

Notat

Mottaker: NEL Hydrogen Electrolyser v/Ingegerd Aanonsen 12.10.2023
Utarbeidet av NIVA v/: Henrik Jonsson
Kvalitetssikret av: Marianne Olsen
Journalnummer: 0335/23
Prosjektnummer: 230051
Distribusjon: Konfidensiell

Sak: Utslipp av oppvarmet vann til Frierfjorden

Introduksjon

NEL Hydrogen Electrolyser (heretter: NEL) søker om produksjonsendringer i fabrikken på Herøya og har kontaktet NIVA med ønske om en vurdering av bedriftens fremtidige utslipp. Det gis her en vurdering av bedriftens utslipp av oppvarmet kjølevann til Frierfjorden, basert på simulert primærfortynning i henhold til utslippsdata fra NEL. Utslippsvannet skal ifølge NEL i fremtiden holde drikkevannskvalitet, en vurdering av mulige giftstoffer i utslippet er derfor ikke relevant.

Modellverktøy

Visual Plumes (VP) er en Windows-basert modelleringsplattform utviklet av U.S. EPA for beregning av innblandingssoner. VP har flere ulike bruksområder, men er i dette prosjektet brukt til å tallfeste utbredelse av innblandingssone, innlagringsdyp for utslippsplumen, og fortynningsfaktor i utkant av innblandingssonen (primærfortynning). For ytterligere informasjon om modellverktøyet VP vises til EPAs internettsider¹.

Inngangsdata til gjennomførte simuleringer

Utslippsdata

Utslippet fra NEL ledes ut i Frierfjorden fra fabrikken på Herøya gjennom utslippsrør F36. Utslippspunktet for F36 ligger på 23 meter dyp og horisontal avstand ca. 300 meter fra kai i den sørlige del av Herøya industripark (**Figur 1**).

Kjølevann fra NEL slippes ut kontinuerlig med en rate av 43 m³/time. Kjølevannet er ferskvannbasert med opprinnelse i dypvann fra Norsjø. Inntaksvannet holder stabil temperatur gjennom året, utslippstemperaturen fra NEL er derfor beregnet til å være ca. 16°C uavhengig av sesong. Det vil i fremtiden ikke lengre være utslipp av rensed prosessvann fra NEL («nullutslippsfabrikk»).

Nøkkeldata for utslippet er vist i **Tabell 1**.

¹ <https://www.epa.gov/ceam/visual-plumes>

Tabell 1. Nøkkeldata for dykket utslipp fra NEL på Herøya.

Utslippsfrekvens	Kontinuerlig utslipp
Utslippstemperatur	16°C
Vannrate	11,94 liter/sekund (43 m ³ /time)
Total salinitet i utslippet	0 gram/liter
Utslippsdyp	23 meter
Avstand fra land:	306 meter
Diameter utslippsrør	53 cm (indre mål)
Diffusor/perforering	Nei
Horisontal utslippsvinkel	0°
Vertikal utslippsvinkel	0°

