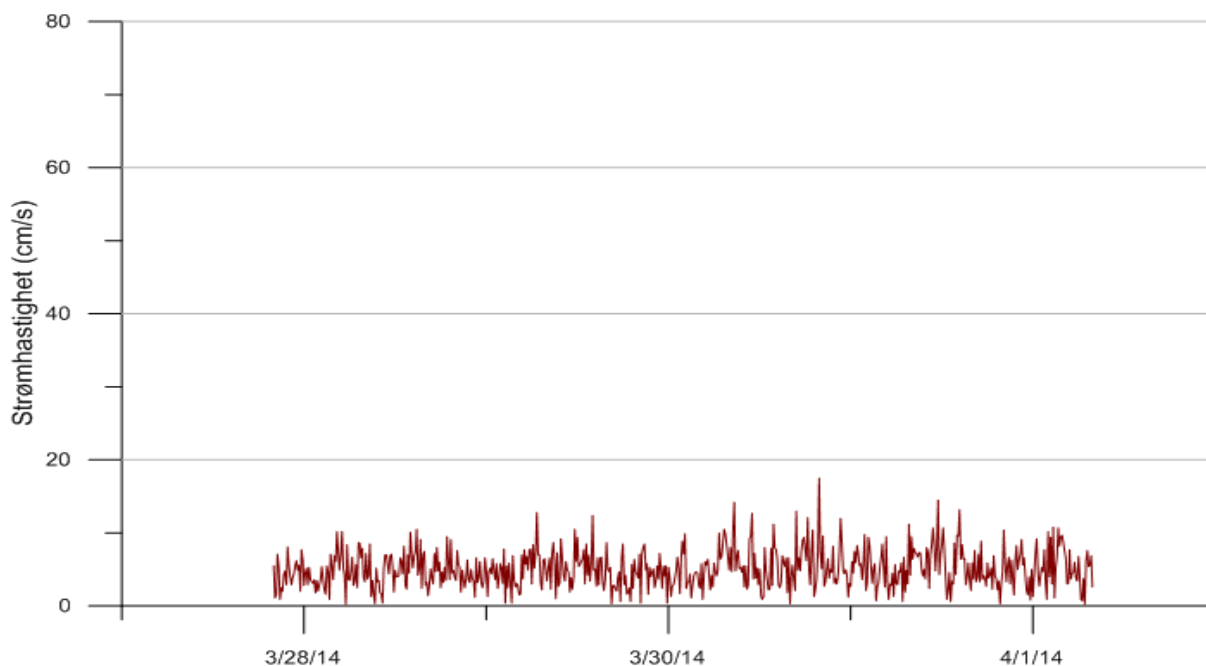


Figur D3.5 Strømretning ved utløpet av Nyhavna ved 3 m

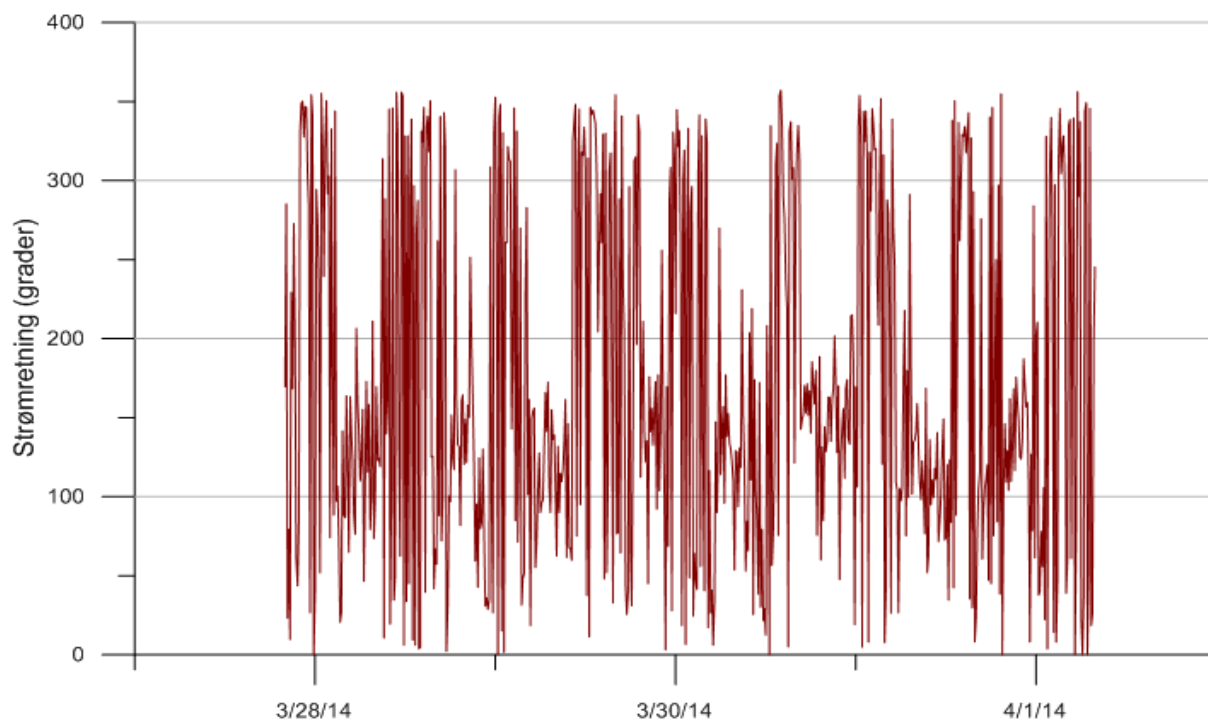


Figur D3.6 Rosegraf for strømretning ved utløpet av Nyhavn ved 3 m

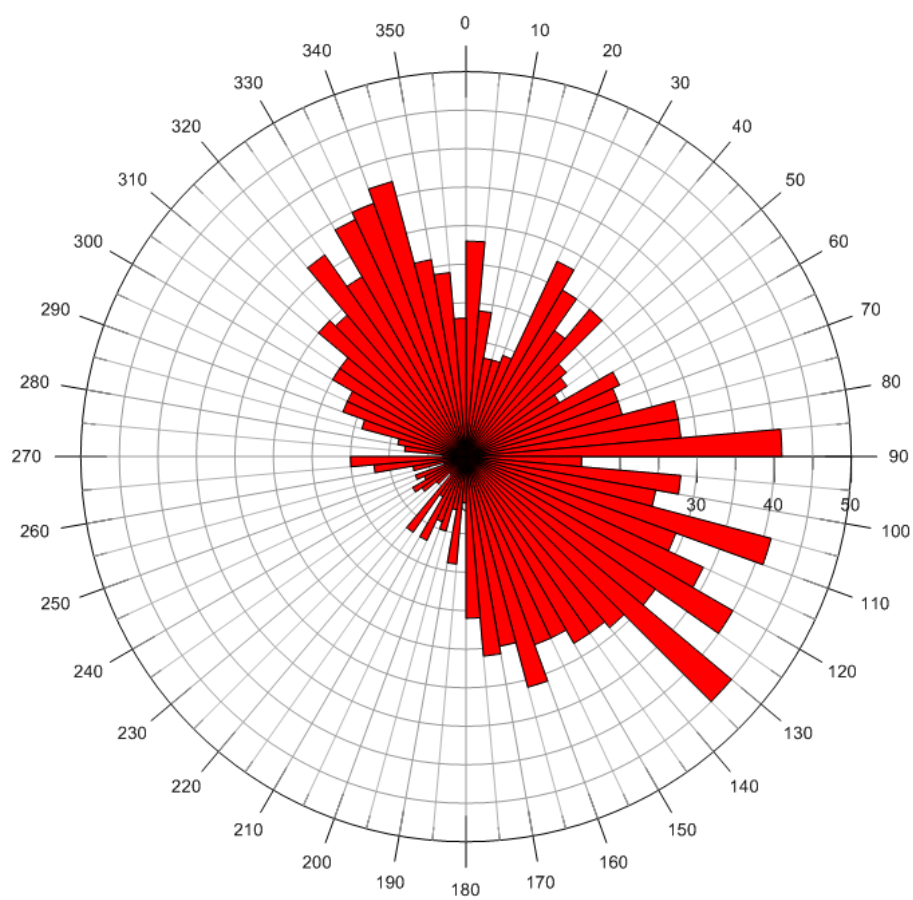
D3.3 5 m



Figur D3.7 Strømhastighet ved utløpet av Nyhavn ved 5 m

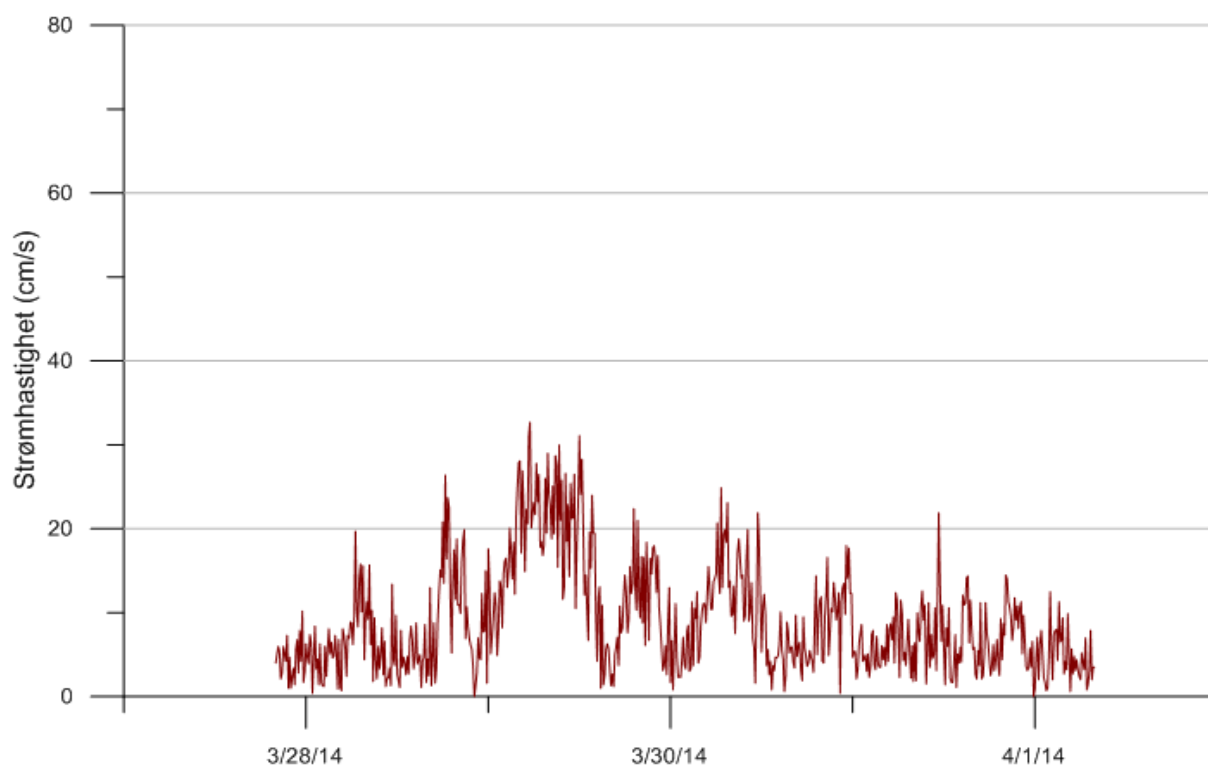


Figur D3.8 Strømretning ved utløpet av Nyhavna ved 5 m

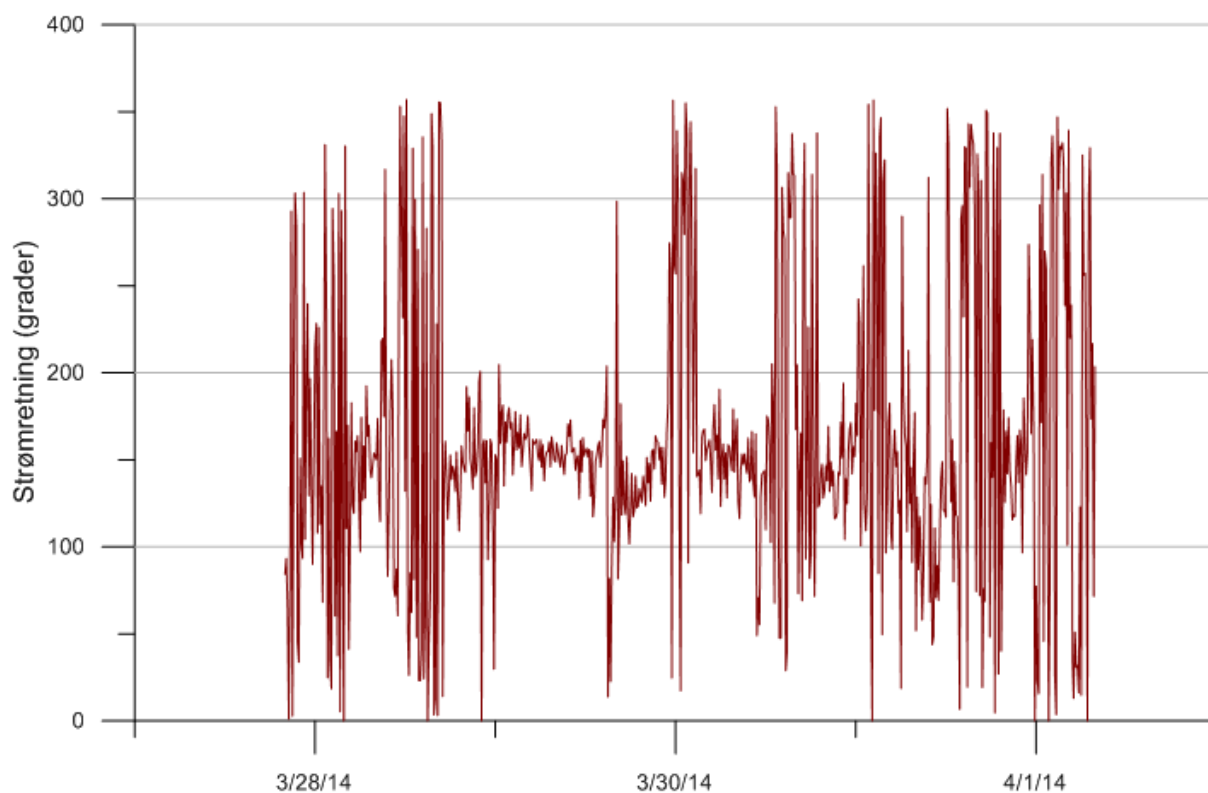


Figur D3.9 Rosegraf for strømretning ved utløpet av Nyhavna ved 5 m

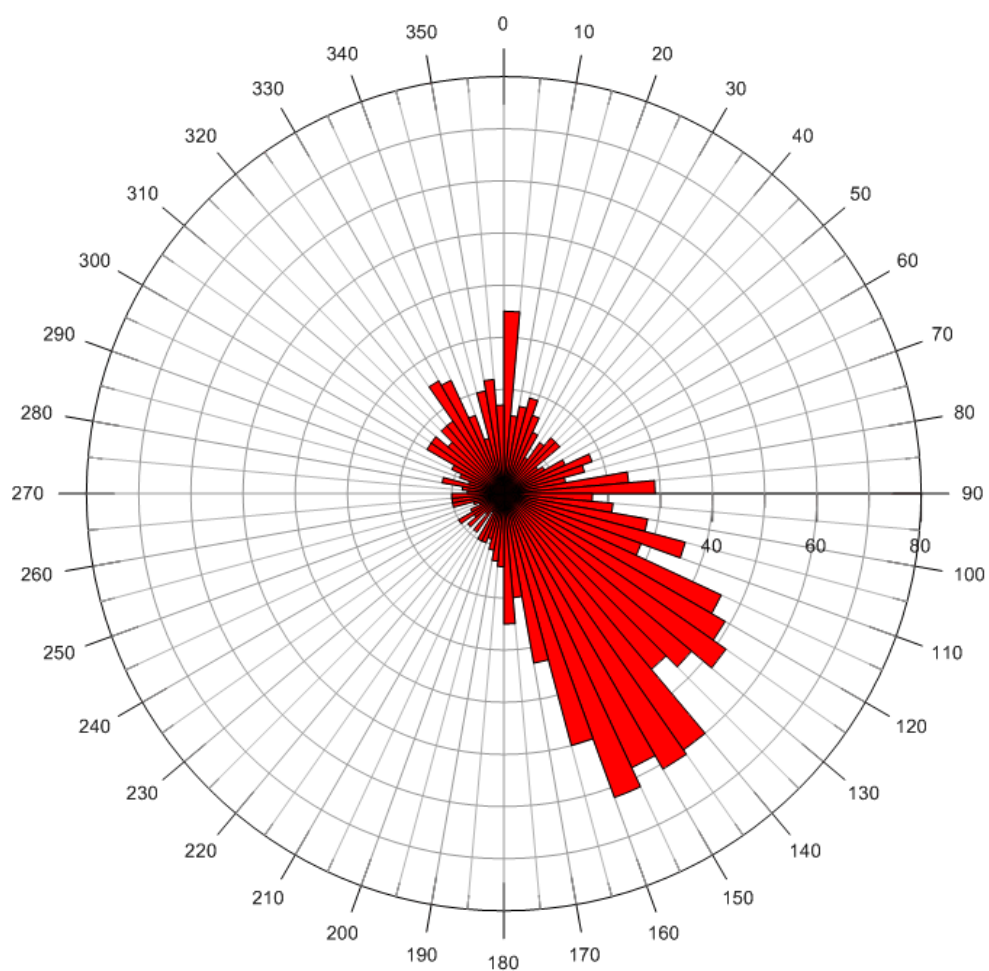
D3.4 7 m



Figur D3.10 Strømhastighet ved utløpet av Nyhavna ved 7 m



Figur D3.11 Strømretning ved utløpet av Nyhavna ved 7 m



Figur D3.12 Rosegraf for strømretning ved utløpet av Nyhavna ved 7 m

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information													
Dokumenttittel/Document title Strømmålinger – Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna						Dokumentnr./Document No. 20130339-05-TN							
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical Note		Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited				Dato/Date 2014-05-09							
						Rev.nr.&dato/Rev.No.&date 0							
Oppdragsgiver/Client Trondheim Kommune													
Emneord/Keywords Strømmålinger. Havn.													
Stedfesting/Geographical information													
Land, fylke/Country, County Norge, Sør-Trøndelag						Havområde/Offshore area							
Kommune/Municipality Trondheim						Felt navn/Field name							
Sted/Location Kanalene, Brattørbassenget og Nyhavna						Sted/Location							
Kartblad/Map						Felt, blokknr./Field, Block No.							
UTM-koordinater/UTM-coordinates													
Dokumentkontroll/Document control													
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001													
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision					Egen- kontroll/ Self review av/by:		Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:		Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:		Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:	
0	Originaldokument					AN	AN	GE/ MMo	HM				
