

Til: Statsforvalteren i Agder
Fra: Norconsult
Sted, dato: Kristiansand, 2023-06-16
Kopi til:

► Endringer i strømforhold og sirkulasjon som følge av utfylling i Bukkevika

1 Hensikt

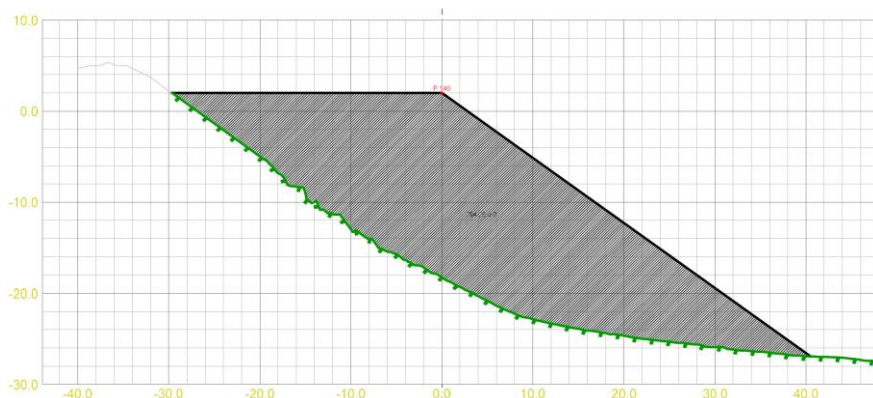
I forbindelse med en større kaiutvikling i Bukkevika ved Eydehavn i Tromøysund i Arendal planlegges det utfylling i sjø. Tiltaket krever tillatelse fra miljømyndighet. Søknad er utarbeidet basert på utførte miljøtekniske undersøkelser for å avdekke potensiell forurensning. Statsforvalteren i Agder har i tillegg bedt om en vurdering av hvordan utfyllingen påvirker strømforholdene i området. I dette notatet blir det gjort vurderinger av hvordan utfyllingene vil påvirke strømforhold og sirkulasjon i nærområdet og overordnet sirkulasjon i Tromøysund og Galtesund.

2 Grunnlag

Figur 1 gir en oversikt over utfyllingen. Figur 2 viser et snitt på tvers nær den bredeste delen av utfyllingen. Utfyllingen vil gå ned til nesten 30 m dyp på det dypeste.

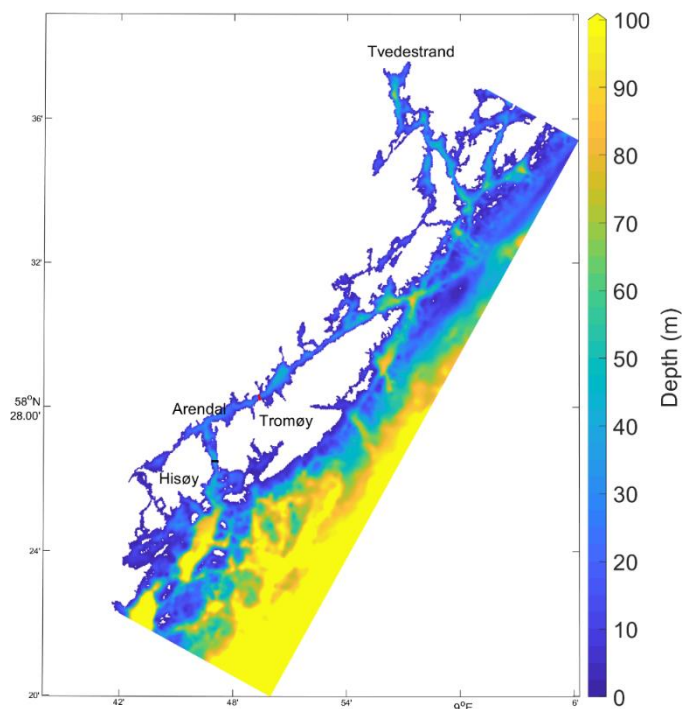


Figur 1: Oversiktstegning av planlagt utfylling. I området farget med mørk oransje går utfylling til 2 m over overflaten, mens lys oransje viser skråfylling. Den stiplede linjen går på tvers av Tromøysund omtrent der tverrsnitts-arealet av utfyllingen er størst.



