

Oppdragsgjevar: **Vestland Fylkeskommune**
Oppdragsnr.: **5204856** Dokumentnr.: **STRØM-01**

Til: Vestland Fylkeskommune v/Ingar Hals
Frå: Arne E Lothe
Dato 2021-12-09

► STRAUMENDRINGAR I ESEFJORDEN

ENDRINGAR I STRAUMTILHØVE

Beskrivelse

Esefjorden er en etter forholdene liten arm av Sognefjorden, se Figur 1. Fjorden er orientert ca. 120° - 300°, og er ca. 4 km lang. Typiske dybder er ca. 15 m i ytre del, og ca. 5 m i indre del.

To elver renner ut i fjorden, Yglelvi i fjord-botnen og Eselvi som renner ut ca. midtveis i fjorden på SV-sida.

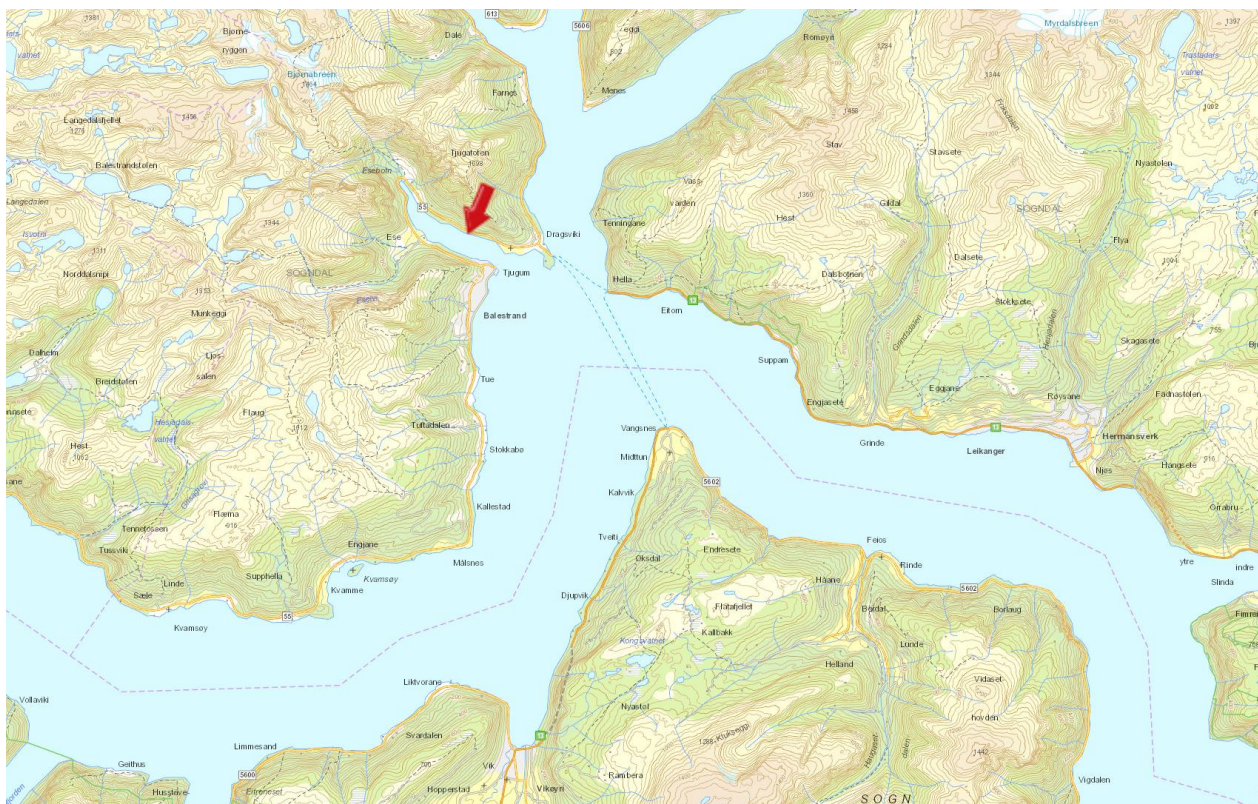
Strømmen i Sognefjorden er tidevannsdominert i dypere lag, men kan være dominert av et fersk/brakkvannslag i overflaten. Overflatelaget vil ha retning ut fjorden (mot vest).

Strømmen i Sognefjorden er en vekslende tidevannstrøm som drives av tidevannet, og er rettet innover fjorden ved stigende sjø, og utover ved fallende sjø. Nærmeste standardhavn er Bergen. Kartverket opplyser at tidevannet har en høydekorreksjonsfaktor på 1.12 i Høyanger og 1.15 i Flåm og Årdalstangen. Man kan anta at en faktor i samme størrelse er gyldig for Esefjorden.