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release						Dato/Date 9. mai 2014		Sign. Prosjektleder/Project Manager Mari Moseid					

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002.

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Sluppen
NO-7462 Trondheim
Norway

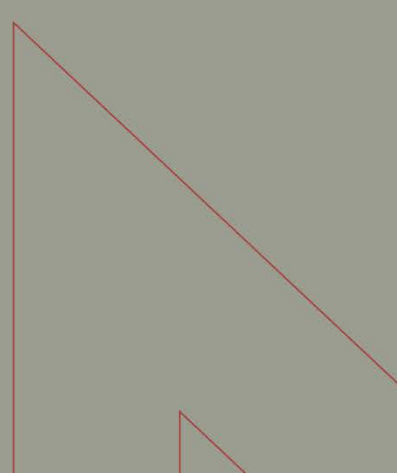
Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281/IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr/Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989



Vedlegg D - Miljøgiftsbudsjett

Innhold

D1 Innledning	2
D2 Metode for å beregne spredning	3
D2.1 Diffusjon fra sedimenter	3
D2.2 Oppvirvling fra båttrafikk	3
D2.3 Transport via organismer	4
D2.4 Oppvirvling under mudring	4
D2.5 Oppvirvling under utlegging av tildekkingslag	5
D2.6 Porevannsutpressing	5
D3 Forutsetninger for beregninger	6
D4 Styrende parametere for miljøbudsjett	6
D5 Spredning før tiltak	7
D5.1 Sedimentkonsentrasjon	7
D5.2 Porevannskonsentrasjon	8
D5.3 Beregnet spredning i risikovurderingen	9
D6 Spredning under tiltak	10
D6.1 Spredning under mudring og tildekking av sjøbunn	10
D6.2 Transport	11
D6.3 Spredning fra deponiløsning i Nyhavna	12
D6.4 Spredning fra tildekking i Ilsvika	12
D7 Spredning etter tiltak	13
D8 Miljøgevinst	14
D9 Konklusjon	17
D10 Referanser	17

D1 Innledning

I delområdene Ilsvika, Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er sedimentene klassifisert opp til Miljødirektoratets tilstandsklasse 5, svært dårlig. Det er beregnet en uakseptabel spredning fra sedimentene. I delområdene Brattørbassenget og Nyhavna er spredningen særlig knyttet til skipstrafikk pga propelloppvirvling. Tiltak i de fire delområdene gjennomføres for å redusere den pågående spredningen til et akseptabelt nivå.

For å vurdere miljøeffekten av de prosjekterte tiltakene er det utarbeidet et miljøbudsjett for tiltakene. Budsjettet omfatter beregning av effekt av tildekking i Ilsvika, mudring og tildekking i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna samt effekten av etablering av et deponi for mudremasser i Nyhavna. Miljøbudsjettet omfatter spredningsmekanismer som vil opptre før, under og etter tiltak i de områdene som det utføres tiltak i samt ved deponiløsningen i Nyhavna. De ulike spredningsveiene som er vurdert i miljøgiftsbudsjettet er gitt i Tabell D1.1.