Figur 2: Tverrsnitt av utfylling nær den bredeste delen av utfyllingen.

I tillegg til informasjon om endringer i batymetrien som følge av utfylling, benyttes resultater fra den hydrodynamiske modellen NorFjords til vurderinger og illustrasjon av den overordnede sirkulasjonen i området. NorFjords er spesielt utviklet av Havforskningsinstituttet (HI) i samarbeid med Meteorologisk institutt for å simulere strøm og hydrografi i kystområder og fjorder. For Arendalsområdet er NorFjords satt opp med 32 m horisontal oppløsning (høyeste tilgjengelige oppløsning) og 35 vertikale lag dekker vannsøylen fra overflaten til bunnen (Figur 2 viser modellområdet). Simulering er gjort for hele 2018. Strømdataene analysert og brukt til figurene i dette dokumentet er hentet fra HIs resultatarkiv. Modellen er evaluert mot målinger i en rekke kyst og fjordområder og viser god overenstemmelse i tid og rom de fleste steder (Asplin, et al., 2020; Dalsøren, et al., 2020)



Figur 3: Modellområde for NorFjords i Arendal og omegn inkludert bunndybder i modellen. Rød og sort linje viser snittene brukt i figur 3-5.

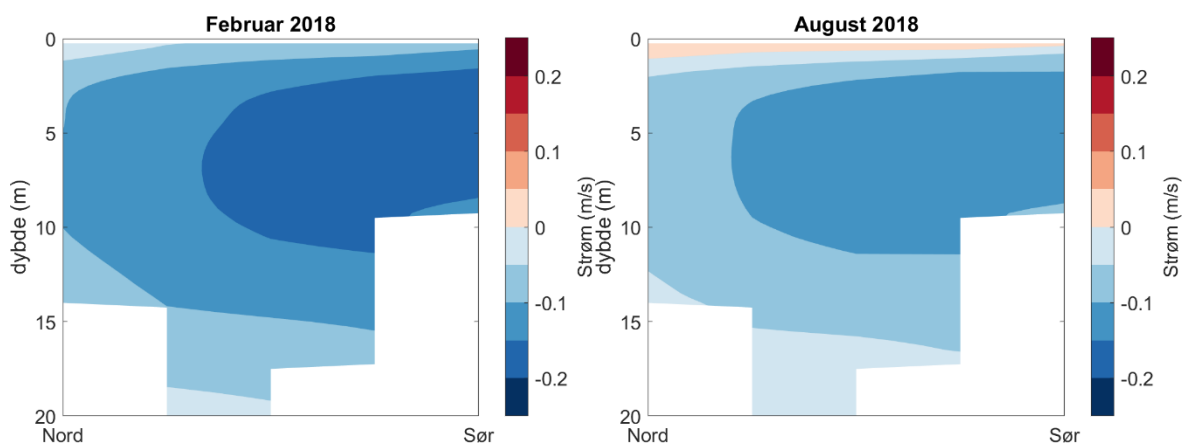
3 Sirkulasjonen og strømforhold

Tromøysund og Galtesund utgjør innseilingsledene til Arendal by fra hhv. nordøst og sørøst. Tromøysund er ca. 12 km og strekker seg fra Arendal by til nordøstre enden av Tromøy (Figur 3). Langs sundet er det flere bassenger med dyp på 30-50 m og mellomliggende terskler på omkring 20 m dybde. Galtesund er drøyt 2 km langt og ligger mellom Tromøy og Hisøy. Galtesund har en terskel på omkring 25 m. Innenfor terskelen er det et dypbasseng med dybder over 50 m. I vest har sjøområdet ved Arendal by forbindelse til utløpet av Nidelva (på innsiden av Hisøy).