For vurdering av strømforhold og utskifting av vannmasser i fjorden er jevnlig forekommende tilfeller av tidevann og strøm mest relevant. Kartverket opplyser at Høyeste og Laveste Astronomiske Tidevann, henholdsvis HAT og LAT, er +99 cm og -109 cm relativt til middelvann. Det gir en tidevannsamplitude på i størrelse 1.0 m.

Ved stigende sjø vil vannet strømme inn gjennom munningen til Esefjorden og stige i fjorden inntil det synker igjen når sjøen faller.

Oppdragsgiver: Vestland Fylkeskommune
Oppdragsnr.: 5204856 Dokumentnr. STRØM-01

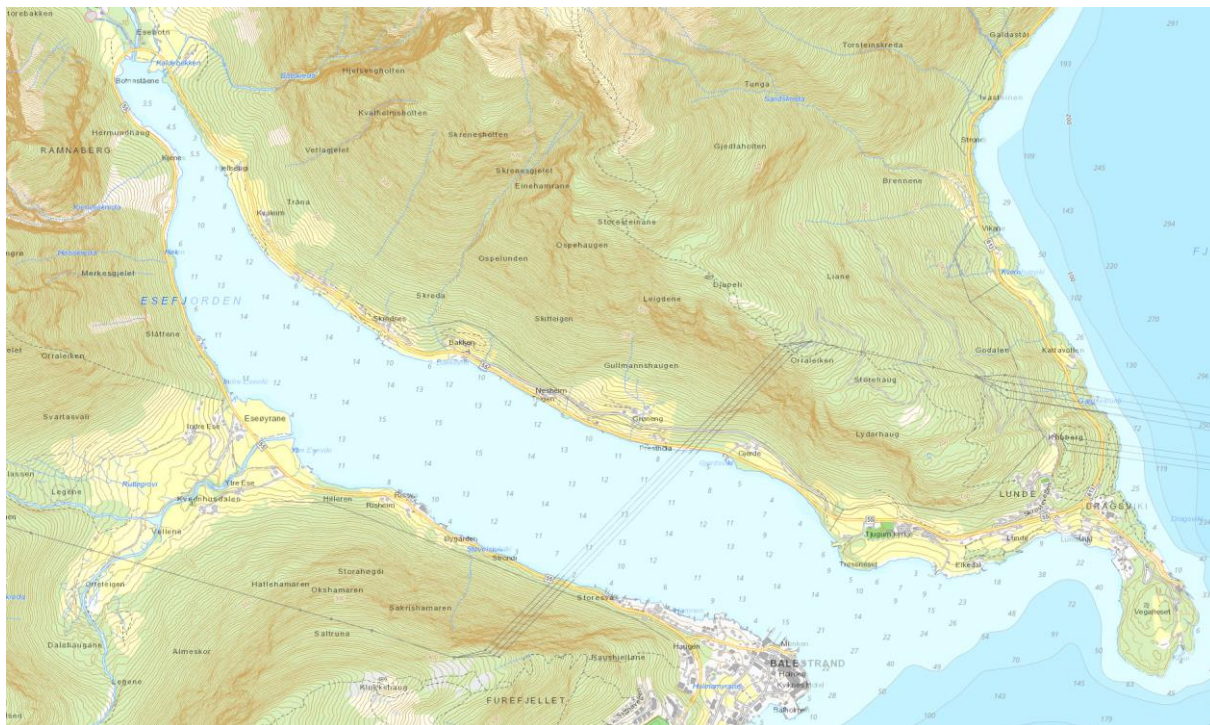


Figur 1 Utsnitt av Sognefjorden. Esefjorden er vist med rød pil

Dybdeforhold

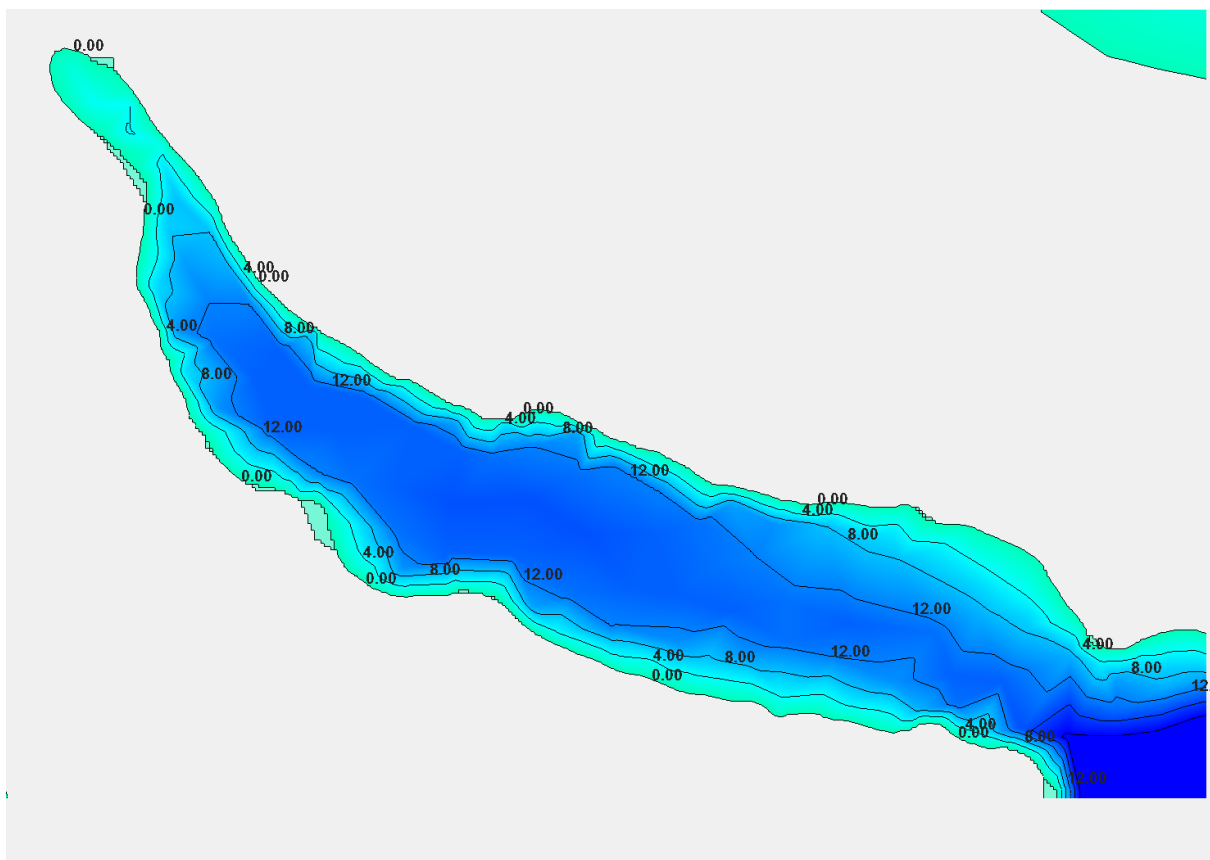