Tabell D1.1: Spredningsveier som er vurdert i miljøgiftsbudsjettet

	Spredning før tiltak (nå-situasjonen)	Spredning under tiltaket (mudring, deponering og tildekking og)	Spredning etter tiltaket (mudrede og tildekkede områder inkludert avsluttet deponi)
Områder som skal mudres og tildekkes: Kanalent Brattørbassenget Nyhavna	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase • Oppvirvling av forurenset sediment pga skips-oppvirvling • Transport av forurensninger via organismer 	I tillegg til prosesser som før tiltak: <ul style="list-style-type: none"> • Oppvirvling av forurenset sediment ved mudring • Oppvirvling av sediment ved tildekking • Spredning ved porevannsutpressing • Spredning fra tildekkingsmasser 	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase
Område som skal tildekkes: Ilsvika	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase • Oppvirvling av forurenset sediment pga skips-oppvirvling • Transport av forurensninger via organismer 	I tillegg til prosesser som før tiltak: <ul style="list-style-type: none"> • Oppvirvling av sediment ved tildekking • Spredning ved porevannsutpressing • Spredning fra tildekkingsmasser 	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase
Deponi *: Nyhavna	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase • Oppvirvling av forurenset sediment pga skips-oppvirvling • Transport av forurensninger via organismer 	I tillegg til prosesser som før tiltak: <ul style="list-style-type: none"> • Oppvirvling av sediment ved deponering • Spredning ved porevannsutpressing • Oppvirvling av sediment ved tildekking • Spredning som følge av utett partikkelsperre • Spredning av forurensning løst i vann 	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase (sjøbunnsdeponi) • Strømning som følge av tidevannspåvirkning (strandkantdeponi) • Infiltrasjon av overflatevann/nedbør, vannløst forurensning (strandkantdeponi)

*Hentet fra Multiconsults risikovurdering, vedlegg 2.