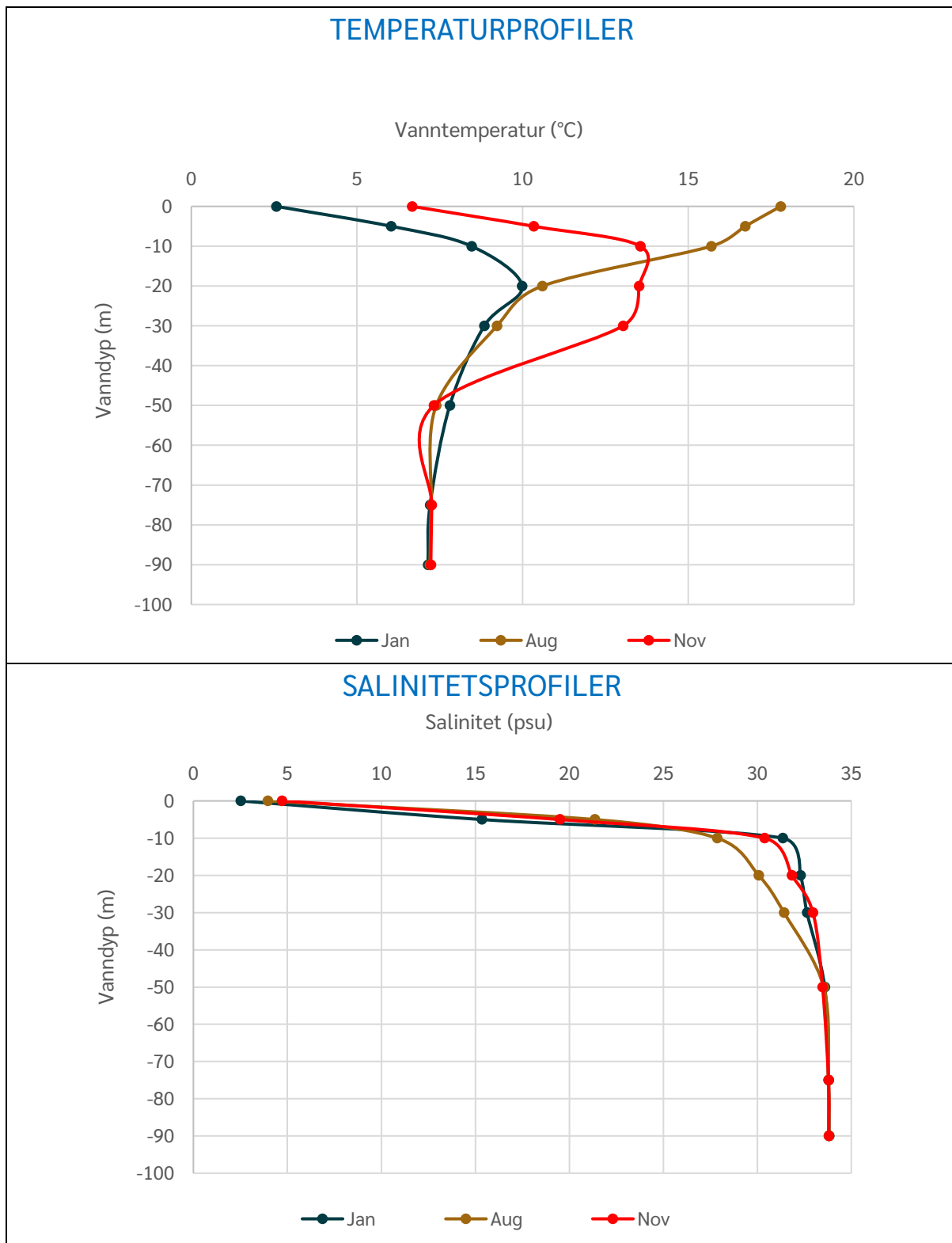
Temperatur og salinitet

Utslipet fra NEL er modellert ved å bruke tre forskjellige hydrografiske profiler, representative for utslipp i henholdsvis vintersesong (profiler for januar), sommersesong (august) og vår-/høstsesong (november). Hydrografiske profiler er hentet fra målestasjon BC-1 (vannlokalitet 01.10-38293) snaue 1 km fra utslippspunktet (**Figur 1**). Her foreligger regelmessige målinger av temperatur og salinitet siden 2002². Hydrografiske profiler brukt i simuleringene er vist i **Figur 2** og representerer medianverdier for aktuell måned i tidsperioden 2002-2019.



Figur 1. Lokalisering av NEL Hydrogen på Herøya (lilla kvadrat), dykket utslippspunkt (F36), og målestasjon BC-1 i Frierfjorden. Fra Google Earth.

² <https://vanmiljofaktaark.miljodirektoratet.no/Home/Details/38293>



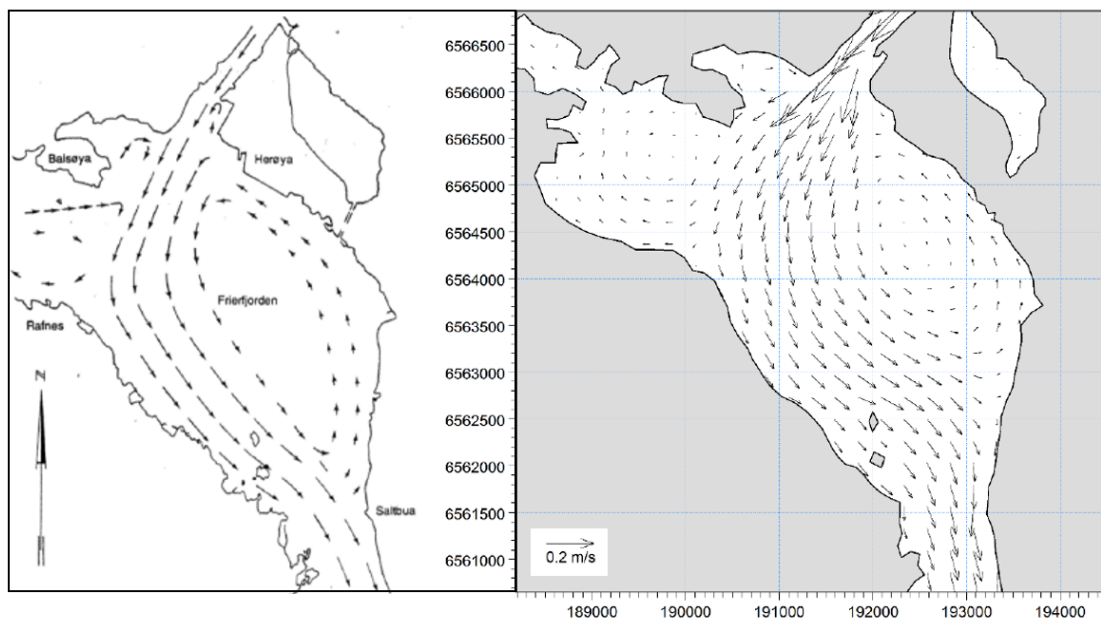
Figur 2. Hydrografiske profiler brukt til fortyningssimuleringer av dykket utslipp til Frierfjorden fra NEL Hydrogen på Herøya. Profilene er hentet fra målestasjon BC-1 i Frierfjorden (vannlokalitet 01.10-38293) og representative for utslipp i hhv. vintersesong, sommersesong, og vår-/høstsesong.