Det er ikke gitt digitale dybde data for Esefjorden. Referansen til dybde data er loddskudd vist i sjøkart og Kystverkets kartdatabase, vist i figur 2, som er hentet fra Kystverket. For dette formålet har vi digitalisert disse data. Resultatet er vist i figur 3. Det er en svak tendens til innsnevring ved innløpet til fjorden, men denne effekten er så liten at den ikke vil føre til en faktisk begrensning av strømmen inn og ut av fjorden.

Oppdragsgiver: Vestland Fylkeskommune
Oppdragsnr.: 5204856 Dokumentnr. STRØM-01



Figur 2 Kartutsnitt som viser dybde data for Esefjorden. Dybde data er ikke tilgjengelige på digital form.

Oppdragsgiver: Vestland Fylkeskommune
Oppdragsnr.: 5204856 Dokumentnr. STRØM-01



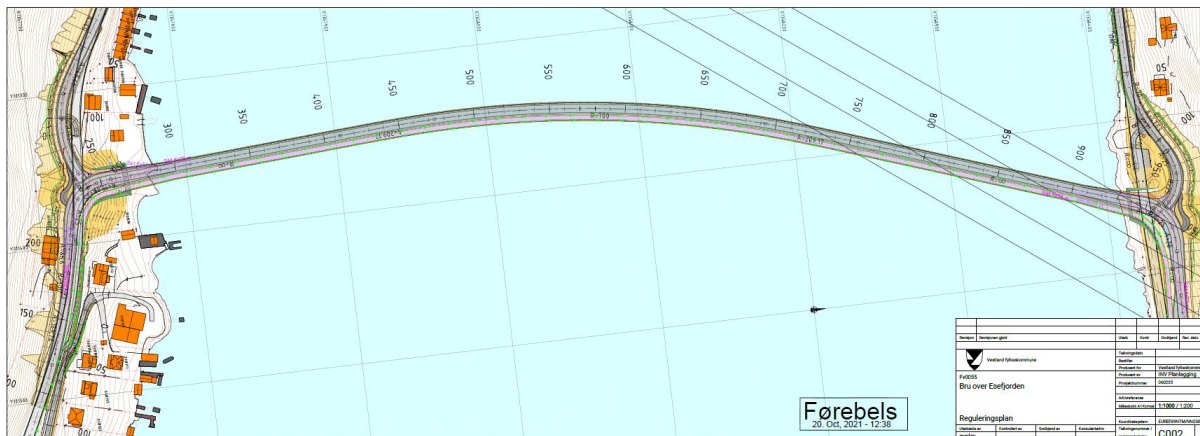
Figur 3 Dybdemodell av Esefjorden med digitaliserte data fra Figur 2.