D2 Metode for å beregne spredning

I de følgende kapitlene er formelverket for de ulike spredningsberegningene gjennomgått. Metodikken er basert på formelverket i Miljødirektoratets veileder for risikovurdering av sediment (TA 2802/2011) og Miljødirektoratets rapport: Utredning av muligheter, bruk av miljøbudsjett ved gjennomføring av tiltak i forurenset sjøbunn (TA 2804/2011).

D2.1 Diffusjon fra sedimenter

Spredning ved diffusjon fra sedimenter tar utgangspunkt i at forurensning vil bevege seg fra områder med høy konsentrasjon til områder med lav konsentrasjon. Transport via diffusjon er beregnet ved (TA 2802/2011):

$$F_{diff} = \frac{n}{\tau} \cdot a \cdot D_S \cdot \frac{C_{pv}}{\Delta x} \cdot 3,15 \cdot 10^8 \quad (1)$$

F_{diff} = Biodiffusjon (mg/m²/år)

n = porøsitet (0,7)

τ = tortuositet (krunglingsfaktor, 3)

a = faktor som diffusjonshastigheten økes med pga. bioturbasjon (standard er 10)

D_S = molekylærdiffusjonskoeffisient

C_{pv} = porevannskonsentrasjon (mg/l)

Δx = diffusjonslengde (cm).

Porevannskonsentrasjonen kan enten måles eller beregnes fra fordelingskoeffisienten (K_d), som vist i likning 2.

$$C_{pv} = C_{sed}/K_d \quad (2)$$

C_{pv} = porevannskonsentrasjonen av et stoff (mg/l)

C_{sed} = sedimentkonsentrasjonen av et stoff (mg/kg)

K_d = fordelingskoeffisient sediment/vann

D2.2 Oppvirvling fra båttrafikk

Propellaktivitet knyttet til skipstrafikk vil virvle opp sedimenter som så kan spres via vannfasen. Følgende formel er benyttet for beregning for skipsoppvirvling (TA2802/2011);

$$F_{skip} = 2 \cdot N_{skip} \cdot m_{sed} \cdot C_{sed} \cdot (f_{løst} + f_{susp}) / A_{skip} \quad (3)$$

F_{skip} = spredning som følge av skipstrafikk (mg/m²/år)

N_{skip} = antall skipsanløp pr. år

m_{sed} = mengde oppvirvlet sediment pr. anløp (kg)

C_{sed} = sediment konsentrasjon (mg/kg t.v.)

$f_{løst}$ = fraksjon løst stoff (10/ K_d)

f_{susp} = fraksjon suspendert materiale (partikler < 2 μ m)

A_{skip} = sedimentareal < 20 m dyp påvirket av skipstrafikk (m²)

Mengde oppvirvlet sediment før og under tiltak er hentet fra sjablongverdier justert med reell trasélengde (TA2802/2011).

D2.3 Transport via organismer

Spredning som følge av opptak i organismer og predasjon kan beregnes ut fra vevskonsentrasjon av miljøgifter i potensielle byttedyr og et estimat av hvor mye av denne bunndyrbiomassen som spises av predatorerne. Beregningene forutsetter at bunndyrbiomassen er tilnærmet konstant over tid.

$$F_{org} = \frac{C_{bio}}{OC_{cbio}} (OC_{sed} \cdot (1 - d) - OC_{resp}) \cdot \frac{1}{1000} \quad (4)$$

F_{org} = spredning som følge av opptak i organismer (mg/m²/år)

C_{bio} = vevskonsentrasjon i bunnfauna (mg/kg t.v., måles eller beregnes)

OC_{cbio} = mengde organisk karbon i bunnfauna biomasse (0,25 g/g t.v.)

OC_{sed} = organisk karbontilførsel til sedimentet utenfra (200 g/m²/år)

d = fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes (0,47 g/g)

OC_{resp} = organisk karbon omsatt (respirert) i sedimentet (31 g/m²/år)

Dersom det ikke foreligger målte vevskonsentrasjoner i bunnfauna kan denne beregnes som følger.

$$C_{bio} = \frac{C_{sed} \cdot BCF_{fisk}}{K_d} \quad (5)$$

C_{bio} = vevskonsentrasjon i bunnfauna (mg/kg t.v.)

C_{sed} = konsentrasjon i sediment (mg/kg t.v., måles)

BCF_{fisk} = biokonsentrasjonsfaktor vann/fisk (l/kg v.v., stoffavhengig)

K_d = fordelingskoeffisient sediment/vann (l/kg)

D2.4 Oppvirvling under mudring

Mudring av sedimenter vil føre til at en del av massene som håndteres vil bli suspendert i vannmassene ved mudringsriggen. Mengden suspendert materiale avhenger av type materiale, metode og utførelse. Resuspendert materiale er angitt som en fraksjon av mengden mudret masse. Etter resuspensjon vil de grovere partiklene sedimentere like ved mudringsfartøyet. Transporten vil derfor være dominert av finfraksjonen og løste forbindelser. Følgende generelle ligning kan da benyttes for beregning av spredning som følge av mudring (TA2804/2011):

$$F_{mudring} = \frac{m_{mudring} \cdot f_{mudring} \cdot C_{sed} \cdot (f_{løst} + f_{susp})}{A_{mudring}} \quad (6)$$

$F_{mudring}$ = spredning som følge av mudring (mg/m^2)

$m_{mudring}$ = mengde mudret sediment tørrvekt (kg)

$f_{mudring}$ = fraksjon av håndtert sediment som resuspenderes

C_{sed} = sedimentkonsentrasjon (mg/kg t.v. måles)

$f_{løst}$ = fraksjon løst, den delen av sedimentinnholdet som kan løse seg opp etter oppvirvling ($10/K_d$, stoffavhengig, eller fra utlekkingstest ved $L/S=10$)

f_{susp} = fraksjon suspendert (sedimentfraksjon $< 2\mu\text{m}$, måles)

$A_{mudring}$ = totalt sedimentareal som mudres (m^2)

D2.5 Oppvirvling under utlegging av tildekkingslag

Utlegging av rene masser på forurenset sjøbunn vil kunne medføre noe oppvirvling av forurenset sediment. Erfaringen viser imidlertid at spredningen vil være veldig begrenset ved konsolidert leire og sandige masser. Ved utlegging av tildekkingslaget i flere omganger vil evt innblanding skje i første laget som siden blir dekket til under andregangs utlegging av rene masser. Ved høyt vanninnhold og lav egenvekt vil denne prosessen kunne bidra til spredning som følge av fortregning av masser. Derfor er bidraget estimert for tildekking av deponiet for mudremasser, beskrevet i vedlegg B.