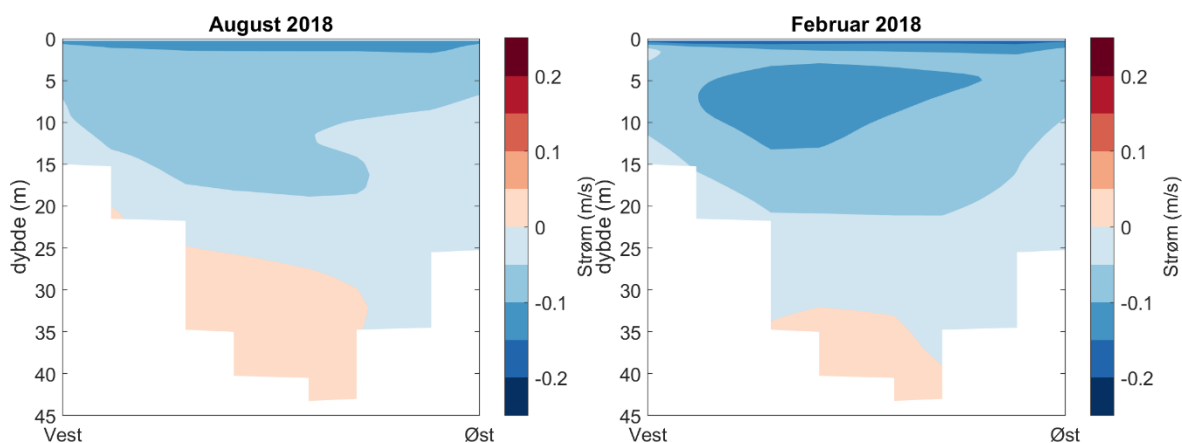
Overflatestrømmen går i hovedsak fra øst til vest i Tromøysund og mot sør i Galtesund (Figur 4-5, Norconsult 2021a-b, NIVA og Havforskningsinstituttet 2012, Dahl og Danielsen 1986). Indre deler av sundene tilføres ferskvann fra Nidelva innenfor Hisøy. Normalt passerer elvevannet ut Galtesund, men ved stor vannføring og/eller sterkt vind-pådriv fra vest-sydvest kan det også gå en overflatestrøm med ferskt vann østover i Tromøysund (Figur 4-høyre, NIVA og Havforskningsinstituttet 2012). Ved Eydehavn påvirkes også overflatestrømmen av mer lokale tilsig fra elver og bekker i nærheten. Under overflatelaget (øverste 1-3 meterne), ned til terskelnivå (de intermedieære vannmassene), er middelstrømmen i Tromøysund fra øst mot vest (Figur 4, Norconsult 2021a) med maksimum strømhastighet i modellen på 5-10m dybde (Figur 4). I Galtesund er det strøm sørover mesteparten av tiden med unntak av i de dype vannlagene som har strøm i motsatt retning (Figur 5, Norconsult 2021a-b).

Figur 4 og 5 er representative for det overordnede bildet (eksempler på typiske månedsmidler) men det er verdt å merke seg at det er betydelige variasjoner i retning og strømhastighet på kortere tidsskalaer. Eksempelvis er det i Galtesund perioder med netto-strøm nordover (dvs. innstrømming) (Figur 6) selv om middelstrømmen over en måned er motsatt (Figur 5). Den høye korrelasjonen i volumflukser (Figur 6) tyder på gjennomgående strømsignal: Eksempelvis, gir strøm inn Tromøysund østfra utstrømming sørover i Galtesund. Vannmengden ut Galtesund er i slike tilfeller noe større (Figur 6) som følge av tilførsel av ferskvann fra Nidelva.