Bru over Esefjorden

Skisse over som er planlagt bru over Esefjorden er vist i figur 4. Brua skal stå på peler som holder oppe et pelehode. Aktuelle utførelser av hver pilar med peler er vist i figur 5, som viser pilerer utenfor seil-løpet. Pilerer som avgrensner seil-løpet må være mer solid for å kunne takle skips-støtlaster. Utførelse av disse er illustrert i figur 6. Figur 5 og figur 6 er hentet fra referanse 1.

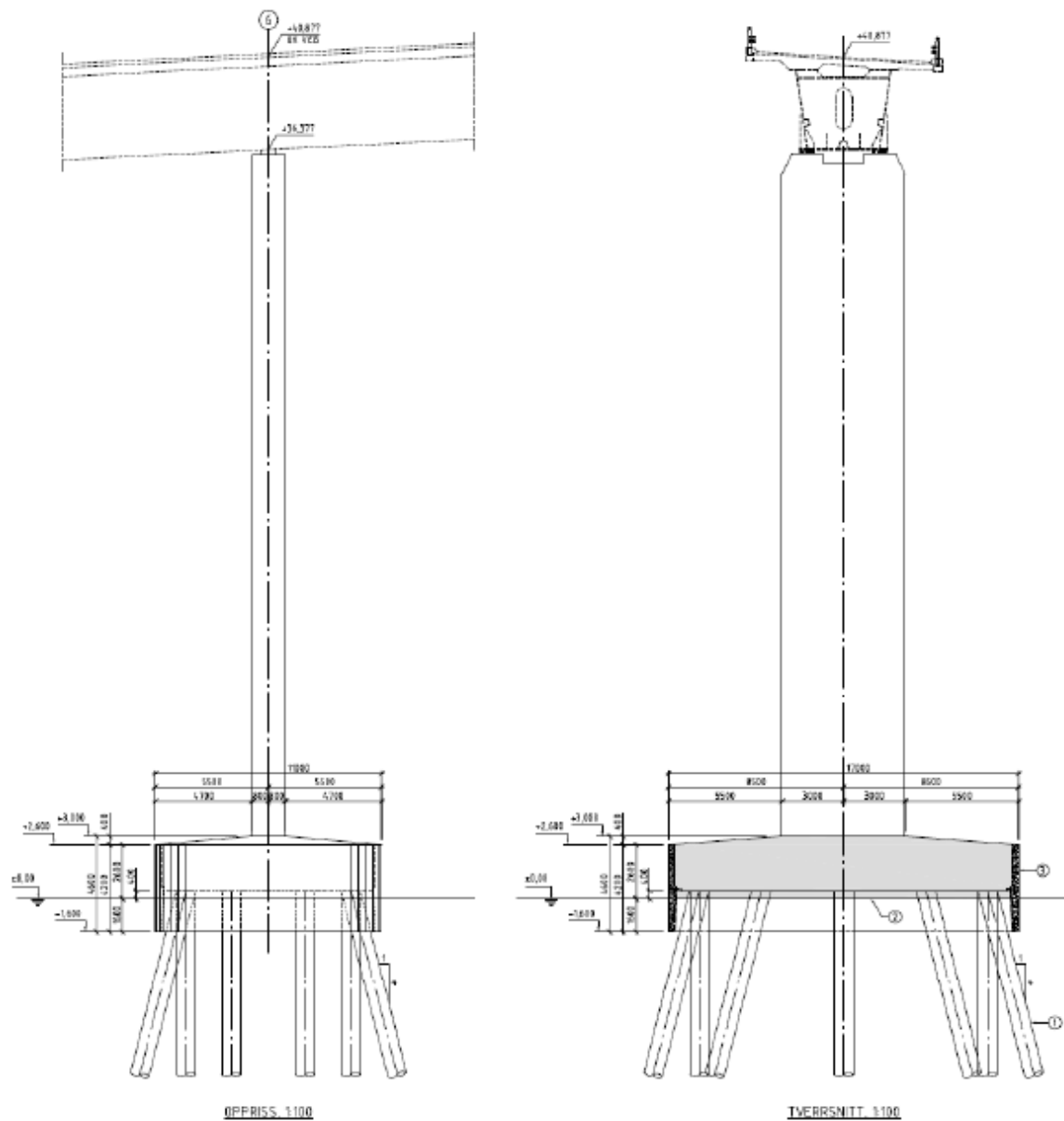
Det effektive arealet som brua utgjør i strømmen er ikke eksakt beregnet. Totalt areal vil avhenge av antall pilerer, pelediameter og nedsenking av pelehodet. Et rimelig konservativt estimat er vist tabell 1, der det bl.a. er forutsatt bruk av peler med diameter 910 mm i alle tilfeller.