D2.6 Porevannsutpressing

Under konsolideringsfasen etter utfylling av masser i deponi på sjøbunnen, vil porevannet fra opprinnelig, forurenset sjøbunn presses ut på grunn av økt belastning. Likeledes vil det under tildekkingen av forurensete sedimenter presses ut porevann fra opprinnelig, forurenset sjøbunn på grunn av økt belastning. Spredning via porevann under utfylling og tildekking kan beregnes som vist i likning 7.

$$F_{porevann} = C_{pv} \times V_{pv} \quad (7)$$

$F_{porevann}$ = Spredning via porevann (mg)

C_{pv} = porevannskonsentrasjon (mg/l)

V_{pv} = volumet porevann som presses ut (m^3)

Porevannskonsentrasjonen kan enten måles eller beregnes som vist i likning 2. Volum porevann beregnes ut fra arealet påvirket av setninger og størrelsen på setningene:

$$V_{pv} = A_{pv} \times h_{setning} \quad (8)$$

V_{pv} = volumet porevann som presses ut (m^3)

A_{pv} = arealet påvirket av setninger (m^2)

$h_{setning}$ = setning (m)

D3 Forutsetninger for beregninger

Følgende forutsetninger ligger til grunn for beregninger i miljøbudsjettet:

- Sedimentprøver fra hele arealet for de aktuelle delområdene er brukt i spredningsvurderinger. Gjennomsnittsverdier vurderes som representativ for forurensningsforholdene i havna og er brukt for sediment-konsentrasjonen i miljøgiftsbudsjettet. Dette fordi forurensningsnivået i tiltaksområdene er forholdsvis jevnt fordelt.
- Lokale forhøyede verdier (Hot spots) som kvikksølv (Hg) i Kanalen inngår ikke som styrende parameter i budsjettet, da kvikksølv- konsentrasjoner ikke er representativ for mudremassene generelt i Kanalen. Kvikksølv er påvist i dypere prøver som ligger utenfor områder som skal mudres.
- Målte porevannskonsentrasjoner er brukt i beregningene før, under og etter tiltak. Dette gir stedsspesifikke K_d -verdier.
- Ved beregning av spredning under mudring, er det antatt at oppvirvlingen vil være sammenlignbar med den oppvirvlingen som oppstår ved skipsanløp, ref kapittel 4.3 i TA 2804/2011 (KLIF, 2011b).
- Spredningen slik sedimentene ligger i dag er antatt å være konstant over tid. I virkeligheten vil de forurensede sedimentene gradvis dekkes til som følge av ny sedimentasjon. Kvaliteten på nytt sediment vil styre den fremtidige spredningen. Denne endringen i spredning er vanskelig å estimere, men en antagelse om konstant spredning vil gi en konservativ spredningsberegning.
- Anleggsperioden er antatt å være totalt 16 måneder og hele anleggsperioden er brukt som grunnlag for å vurdere spredning i anleggsperioden for hvert av delområdene. Tentativ plan viser estimerer ca 4 måneder mudring med på følgende tildekking i Kanalen. Det samme gjelder for Brattørbassenget. I Nyhavna vil deponiet være i drift hele anleggsperioden på ca 16 månededer. I Ilsvika er det estimert 4-5 måneder anleggstid.
- Spredningsberegninger er utført i Miljødirektorates beregningsverktøy for forurensede sedimenter, TA 2802/2011, med dets stoffdata.

D4 Styrende parametere for miljøbudsjett

I miljøbudsjettet er det hovedfokus på de stoffer som har en gjennomsnittskonsentrasjon høyere enn tilstandsklasse 3 for å vurdere miljøeffekt. Tiltakene vil også ha en positiv effekt på de øvrige stoffene, men de vil ikke være styrende for tiltaket. Styrende parametere for de ulike delområdene er gitt i Tabell D4.1. Kobber er ikke en styrende parameter for tiltakene i Brattørbassenget, men er likevel tatt med i budsjettet da det samlede budsjettet gjelder for alle de tre tiltaksområdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna.

Tabell D4.1 Styrende parametere for tiltak i Kanalen, Brattørbassenget, Nyhavna og Ilsvika

Sted	Styrende parameter
Kanalen	PAH og kobber (Cu)
Brattørbassenget	PAH
Nyhavna	PAH og kobber (Cu)
Ilsvika	Bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn)

D5 Spredning før tiltak

D5.1 Sedimentkonsentrasjon

Sedimentene i tiltaksområdene er analysert for tungmetaller, PAH, PCB og TBT (NGI, 2011). Gjennomsnittskonsentrasjoner for hvert av delområdene er hentet fra overflateprøver i risikovurderinger utført i tiltaksplanarbeidet (NGI, 2011). For mudrearbeider er gjennomsnittskonsentrasjoner av både overflateprøver og kjerneprøver brukt for å beregne forventet innhold i mudre masser (Tabell D3). Gjennomsnittskonsentrasjoner for tildekkingsområdene i Ilsvika er hentet fra overflateprøver og er gitt i Tabell D5.2. Konsentrasjoner er klassifisert i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for sediment (SFT, 2008). Snittkonsentrasjoner for styrende parametere er gitt for hvert delområde og anses å være representativ for mudremassene i de ulike delområdene. Det er gjort en oppdatering av risikovurderinger som dannet grunnlag for tiltaksplanarbeidet i 2011 (NGI/DNV, 2011) basert på supplerende målinger. Ny vurdering er utført i gjeldende beregningsverktøy.

Tabell D5.1 Gjennomsnittskonsentrasjoner for massene som skal mudres i hvert delområde

Område	PAH (Sum16) mg/kg	Kobber (Cu) mg/kg
Kanalen	12.8	63
Brattørbassenget	13.1	33
Nyhavna	14.3	208

Tabell D5.2 Gjennomsnittskonsentrasjoner for styrende parametere i overflatesedimenter i Ilsvika (nord og øst)

Område	Bly (Pb) mg/kg	Kobber (Cu) mg/kg	Sink (Zn) mg/kg
Ilsvika nord	739	1380	4370
Ilsvika øst	277	98	982
Gjennomsnitt	508	739	2676

D5.2 Porevannskonsentrasjon

Det er utført ristetester for å bestemme porevannskonsentrasjoner som benyttes i beregningene.

Tabell D5.3 Porevannskonsentrasjoner i sedimenter fra Brattørbassenget, Kanalen og Nyhavna

Prøvepunkt	PAH (Sum 16) µg/l	Kobber (Cu) µg/l
Brattørbassenget		
T14-4	0.18	2.61
T14-6	0.14	8.64
Snitt	0.16	5.63
Kanalen		
T14-8	0.31	0.50
145	0.40	0.50
146	0.14	0.50
Snitt	0.29	0.50
Nyhavna		
T14-1	0.20	0.50
T14-2	0.79	2.01
T14-3	0.62	1.03
157	5.50	0.50
189	2.67	0.50
Snitt	1.96	0.91

Tabell D5.4 Porevannskonsentrasjoner i sedimenter fra Ilsvika

Prøvepunkt	Bly (Pb) µg/l	Kobber (Cu) µg/l	Sink (Zn) µg/l
Ilsvika			
112	0.10	0.25	1.00
114	0.10	0.25	2.90
115	0.77	0.25	22.0
Snitt	0.32	0.25	8.63

D5.3 Beregnet spredning i risikovurderingen

Risikovurdering som beregner spredning fra forurensede sedimenter inkluderer spredning fra:

- Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase
- Transport av forurensninger via organismer
- Spredning av forurenset sediment pga skipsoppvirvling

Beregnet spredning i henhold til formelverket i D2 oppgitt i mg/m²/år er omregnet til spredning per delområde per år i Tabell D5.5 slik sedimentene ligger i dag.

