 SINTEF		NOTAT					
		GJELDER		BEHANDLING	UTTALELSE	ORIENTERING	ETTER AVTALE
SINTEF Materialer og kjemi Marin miljøteknologi		Alternativ farlei til og fra Grenland Strømningsmessige konsekvenser av utdypning					
Postadresse: 7465 Trondheim Besøksadresse: Brattørkaia 17B, 4. etg. Telefon: 4000 3730 Telefaks: 930 70730 Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA		GÅR TIL NGI v/ Audun Hauge					X
ARKIVKODE	GRADERING						
	Åpen						
ELEKTRONISK ARKIVKODE							
Notat-farlei-Grenland.doc							
PROSJEKTNR.	DATO	SAKSBEARBEIDER/FORFATTER		ANTALL SIDER			
80121800	2009-01-15	Grim Eidnes		4			

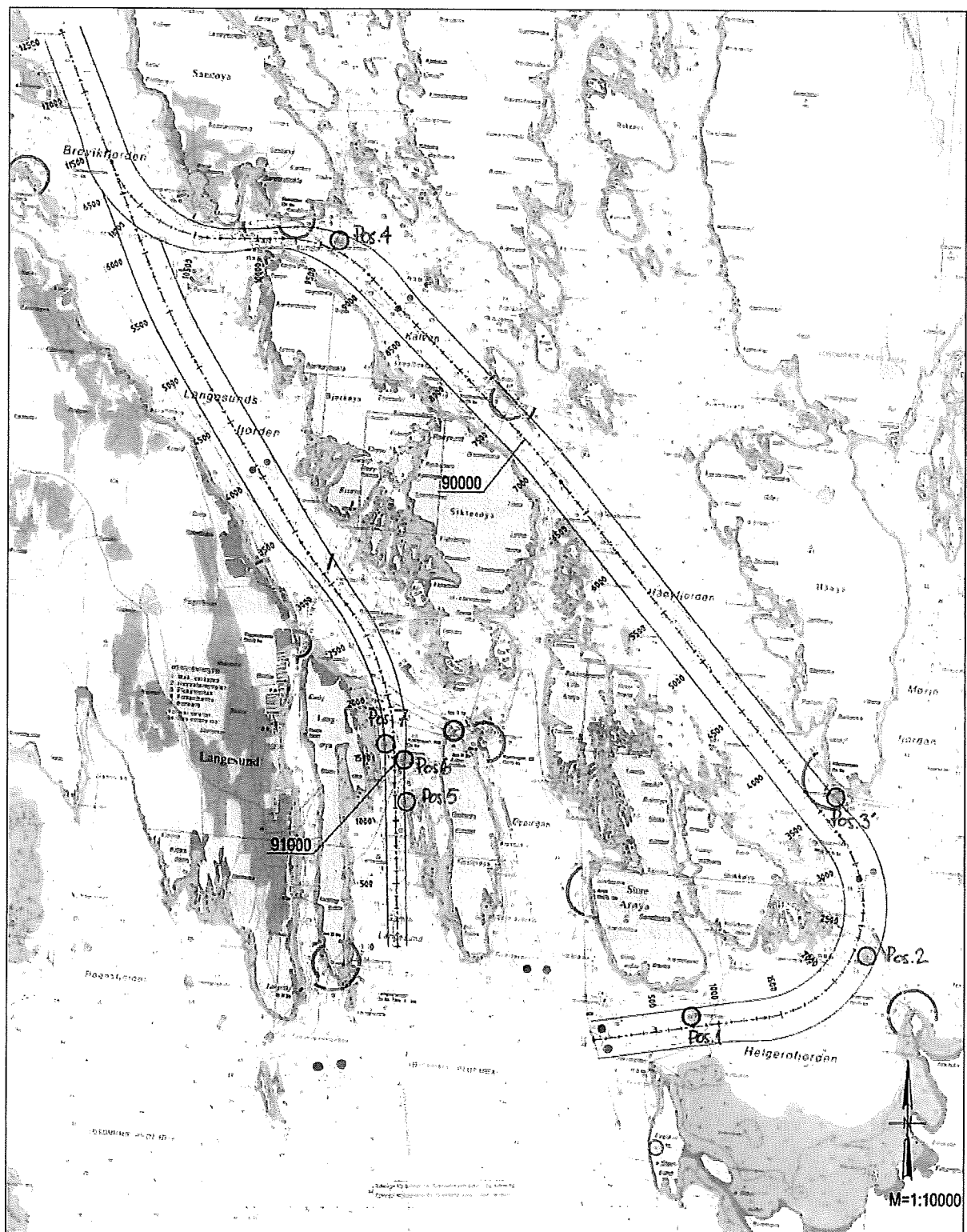
Bakgrunn

Alternativ farlei til og fra Grenland er under utredning. En realisering av farleia vil kreve mudring og/eller sprenging av enkelte undersjøiske knauser ned til kote -15. NGI (Norges Geotekniske Institutt) har i den forbindelse henvendt seg til SINTEF og bedt om en vurdering av de strømningsmessige konsekvensene av en slik utdypning.

Ny farlei

Den foreslåtte farleia til og fra Grenland er vist i Figur 1. Sju posisjoner er avmerket som grunner som må mudres/sprenges. Disse er:

- Pos. 1: **Kløvsteinbåen.** Grunne på 14 m dyp. Punktutdypning over ca 40 m utstrekning.
- Pos. 2: **Midtbåen.** Grunne på 13 m dyp. Punktutdypning over ca 60-80 m utstrekning.
- Pos. 3: **Håøytangbåen.** Skrånende grunne fra ca 10 m dyp SV for Håøytangen. Utdypning i 10-20 m bredde og ca 80-90 m lengde.
- Pos. 4: **Orebuktbåen.** Grunne på 14 m dyp. Punktutdypning over ca 40 m utstrekning.
- Pos. 5: **Geiterøyholmen.** Skrånende grunne fra ca 10 m dyp NV for Geiterøyholmen. Utdypning i 10-20 m bredde og ca 60 m lengde.