Oppdragsgiver: Vestland Fylkeskommune
 Oppdragsnr.: 5204856 Dokumentnr. STRØM-01



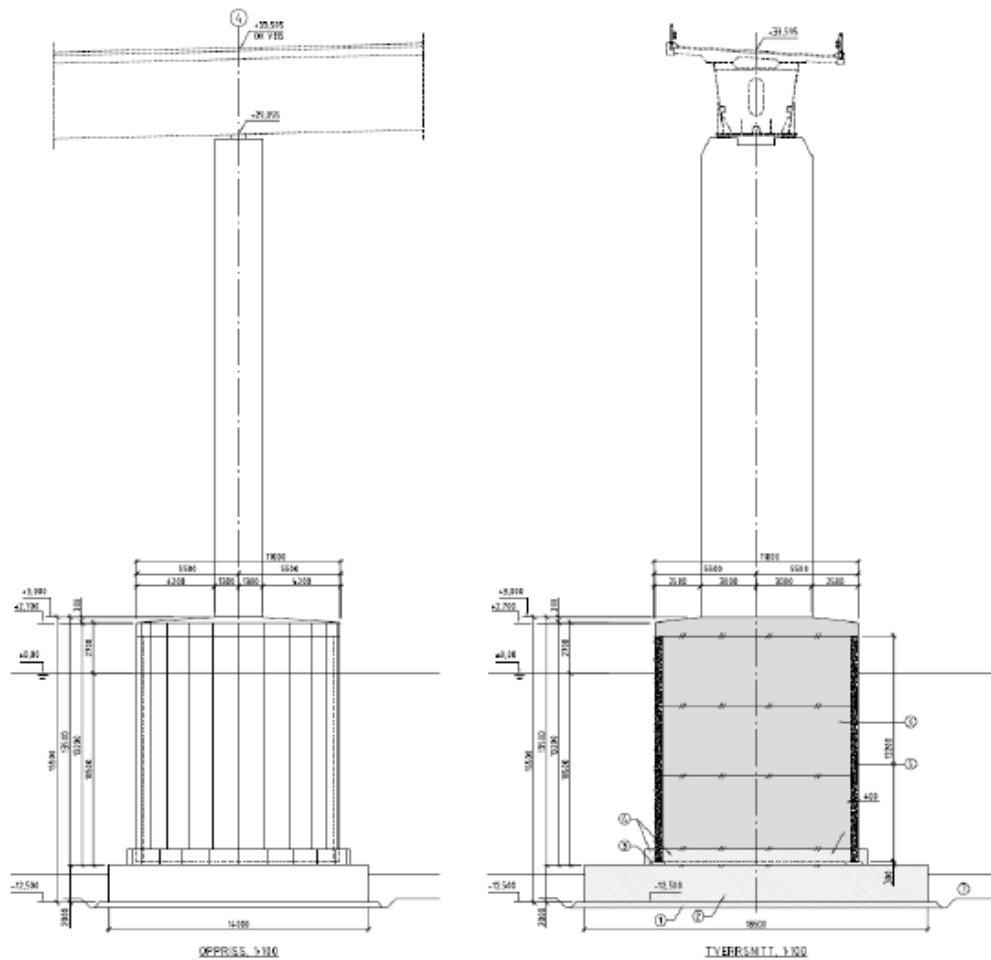
Figur 4 Skisse som viser bru-trasé over Esefjorden. Fra (1)

Oppdragsgiver: Vestland Fylkeskommune
 Oppdragsnr.: 5204856 Dokumentnr. STRØM-01



Figur 5 Skisse som viser en mulig løsning for fundamenter. Fra (1)

Oppdragsgiver: Vestland Fylkeskommune
 Oppdragsnr.: 5204856 Dokumentnr. STRØM-01



Figur 6 Skisse som viser en mulig løsning for fundamenter i seil-løpet. Disse fundamentene skal dimensjoneres for å tåle skips-støt. Fra (1)