Tabell D5.5 Beregnet spredning fra sedimenter for styrende parametere (g/år) i før tiltak i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna

Spredningsmekanisme	Kobber (Cu)	PAH (Sum 16)
Kanalen		
Diffusjon (g/år)	545	146
Skipsoppvirvling (g/år)	32334	4177
Transport via organismer (g/år)	4	62
Total spredning i Kanalen (g/år)	32883	4385
Brattørbassenget		
	*	
Diffusjon (g/år)	2366	63
Skipsoppvirvling (g/år)	5848	1155
Transport via organismer (g/år)	21	69
Total spredning i Brattørbassenget (g/år)	8235	1287
Nyhavna		
Diffusjon (g/år)	561	1231
Skipsoppvirvling (g/år)	76743	3182
Transport via organismer (g/år)	18	328
Total spredning i Nyhavna (g/år)	77322	4741

*Kobber er ikke styrende for Brattørbassenget. Beregning likevel tatt med for tilstand før tiltak.

I Ilsvika er det andre styrende parameter enn i mudreområdene se Tabell D5.6.

Tabell D5.6 Spredning fra Ilsvika før tiltak

Spredningsmekanisme	Bly (Pb)	Kobber (Cu)	Sink (Zn)
Diffusjon (g/år)	286	145	6101
Skipsoppvirvling (g/år)	2452	3811	13833
Transport via organismer (g/år)	9	31	365
Total spredning i Ilsvika (g/år)	2747	3987	20298

D6 Spredning under tiltak

Spredningen i tiltaksfasen for de ulike delområdene er oppsummert i Tabell D1. I tillegg til spredningsmekanismer kommer følgende mekanismer inn under tiltak i mudreområder:

- Oppvirvling av forurenset sediment pga. mudring
- Oppvirvling av sediment pga tildekking
- Spredning pga porevannsutpressing
- Spredning fra tildekkingsmasser

I Ilsvika hvor det kun skal dekkes til vil spredningsmekanismene under tiltak være tilnærmet lik mekanismer før tiltak.

Oppvirvling av sediment på grunn av tildekking og spredning av tildekkingsmasser er neglisjerbare mhp spredning av forurenset sediment.

D6.1 Spredning under mudring og tildekking av sjøbunn

Mudringsmetoden som ligger til grunn for miljøbudsjettet er mekanisk mudring. Det er anslått at oppvirvlingen grunnet mudring tilsvarer oppvirvling grunnet skipstrafikk før tiltak. I tillegg vil det trafikkere lekter som skal transportere mudringsmasser til deponiet i området. Mudringsmasser forutsettes fraktet med lekter til deponiområdet. Ved å benytte en lekter på 300 m³ vil det med et teoretisk mudrevolum på 60 000 m³ bli 200 lekterlass fordelt på de ulike delområdene. For beregning av spredning under tiltak er derfor disse lagt til dagens anløp. Beregnet spredning som følge av mudring er gitt i Tabell D6.1.

I delområdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna skal det legges ut et filterlag før det skal legges ut erosjonslag. Tildekkingsmaterialene skal legges ut i flere trinn. Ved utlegging av tildekkingslaget i flere omganger vil en innblanding av forurenset sjøbunn skje i det nederste laget som siden blir dekket til under andre gangs utlegging av rene masser. Oppvirvling av sjøbunn antas derfor å være neglisjerbar for de gjenværende masser etter mudring, uavhengig av type tildekkingsmasse.

Tildekking av konsoliderte sedimenter medfører liten setning ved tildekking av mektigheter opptil 65 cm. En konservativ vurdering med 10 cm setning er brukt for å beregne en mulig påvirkning. Porevannskonsentrasjonen benyttes for å beregne total mengde forurensning som presses ut av sedimentet som følge av porevannsutpressing og er gitt i Tabell D6.1.

Tabell D6.1 Beregnet spredning under gjennomføring av tiltak i mudre- og tildekkingsområder.

Spredningsmekanisme	Kobber (Cu)	PAH (Sum 16)
Kanalen		
Oppvirvling pga mudring (g)	1099	2
Porevannsutpressing pga tildekking (g)	10	2.9
Spredning som før tiltak i hele tiltaksperioden* (g)	43844	5846
Total spredning under tiltak i Kanalen (g)	44953	5852
Brattørbassenget		
	**	
Oppvirvling pga mudring (g)	49	0.3
Porevannsutpressing pga tildekking (g)	23	0.0
Spredning som før tiltak i hele tiltaksperioden*(g)	10980	1717
Total spredning under tiltak i Brattørbassenget (g)	11051	1717
Nyhavna		
Oppvirvling pga mudring i vestre basseng (g)	3049	0.6
Porevannsutpressing i vestre basseng (g)	8	19
Spredning som før tiltak i hele tiltaksperioden* (g)	103096	6322
Total spredning under mudring og tildekking i Nyhavna (g)	106153	6341

*16 måneder

** Kobber er ikke styrende for Brattørbassenget. Beregning likevel tatt med for tilstand under tiltak.

Tabell D6.2 Beregnet spredning i tildekkingsområdet, Ilsvika

Ilsvika	Bly	Kobber	Sink
Porevannsutpressing pga tildekking (g)	0.8	0.3	24
Spredning som før tiltak	2747	3987	20298
Total spredning under tiltak (g)	2748	3987	20323

D6.2 Transport

Søl under håndtering og transport av massene er ikke vurdert. Det vil stilles krav til at det ikke skal foregå søl i forbindelse med transport av forurensede masser fra mudreområdet til deponi.

D6.3 Spredning fra deponiløsning i Nyhavna

Deponiløsningen i Nyhavna har forutsatt en rekkefølge for arbeidet. En av forutsetningene er etablering av en robust partikkelsperre. Denne er plassert i området mellom østre og vestre basseng. Multiconsult har i sin risikovurdering for deponiet beregnet spredningen under etablering av deponiløsningen og beregnet spredningen fra innfylling i hele anleggsperioden. Mudring og tildekking innenfor partikkelsperren er også inkludert i beregningen. I miljøbudsjettet er kun spredningen av de styrende parametere for delområdet Nyhavna inkludert.

Tabell D6.3 Spredning av PAH og kobber fra deponeringsarbeider og arbeider innenfor siltgardin i Nyhavna

Spredningsmekanisme	Kobber (Cu)	PAH (Sum 16)
Spredning fra deponeringsarbeider og arbeider innenfor siltgardin i Nyhavna (g)	11802	2400

Metodikk for beregning er gitt i Multiconsults risikovurdering gitt i rapportens vedlegg B.

D6.4 Spredning fra tildekking i Ilsvika

I delområdet Ilsvika skal sedimentene kun tildekkes. Sjøbunnen skal tildekkes med 10 cm filterlag og spredningen fra tildekkingen anses dermed som neglisjerbar. Det er beregnet porevannsutpressing, men denne utgjør en liten andel av spredningen. Gjeldende spredningsmekanismer under tiltak blir da den pågående spredningen fra området slik det ligger i dag i hele anleggsperioden.

Tabell D6.4 Spredning under tildekking i Ilsvika.

Spredningsmekanisme	Bly (Pb)	Kobber (Cu)	Sink (Zn)
Spredning fra tiltak i Ilsvika (g)	2748	3987	20323

D7 Spredning etter tiltak

Etter at mudring, tildekking og deponering i tiltaksområdene er utført vil det, der det legges ut rene masser, oppnås tilstandsklasse 2 eller bedre i sedimentene. Den langsiktige kvaliteten av sjøbunnen vil være avhengig av nytt sedimenterende materiale. Tilførsler fra land kan på sikt føre til rekontaminering av tildekkingslaget. Ved normal urban avrenning vil det på sikt være realistisk med et tiltaks mål på tilstandsklasse 3. Beregnet spredning etter tiltak er gitt i Tabell D7.1 og D7.2.