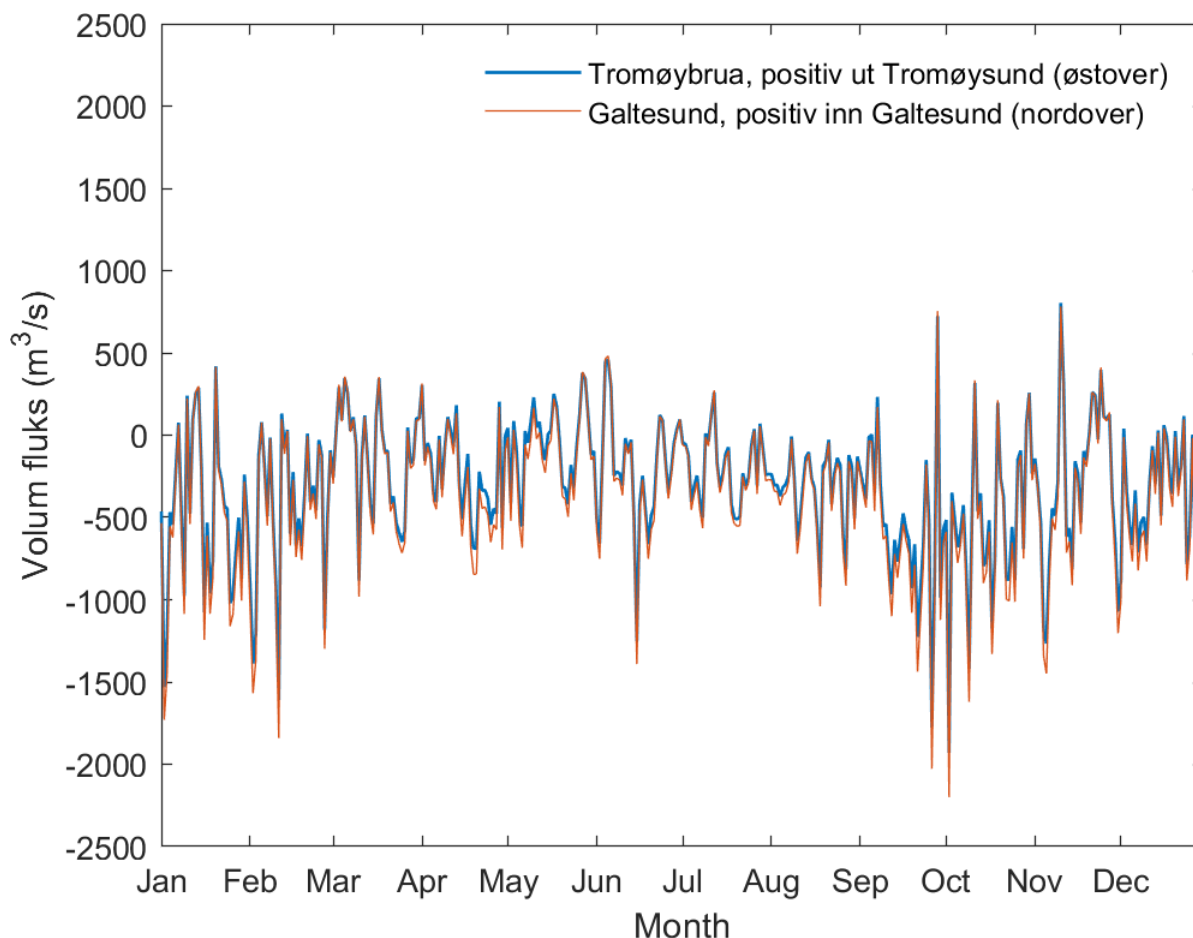
Det gjennomgående strømsignalet og tidligere studier (NIVA og Havforskningsinstituttet 2012, Dahl og Danielsen 1986) viser at det hovedsakelig er god vannutskifting i vannmassene i Tromøysund og Galtesund, men i noen av dypbassengene er det stagnerende forhold og periodevise lave oksygenkonsentrasjoner (Norconsult, 2022; Dahl & Danielsen, 1986). I dypbassengene er strømhastighetene lave og retningen mer varierende (Norconsult 2021a-b).