Strømforhold

I overflaten domineres strømmønsteret i Frierfjorden av Skiensselva, som gir en raskt utadgående brakkvannstrøm i fjordens midtre og sørlige del, og en langsommere innadgående strøm utenfor Herøya på fjordens østside (**Figur 3**). Saltholdighet helt i overflaten varierer typisk mellom 2,5 og 5 ppt (**Figur 2**). Tykkelsen av overflatelaget varierer typisk mellom 3 og 7 meter og gjenspeiler i hovedsak aktuell vannføring i Skiensselva. Oppholdstid for overflatelaget i Frierfjorden er anslått til 2-3 dager, mens det i selve brakkvannsstrømmen (forlengelsen av Skiensselvas utløp) kan være så lite som 5-10 timer³.

Frierfjordens intermediære vannlag går ned til ca. 23 meters dyp, tilsvarende største terskeldyp ved Brevikssundet i sør. Vannutskifting av fjordens intermediære vannlag er styrt av de skiftende forholdene i Langesundsbukta og kan variere fra mindre enn 1 uke, til mer typisk 2-4 uker. Ved utslippspunkt F36 er saltholdigheten 30-33 ppt (**Figur 2**)

DHI⁴ har modellert strøm i Grenlandsfjordene med en høyoppløst havmodell (MIKE 3). Modellen gjenspeiler tidligere rapporterte, målte strømdata og gir en forventning om en overflatestrøm på ca. 4 cm per sekund i området utenfor Herøya, midlet over et helt år (**Figur 3**).



Figur 3. Strømmønster i overflaten av Frierfjorden. Venstre: Molvær og Stigebrandt 1991. Høyre: DHI 2019.

NIVA er ikke kjent med strømmålinger i direkte tilknytning til utslippspunkt F36. Strømmålinger ved Saltbua i Frierfjordens sørlige del viser typiske verdier 10-20 cm/s både i overflaten (utadgående strøm), og på dypt vann (innadgående strøm). Målinger på 20 meters dyp i fjordens nordvestre hjørne opp mot Voldsfjorden er rapportert til å være ca. 2 cm/s (Molvær og Stigebrandt 1991).

På grunnlag av de resultater som er gjengitt her, basert både på strømmålinger i felt og på hydrodynamisk modellering, er det for fortyningssimuleringer fra utslippspunkt F36 valgt å bruke en strøm på 4 cm/s gjennom hele vannsøylen fra overflate og ned til sjøbunnen. Strømretningen er her parallell med Herøyas kystlinje, i overflatelaget trekker strømmen i nord-vestlig retning, mens

³ Molvær J & Stigebrandt A (1991). Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene. Delrapport 3; Vannutskifting i fjordene., Overvåkningsrapport nr. 450/91 (<http://hdl.handle.net/11250/206411>).

⁴ DHI (2019). Assessment of the ecological status in the Grenlandsfjord-system. Baseline based on hydrodynamic and biogeochemical modelling of the Grenlandsfjordene. Erichsen AC, DHI Report 6/5-2019.

strømmen i det intermediære vannlaget trekker i sør-østlig retning. Skillet mellom nord-vestlig og sør-østlig strømretning er i modellen lagt til vanddyb 5 meter. Sett fra enden av utslippsrør F36 trekker derfor strømmen til venstre, mens strømmen i overflatelaget rett over utslippunktet trekker til høyre.