Som grunnlag for beregning av tilstand etter tildekkingen er beregningsverktøyets sjablongverdier for diffusjonslengde (se likn. 1) endret fra 1 cm til hhv 30, 30 og 45 cm, tilsvarende tykkelse på filterlaget i tildekkingslaget i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna. I Ilsvika er diffusjonslengden satt til 10 cm.

For beregning av skipsoppvirvling etter tiltak er mengden oppvirvlet sediment per båtanløp (se likn. 3) satt lik 0 siden tildekkingen skal avsluttes med et erosjonslag som skal tåle propellstrøm. I Ilsvika forutsettes det at tildekkingslaget blir liggende i ro basert på uttesting i Pilottest i området (NGI, 2014 b).

Bioturbasjonen i opprinnelig sediment etter tiltak er antatt å være tilnærmet lik 0 pga mektigheten av filterlaget i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna. I Ilsvika forutsettes det at tildekkingslaget med 10 cm mektighet vil gi en bioturbasjon ned i opprinnelig sediment tilnærmet lik 0.

I Nyhavna er spredningen fra ferdig strandkantdeponi beregnet, se vedlegg B.

Tabell D7.1 Spredning etter tiltak i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna

Spredningsmekanisme	Kobber	Sum PAH
Kanalen		
Diffusjon (g/år)	18	5
Total spredning i Kanalen (g/år)	18	5
Brattørbassenget		
Diffusjon (g/år)	*	2
Total spredning i Brattørbassenget (g/år)	79	2
Nyhavna		
Diffusjon (g/år)	12	27
Spredning fra deponi (g/år)	168	129
Total spredning i Nyhavna (g/år)	180	156

** Kobber er ikke styrende for Brattørbassenget. Beregning likevel tatt med for tilstand etter tiltak.

Tabell D7.2 Spredning etter tildekking av sedimenter i Ilsvika

Spredningsmekanisme	Bly	Kobber	Sink
Diffusjon (g/år)	29	14	610
Total spredning i Ilsvika (g/år)	29	14	610

D8 Miljøgevinst

Ved å sammenligne spredning før tiltak mot tilstand etter tiltak gir det for kobber og PAH en forbedring på mer enn 90 % i tiltaksområdene. Under tiltaksfasen øker imidlertid belastningen, men reduksjonen i etter-tilstanden er imidlertid så stor at denne spredning "tjenes inn igjen" på relativt kort tid, ca 2 år (Figur D8.1 og Figur D8.2).

I Tabell D8.1 er en sammenstilling av spredning fra før, under og etter tiltak for delområdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna presentert. Tiltak med tildekking med rene masser gir tilstandsklasse 2 etter tiltak. På lang sikt vil dette være styrt av kvaliteten på det nydannede sedimentet på toppen av tildekkingslaget.

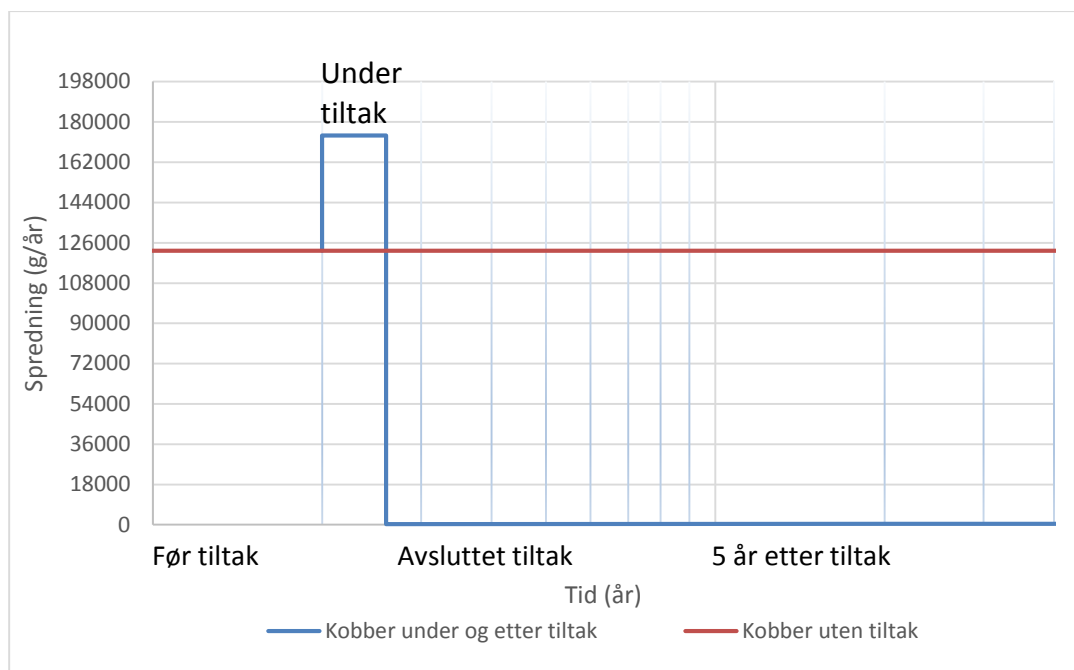
Tabell D8.1 Sammenstilling av spredning fra før, under og etter tiltak med tildekking av rene masser

Spredning før, under og etter tiltak		Kobber	Sum PAH
Spredning før tiltak			
Spredning fra sedimenter i Kanalen	(g/år)	32883	4385
Spredning fra sedimenter i Brattørbassenget	(g/år)	8235	1287
Spredning fra sedimenter i Nyhavna	(g/år)	77322	4741
Sum spredning før tiltak	(g/år)	121610	11046
Spredning under tiltak			
Spredning under tiltak i Kanalen*	g	44953	5852
Spredning under tiltak i Brattørbassenget*	g	11051	1717
Spredning under tiltak i Nyhavna*	g	106153	6342
Spredning under tiltak i deponiområdet i Nyhavna inkl. deponering (Spredning ut av partikkelsperre)	g	11802	2400
Sum spredning under tiltak (anleggsperioden)	g	173655	16310
Spredning etter tiltak			
Spredning fra sedimenter i Kanalen etter tiltak	(g/år)	18	5
Spredning fra sedimenter i Brattørbassenget etter tiltak	(g/år)	79	2
Spredning fra sedimenter i Nyhavna etter tiltak	(g/år)	12	27
Spredning fra Strandkantdeponi i Nyhavna etter tiltak	(g/år)	168	129
Sum spredning etter tiltak fra tildekkingsområder og deponi	(g/år)	277	163