Tabell 1 Oversikt over antatt areal under vannlinje for brukonstruksjoner

	Pilarer utenfor seil-løp (stålrørpeler)		Pilarer i seil-løp (senkekasser)
	Stål	betong	
Pelediameter inkludert antatt begroing m	1.2	1.0	
Ant. peler pr pilar (eksponert i strømretning)	6		
Middeldybde m	10		
Antall pilarer	4	12	
%-vis tillegg for pelehode %	20	20	
Bredde m			11
Høyde m			11
Antall			2
Totalt tverrsnittareal m ²	568	921	242

Effekt på strømmen

For å gi et kvalitativt estimat på effekt av brukonstruksjonen på strømmen er det produsert tverrsnitt av fjorden basert på digitaliserte dybde data. Det er tatt ut 10 snitt gjennom fjorden, nummerert fra innerst til ytterst som vist i Figur 7. Avstanden mellom hvert snitt er 325 m. Hvert snitt er vist i figur 8. Den planlagte brua vil komme nær Snitt 8, som er vist med avvikende farge på figur 8.

Figur 9 viser arealet av hvert tverrsnitt (ved middelvann) og hvilken effekt en reduksjon av tverrsnittet i Snitt 8 vil få ved valg av hhv stålbru og betongbru. Reduksjonen i tverrsnittareal er hentet fra tabell 1.

Figur 9 viser at reduksjonen i tverrsnitt er svært liten relativt til det totale tverrsnittet i Snitt 8, og at den trangeste delen i ytre del av fjorden fortsatt er ved Snitt 10, dvs. mellom Balestrand sentrum og Tressneset.

Strømshastighetene i området er moderate. Det er ikke foretatt modellering av strømmen i Sognefjorden eller i Esefjorden. Man kan imidlertid få en indikasjon på størrelsen av strømshastighetene ved å bestemme det volumet i fjorden som skal fylles og tømmes i løpet av en tidevannsperiode.

Den enkleste formen for beregning av hastighetene ved innløpet er gitt ved

$$U_{max} = \frac{2\pi A_{basin} a}{A_i T}$$

hvor:

U_{max} : maksimal strømshastighet i innløpet i løpet av en tidevannsyklus, inn eller ut-gående

A_{basin} : overflateareal av fjorden innenfor innløpet

a : tidevannsamplitude i fjordbassenget (antar $a = 1.0$ m)

A_i : tverrsnittareal i innløpet

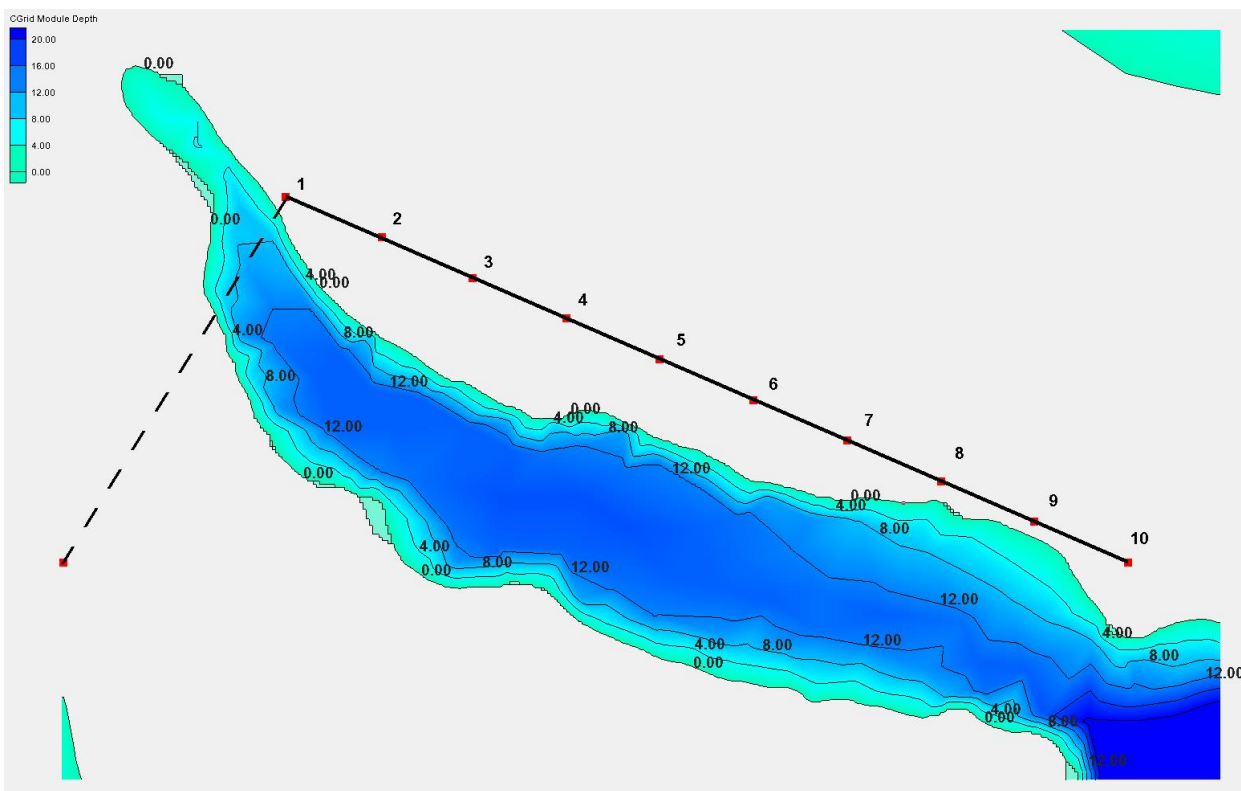
Oppdragsgiver: Vestland Fylkeskommune
 Oppdragsnr.: 5204856 Dokumentnr. STRØM-01