Figur 4: Strømkomponent på tvers av nord-sør snitt (rød linje, Figur 1) ved Tromøybrua i Tromøysund. Positive verdier betyr strøm mot øst og negative mot vest. Venstre: Månedsmiddel februar 2018. Høyre: Månedsmiddel august 2018.



Figur 5: Strømkomponent på tvers av vest-østsnitt (sort linje, Figur 1) i Galtesund. Positive verdier betyr strøm mot nord og negative strøm mot sør. Venstre: Månedsmiddel februar. Høyre: Månedsmiddel august.



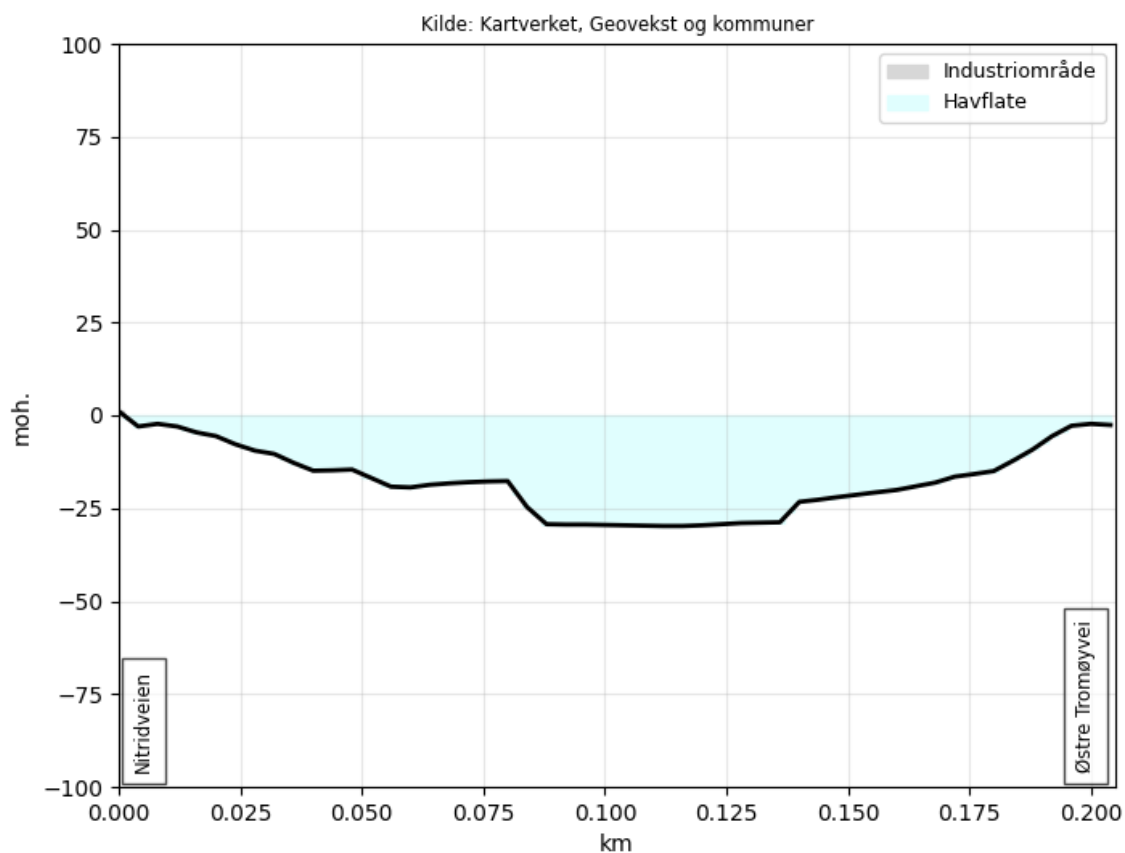
Figur 6: Volumfluks på tvers av snittene vist i Figur 3.