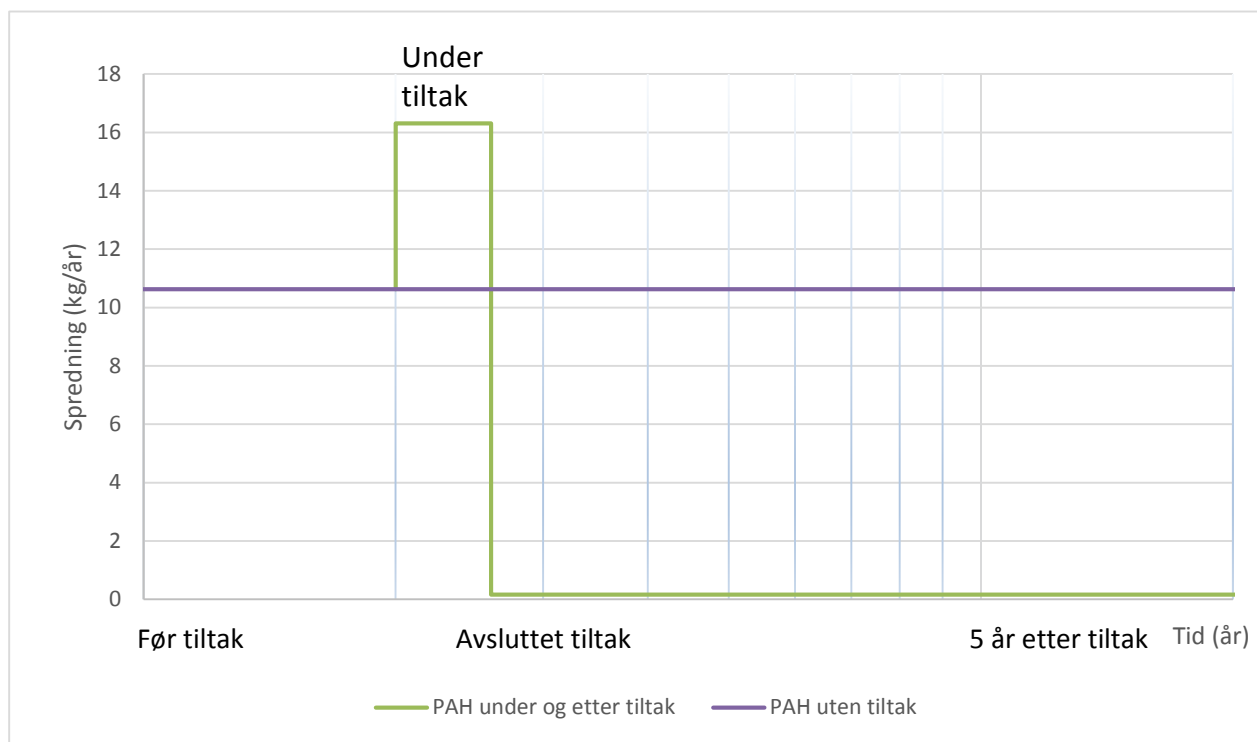
*Inkludert andelen spredning fra før tiltak som pågår i hele tildekkingsperioden, utgjør ca 70 %.

De fysiske tiltakene mot spredning (erosjonstiltak) har stor betydning for mengde stoff som spres fra sedimentene som følge av propelloppvirvling.

Den beregnede forbedringen på 90 % eller mer i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna samt hvor lang tid det vil ta for å ta igjen tilleggsspredningen under tiltak er presentert i Figur D8.1 og Figur D8.2.



Figur D8.1 Spredning av kobber i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna før, under og etter tiltak. Oppstart tiltak ved $t=1$.



Figur D8.2 Spredning av PAH i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna før, under og etter tiltak. Oppstart tiltak ved $t=1$.

Beregnet spredning under tiltak i Ilsvika vil være tilnærmet lik før tiltak, da andre spredningsveier gir minimal påvirkning under tiltak. En sammenstilling av spredning før, under og etter tildekking i Ilsvika er gitt i Tabell D8.2.

Tabell D8.2 Sammenstilling av spredning fra før tiltak, under og etter tiltak med tildekking av rene masser

Spredningsmekanisme		Bly	Kobber	Sink
Sum spredning ved før tiltak	(g/år)	2747	3987	20298
Spredning under tiltak i Ilsvika	g	2748	3987	20323
Spredning etter tiltak i Ilsvika	(g/år)	29	14	610

D9 Konklusjon

I delområdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er gjennomsnittskonsentrasjoner for PAH og kobber (Cu) i sediment klassifisert som tilstandsklasse 4. I Brattørbassenget er gjennomsnittskonsentrasjonen for PAH klassifisert som tilstandsklasse 4. I Ilsvika er gjennomsnittskonsentrasjoner av bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn) klassifisert som tilstandsklasse 4 eller høyere. Disse parameterne er styrende for måloppnåelse av tiltakene som skal gjennomføres i de ulike delområdene. TBT har gjennomsnittskonsentrasjoner i klasse 4 og 5 men TBT er ikke alene styrende for tiltak og er derfor ikke inkludert i miljøbudsjettet.

Det skjer en spredning fra sedimentene som styres av diffusjon, skipstrafikk og spredning via organismer. Denne spredningen pågår helt fram til tiltakene er avsluttet, dvs områdene er ferdig mudret og tildekket. Gjennomføring av tiltakene vil medføre en økt spredning knyttet til oppvirvling under mudring og innfylling i deponi. Deponiløsningen har forutsatt etablering av en partikkelsperre som avbøtende tiltak mot spredning i anleggsfasen.

Effekten av miljøtiltaket måles ved å se på forholdet mellom spredning før og etter tiltak inkludert tilleggsspredning under tiltaksgjennomføringen. Da kan man beregne hvor lang tid det tar å ta igjen tilleggsspredningen som ble tilført miljøet i anleggsperioden. Inntjeningstiden for tiltakene i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er mindre enn 2 år for PAH og kobber. For tiltakene i Ilsvika er den beregnede effekten positiv med en gang tiltakene er utført.

Ut ifra de beregninger og betraktninger som er utført, viser miljøbudsjettet at mudring og tildekking av forurensete sedimenter i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna, inkludert etablering av deponiløsning i Nyhavna samt tildekking av sjøbunn i Ilsvika kan gi en positiv miljøeffekt med mer enn 90 % forbedring sammenliknet med før tiltak.

D10 Referanser

KLIF, 2012

Veileder Risikovurdering av forurenset sediment. TA2802/2011. Miljødirektoratet, Oslo, august 2012.

KLIF, 2011

Utredning av muligheter. Bruk av miljøgiftsbudsjett ved gjennomføring av tiltak i forurenset sjøbunn. TA 2804/2011. Miljødirektoratet, Oslo, juni 2011

SFT, 2008

Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA2229/2007. Oslo, februar 2008.



MC, 2014

Renere havn, Trondheim. Deponi Nyhavna. Miljøriskovurdering. Rapport 415566-RIGm-RAP-003. 29.april 2014.

NGI, 2014b

Pilottest tynntildekking. Sluttrapport. Rapport 20120405-04-R.

NGI, 2014a

Renere havn. Prosjektering av tiltak. Forprosjekt. Rapport 20130339-02-R. 31.januar 2014.

NGI, 2011

Helhetlig tiltaksplan. Helhetlig tiltaksplan for Trondheim havnebasseng. Delrapport 1B: Risikovurdering. Rapport nr 20081794-00-52-R.

NGI/DNV, 2011

Helhetlig tiltaksplan. Helhetlig tiltaksplan for Trondheim havnebasseng. Delrapport 4: Tiltaksplan. Rapport nr 20081794-00-62-R.

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information													
Dokumenttittel/Document title Renere havn – Tiltaksbeskrivelse for søknad om tillatelse til tiltak i forurensete sedimenter.						Dokumentnr./Document No. 20130339-03-R							
Dokumenttype/Type of document Rapport/Report			Distribusjon/Distribution Fri/Unlimited			Dato/Date 9. mai 2014		Rev.nr.&dato/Rev.No.&date 1, 30. mai 2014					
Oppdragsgiver/Client Trondheim kommune													
Emneord/Keywords Forurenset sediment, mudring, tildekking, overvåking													
Stedfesting/Geographical information													
Land, fylke/Country, County Norge						Havområde/Offshore area							
Kommune/Municipality Trondheim kommune						Felt navn/Field name							
Sted/Location Trondheim havn						Sted/Location							
Kartblad/Map						Felt, blokknr./Field, Block No.							
UTM-koordinater/UTM-coordinates													
Dokumentkontroll/Document control													
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001													
Rev./Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision					Egenkontroll/ Self review av/by:		Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:		Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:		Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:	
0	Originaldokument					MMo		GBr/ MKv					
1	Gjennomgang med Miljødirektoratet					MMo	<i>MMo</i>	GBr/ MKv	<i>GBr</i>	<i>Mkv</i>			
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release				Dato/Date 30. mai 2014		Sign. jektleder/Project Manager Mari Moseid <i>Mari Moseid</i>							

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002.

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281 / IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989