- Pos. 6: **Geiterøyholmrabben.** Større område med flere grunne partier rundt 7 m dyp, den grunneste ligger på 4 m. Utdypning i ca 100 m bredde og 250 m lengde.
- Pos. 7: **Langøya øst.** Grunne på 14 m dyp. Punktutdypning over ca 40 m utstrekning.



Figur 1. Foreslått ny farlei til Grenland. Nødvendige utdypningsområder er markert (Pos.1 - 7).

Av disse sju utdypningsområdene er det bare Pos. 6 – Geiterøyholmrabben hvor utdypning kan ha effekt på strømforholdene. For de andre områdene er inngrepet for lite (eller strømningsbredden for stor) til at det kan forventes målbar innvirkning på strømmen.

Strømkrefter

Effekten av en utdypning har sammenheng med hvilke drivkrefter som dominerer strømbildet. I innseilinga til Grenland må det forventes relativ sterk utgående overflatestrøm som skyldes elvetilrenning fra Skienselva/Frierfjorden (Brevikstrømmen). Dette gir en utoverrettet brakkvannsstrøm i overflatelaget som river med seg omkringliggende vann og dermed øker i volum utover. Medrivningen kompenseres av en innoverrettet kompensasjonsstrøm under brakkvannslaget. Det samlede strømmønsteret kalles estuarin sirkulasjon.

Det er rimelig å anta at brakkvannslagets tykkelse i Grenlandsområdet kan bli anslagsvis 2-3 m tykt. Det betyr at de utdypningene som det her er snakk om, alle vil finne sted under sprangsjiktet der strømmen i hovedsak er rettet inn fjorden. Kompensasjonsstrømmen i dette laget har en vesentlig svakere fart enn brakkvannsstrømmen ovenfor, typisk av størrelsesorden 10 %. Er utstrømningen i brakkvannslaget 1 knop (50 cm/s), er altså kompensasjonsstrømmen av størrelsesorden 5 cm/s eller mindre.