T : tidevannsperiode, 12 timer 24 minutter.

Denne beregningen gir en teoretisk verdi av $U_{max} \approx 0.05$ m/s. Den observerte hastigheten kan variere betydelig over tverrsnittet, og kan f.eks. være høyere rundt nes og odder nært land. Hvis det er sterk sjikting i sjøen, kan overflatelaget ha en hastighet og retning som er dominert av vind, mens vannmassene i dypere lag (ca. 3 - 5 m og dypere) er fortsatt dominert av tidevannet.

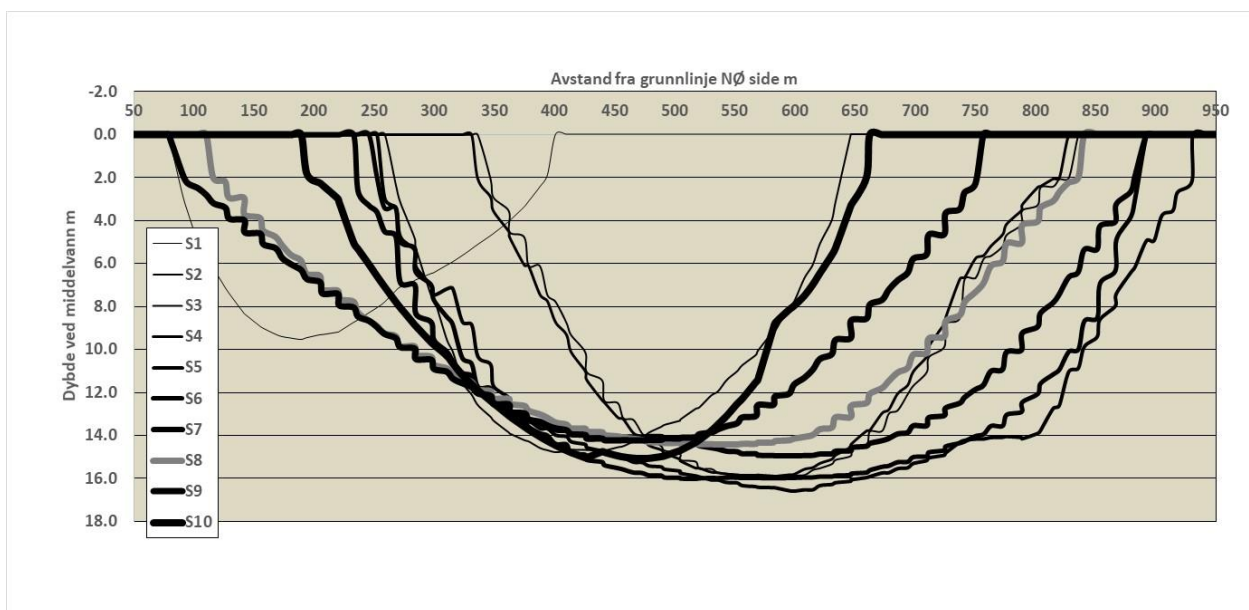
I noen tilfeller kan også vedvarende vind fra vestlig sektor i Nordsjøen føre til at overflatevann stuves opp i fjordene, og «slippes løs» først når vinden avtar eller endrer retning.

Gjennomgangen viser at den mulige endringen i tverrsnittareal i fjorden som følge av brua ikke vil ha merkbar effekt på sirkulasjon eller vannutsifting i sonen innenfor innløpet til fjorden.