Utslippssimuleringer

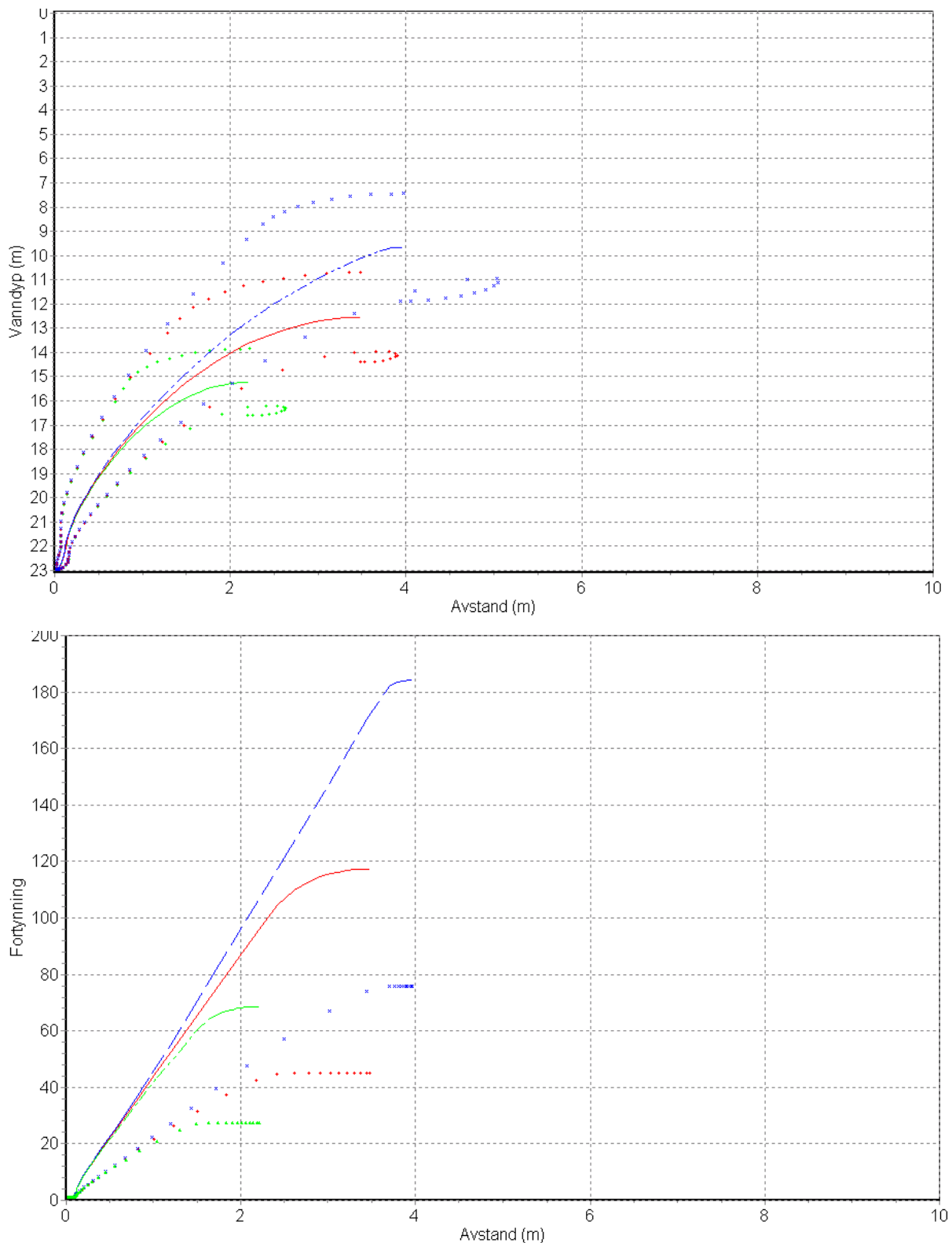
Initial spredning og modellert innlagringsdyb av utslippet presenteres i **Figur 4**. Det ferskvannsbaserte utslippet fra NEL Hydrogen har oppdrift gjennom vannsøylen, med forventet innlagringsdyb ca. 10-15 meter, avhengig av sesong. Utslipp i sommersesong gir innlagring på dypere vann enn øvrige deler av året. Uavhengig av sesong forventes ikke gjennomslag av utslippsplumen i overflatelaget av Frierfjorden. Utslippsplumen forventes innlagret på horisontal avstand ca. 2-4 meter fra utslippet.