Midlere tidevannsforskjell er 22 cm ved Brevik. Det betyr at den rene tidevannsstrømmen ikke blir så sterk at den får nevneverdig betydning for det totale strømbildet. Vindgenerert strøm må derimot påregnes i perioder med sterk og vedvarende vind helst med sør og østlig komponent. Den sterke lagdelingen ved Grenland gjør imidlertid at overføring av vindenergi nedover i vannmassene i hovedsak stopper i sprangsjiktet. I det nedre laget er det derfor trolig bare ubetydelige effekter igjen av vindens drag på overflaten.

Endringer i strømforholdene

Det dominerende strømmønsteret i de aktuelle områdene er altså den estuarine sirkulasjonen med utstrømning i det øvre brakkvannslaget og innstrømning under dette. En studie av fjordsystemet ved Grenland gir ikke grunn til å tro at strømmønsteret vil foretrekke andre veier; det vil stort sett strømme slik det gjør i dag.

Ved ei naturlig innsnevring eller oppgrunning (terskel, båe) akselererer strømmen mot innsnevringen slik at vannstanden avtar. Vannstandsspranget, $\Delta\eta$, som utvikler seg kan uttrykkes gjennom akselerasjonen, Δu , i Bernoullis likning:

$$\Delta\eta = \frac{(\Delta u)^2}{2g}$$

Friksjon, særlig mot bunnen, vil bremse strømmen. Friksjonskrafta blir balansert av trykkrafta som utvikler seg på grunn av et hellende vannspeil, Δh , gitt ved

$$\Delta h = \frac{\tau BL}{\rho gA}$$

der τ = friksjonsstresset
 B = sundets bredde
 L = sundets lengde
 ρ = vannets tetthet
 A = sundets tverrsnittsareal

Med ei kvadratisk friksjonslov $\tau = \rho k u^2$ der k er en friksjonskoeffisient, får vi

$$\Delta h = k u^2 \frac{BL}{gA} \quad \text{eller} \quad u = \sqrt{\frac{g A \Delta h}{k B L}}$$

Strømhastigheten, u , er altså en funksjon av de geografiske størrelsene B (bredde), L (lengde) og A (tverrsnittsareal) samt vannstandsforskjellen, Δh . For å lukke likningssystemet kan vi innføre kontinuitetsloven som sier at volumstrømmen ved innsnevringen (indeks 1) er den samme som ved en hvilken som helst annen plass i sundet (indeks 2):

$$u_1 A_1 = u_2 A_2$$

Dermed kan endringene i strømhastigheten beregnes entydig ut fra endringen i tverrsnittsareal som en mudring/spredning av bunnmasser vil medføre. Problemet er imidlertid at de endringene det er snakk om, relativt sett er så små at usikkerheten i anslagene for de geografiske parameterne vil medføre en usikkerhet i resultatet som vil være større enn selve resultatet.

Vi har derfor valgt å benytte en enklere betraktning som til tross for at den også er usikker, er konservativ. Vi antar at volumstrømmen før utdypning er lik volumstrømmen etter utdypning, med andre ord at $(uA)_{\text{før}} = (uA)_{\text{etter}}$. Det gir

$$u_{\text{etter}} = \frac{A_{\text{før}}}{A_{\text{etter}}} u_{\text{før}}$$

Basert på planimeter for Pos. 6. Geiterøyholmrabben er følgende estimater av tverrsnittsarealer beregnet:

$$\begin{aligned} A_{\text{før}}: & \quad 3\,810 \text{ m}^2 \\ A_{\text{etter}}: & \quad 4\,280 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Det gir:

$$U_{\text{etter}} = 0,89 U_{\text{før}}$$

Forventet strømhastighet ved Geiterøyholmrabben etter utdypning er altså beregnet til 89 % av strømhastigheten i dag. Som nevnt er dette et konservativt estimat der usikkerheten i de geografiske parameterne er til dels betydelig. Med den nøyaktigheten vi da opererer med er det riktig å konkludere som følger:

Konklusjon

De planlagte utdypningene ved endring av farlei inn mot Grenland har neglisjerbar effekt på strømforholdene i området, med unntak av Pos. 6 ved Geiterøyholmrabben der hastigheten under det øvre brakkvannslaget blir mer rettlinjet og avtar med ca 10 %. I det øvre utstrømmende laget kan det ikke forventes målbare endringer i strømmens fart og retning.