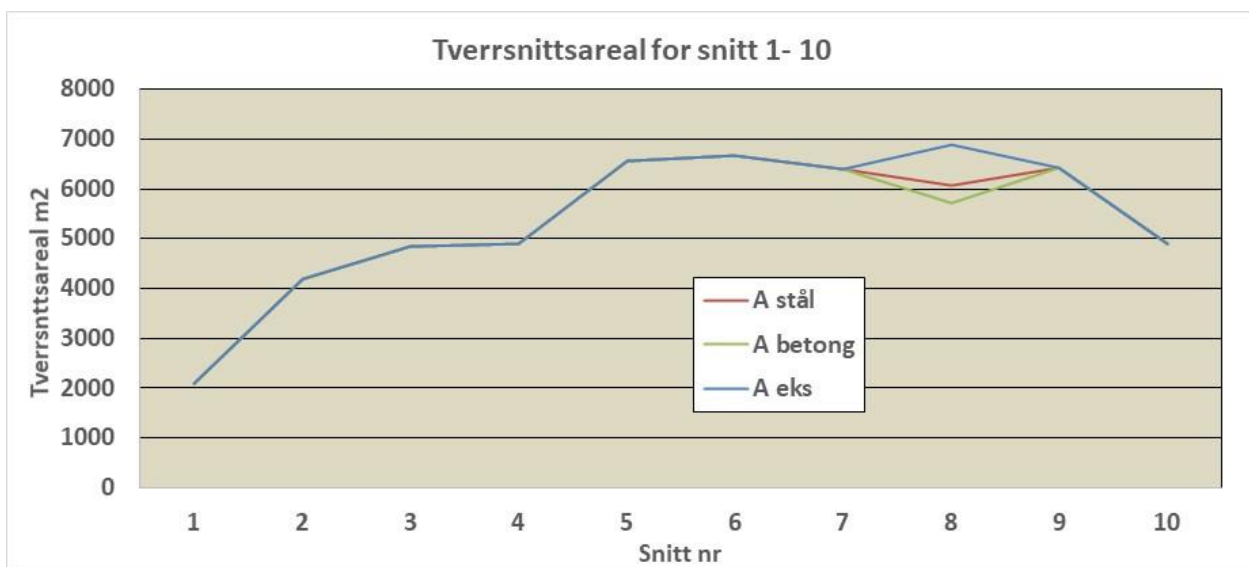


Figur 7 Esefjorden med markerte snitt1 - 10 på tvers av fjorden. Alle snittene er parallelle, men det er bare Snitt 1 som er markert.

Oppdragsgiver: Vestland Fylkeskommune
 Oppdragsnr.: 5204856 Dokumentnr. STRØM-01



Figur 8 Snitt 1 - 10 med profil over fjorden. Snitt 8 med bruplasseringen er markert med avvikende farge



Figur 9 Tverrsnittsareal A for Snitt 1 - 10 for eksisterende og stål og betong-løsning

Oppdragsgiver: Vestland Fylkeskommune
Oppdragsnr.: 5204856 Dokumentnr. STRØM-01

KONKLUSJON

1. Esefjorden er et lukket basseng med én åpning mot Sognefjorden. Fra åpningen mot Sognefjorden og innover mot fjordbunnen avtar dybden og tverrsnittene uniformt. Med en slik form vil strømhastigheten være størst nær utløpet og avta innover i fjorden.
2. Med forholdsvis konservative antakelser om størrelsen på brukonstruksjonens størrelse under vann, vil brua gi en reduksjon i tverrsnitt i Snitt 8 på ca. 12 % og 17 % for hhv stål-alternativ og betongalternativ.
3. Strømhastigheten som følge av tidevann er moderat, anslagsvis maksimalt 10 cm/sekund nær innløpet. Med så lave hastigheter er friksjonskreftene også små, og endringer i strømhastighet og vannutskifting vil være små og tilnærmet ikke målbare. Det vil være minst endringer for stål-alternativet.
4. Det kan oppstå lokale endringer i strømmen nær peler og fundamenter for senkekasser. Dette vil kreve en lokal erosjonssikring av fundamentene.

REFERANSER

1. Nordplan: Balestrand kommune. Kommunedelplan for Esefjorden, prosjektnummer 16003 / 15-08-2016

2	2021-12-09	Endret Tabell 1	AEL	SILSOL	SILSOL
1	2021-12-07	Framlegg til kommentering	Arne E Lothe	Silja Oda Solheimslid	Silja Oda Solheimslid
Versjon	Dato	Omtale	Utarbeidd	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidd av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhøyrar Norconsult AS. Dokumentet må berre nyttast til det formål som går fram i oppdragsavtalen, og må ikkje kopierast eller gjerast tilgjengeleg på annan måte eller i større utstrekning enn formålet tilseier.