Modellert primærfortynning av utslippet presenteres i **Figur 4**. Forventet fortynning gjenspeiler modellert innlagringsdyb og viser at mesteparten av den primærfortynning som oppnås før utslippet innlagres skyldes oppdrift gjennom vannsøylen. Høyest primærfortynning oppnås for utslipp i vintersesong, når omgivende vann i resipienten er kaldere enn utslippet.

Tabell 2 viser et sammendrag av gjennomførte simuleringer med Visual Plumes.

Tabell 2. Numeriske resultater (gjennomsnitt) fra spredningssimuleringer av dykket utslipp fra NEL på Herøya med modellen Visual Plumes.

Sesong	Innlagringsdyb	Horisontal avstand	Primærfortynning
Vinter	9,7 meter	4,0 meter	184x
Sommer	15,2 meter	2,1 meter	68x
Vår/høst	12,5 meter	3,5 meter	116x



Figur 4. Simulert spredning og fortytning av dykket utslipp av oppvarmet kjølevann fra NEL på Herøya for utslipp i vinter-, sommer-, vår-/høst-sesong. Øverst: simulert innlagringsdyp. Nederst: simulert primærfortynning. Heltrukket linje representerer gjennomsnittet i modellen, mens stiplet linje representerer utfall i modellen.

Vurdering

En vurdering av miljøeffekter av kjølevannsutslippet fra NEL er gjort på grunnlag av absolutt utslippstemperatur, og forventet, permanent overtemperatur i resipienten.

Kaldtvannsarter som torsk og sild har letaltemperatur 20-21°C, mens dyreplankton har letaltemperaturer 32°C og oppover⁵. Utslippstemperatur for oppvarmet kjølevann fra NEL er ca. 16°C gjennom året og derfor langt under letaltemperatur for relevante arter. Kjølevannsutslippet fra NEL vil med andre ord ikke forårsake letaleffekter på vannsøyleorganismer som følge av høy utslippstemperatur.

Over korte avstander, hvor det fortsatt er tetthetsforskjeller mellom utslippsplumen og resipientvannet, er overtemperatur i resipienten en direkte funksjon av utslippsplumens fortykning. Forventet vanntemperatur T i resipienten etter primærfortynning av utslippsplumen beregnes etter formelen:

$$T = \frac{(Tu + (f * Tr))}{(1 + f)}$$

hvor:

Tu = utslippstemperatur

f = simulert primærfortynning

Tr = resipienttemperatur ved plumens simulerte innlagringsdyp

Simuleringer viser at kjølevannsplumen primærfortynnes minst 68x fra utslippsdyp 23 meter og forventet innlagringsdyp ca. 10-15 meter, og at primærfortynning foregår innenfor horisontal avstand 4 meter fra utslippspunkt F36 (**Figur 4**). Kontinuerlig overtemperatur i resipienten er beregnet fra simulert primærfortynning, og gjennomsnittlig omgivelsestemperatur mellom utslippsdyp 23 meter, og simulert innlagringsdyp i forskjellige sesonger i henhold til **Figur 2**. Beregningene fremstilt i **Tabell 3** tilsier minimal overtemperatur 0-0,1°C etter primærfortynning av kjølevannsplumen.

En ofte brukt, tommelfingerregel i miljø-Norge er at kjølevannsutslipp som gir en kontinuerlig overtemperatur i resipienten <1°C på avstand 100 meter fra utslippet anses som miljømessig akseptabelt. Utslipppet fra NEL utgjør en av mange industrielle kilder for oppvarmet kjølevann fra Herøya industripark til Frierfjorden. En samlet vurdering av effekten av alle tilførsler har imidlertid ikke vært prosjektets formål. Det konkluderes her at utslippet fra NEL isolert sett ikke vil påvirke normal resipienttemperatur og derfor er miljømessig akseptabel.

Tabell 3. Gjennomsnittlig omgivelsestemperatur i innblandingsdyp for utslipp av oppvarmet kjølevann fra NEL på Herøya, og beregnet overtemperatur etter primærfortynning av utslippsplumen.

Sesong	Omgivelsestemperatur (°C)	Beregnet overtemperatur (°C)
Vinter	8,5	0,0
Sommer	10,6	0,1
Vår/høst	13,5	0,0

⁵ Elforsk (2009). Miljøeffekter av stora kylvattenutsläpp. Erfarenheter från de svenska kärnkraftverken. Elforsk rapport nr 09:79, juli 2009. (<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/19898/miljoeffekter-av-stora-kylvattenutslapp-elforskrapport-2009-79.pdf>).