4 Effekt av utfylling på sirkulasjon og strømforhold

Tiltaket kan gi endringer i friksjon som leder vannstrømmen i litt andre retninger enn for nå-situasjonen. Dette kan resultere i lokale endringer i virvler og strømmønstre i umiddelbar nærhet til utfyllingen. Utslag av dette er vanskelig å vurdere uten detaljert modellering, men i det videre er det antatt at effekten har liten innvirkning på gjennomstrømmingen i Tromøysund og at denne er mest påvirket av storskala ytre drivkrefter. Ferskvannsavrenning, vind, variasjon i Kyststrømmen, trykkgradienter og tidevannet er de viktigste drivkreftene for sirkulasjonen av vannmassene i Tromøysund og de endres ikke som følge av utfylling. Det betyr eksempelvis at kystvann som strømmer inn mot utfyllingsområdene vil ha tilnærmet samme hastighet før og etter utfylling. Siden drivkreftene og den trangeste delen av sundet ikke endres (vil fremdeles være ca. 170 m sørvest for utfyllingsområdet (Norconsult, 2021a)) er det rimelig å anta at volumstrømmen i Tromøysund er tilnærmet lik før og etter utfyllingen. Når volumstrømmen (strømhastighet x tverrsnittareal) ikke endres og tverrsnittet av sundet innskrenkes vil strømfarten gjennom området øke.

Det er i området der tverrsnitts-arealet av utfyllingen er størst (stiplet linje i Figur 1) at man får den største relative endringen av sundets tverrsnitts-areal. Basert på tverrsnitts-arealer av sundet der for nå-situasjonen og etter utfylling er det gjort anslag av maksimal endring i gjennomsnittlig strømfart som følge av utfylling. Tverrsnitts-profilen for nå-situasjonen er vist i Figur 7. Basert på figuren (detaljerte bunntopografi data foreligger ikke og må søkes om da det er gradert materiale) er tverrsnitts-arealet beregnet å være ca. 4400

m². Tverrsnittet av utfyllingen er på det største 833 m². Anslaget blir derfor en maksimal økning i gjennomsnittlig strømfart på ca. 19 %. Økningen i strømfart er såpass moderat at den vurderes til å ha liten innvirkning på marint naturmiljø og manøvrering med skip. Den vil være begrenset til tverrsnittet av Tromøysund der utfyllingen skjer og området noen ti- til hundretalls meter nedstrøms. Den overordnede sirkulasjonen og vannutvekslingen i Tromøysund og Galtesund (beskrevet i kap. 3) forventes å være uendret.



Figur 7: Dybdeprofil for tverrsnitt (stiplet linje i Figur 1) over Tromøysund før utfylling. Figur er hentet fra norgeskart.no.

5 Referanser

Asplin, L., Albretsen, J., Johnsen, I. A. & Sandvik, A. D., 2020. The hydrodynamic foundation for salmon lice modeling along the Norwegian coast. *Ocean Dynamics*, 70(10.1007/s10236-020-01378-0).

Dahl, F. E. & Danielsen, D. S., 1986. *Resipientundersøkelser i Arendalsområdet i perioden 1975-79*, Flødevigen, Arendal: Flødevigen Meldinger nr. 5.

Dalsøren, S. B., Albretsen, J. & Asplin, L., 2020. New validation method for hydrodynamic fjord models applied in the Hardangerfjord, Norway. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 246(<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107028>).

NIVA, 2012. *Undersøkelse av sjøområdene i Arendal kommune 2011-2012. Tilstanden i havneområdene og ved utslippsstedene for kommunalt avløpsvann*, Grimstad: NIVA, Rapport L.NR. 6445-2012.

Norconsult, 2021a. *Vurderinger av endringer i strømforhold som følge av utdypinger i skipsledene i Tromøysund og Galtesund*, Dokumentnr.: 52102613, RIM07.

Norconsult, 2021b. *Strømmålinger Arendal Innseiling 52102613*, Dokumentnr.: 52102613, RIM05.

Norconsult, 2022. *Kjølevann fra Tromøysundet til Eyde Energipark via Krøgenes. Rapport forprosjekt 1000 m³/h. Rørtrase Tromøysund Eyde Energipark*, Sandvika: Norconsult.