

# UDLEDNING AF TRYKPRØVEVAND TIL MARINE RECIPIENTER

## INDHOLD

1	Indledning	1
2	Metode	2
2.1	Beskrivelse af udløb	2
2.2	Strømning	4
2.3	Datagrundlag for udledning	5
3	Resultat	7
3.1	Krydsningerne ved Færgestrømmen og ved Grønsund	7
3.2	Krydsning af Guldborgsund	10

## 1 Indledning

Gasrørledningen skal trykprøves før den sættes i drift. Trykprøvevandet vil efter brug kunne indeholde metalioner fra rørets inderside og svejsninger (mangan, vanadium, niobium, titanium, kobber, nikkel, krom, molybdæn og bor).

Efter brug udledes vandet til en marin recipient (Færgestrømmen, Grønsund, Guldborg Sund). Udledningspunktet vælges som det punkt, der i lige linje ligger tættest på interfacet imellem rørledning/farvandskrydsning. Det må forventes at der på Sydsjælland stilles et vilkår om at blandingszonen ikke må strække sig ind i Natura2000 området.

I denne forbindelse skal der foretages fortyndingsberegninger. Beregningerne skal vise ved hvilken afstand koncentrationerne er så lave, at de svarer til miljøkvalitetskravene, som er givet i Bekendtgørelse No. 1625 (MST, 2017).

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A205340-009	A205340-007

VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
1	21/06/2021	Udledning af trykprøvevand til havet. Fortyndingsberegninger.	XICH	CRJ	JORL

Forvaltning af blandingszoner omkring udledningspunkter har traditionelt en længde på mindre end 50 m. Derfor er der i denne analyse bestemt en udledningsvandføring, der under de på hver udledningslokalitet givne forhold vil give en blandingslængde på omkring 50 m.

## 2 Metode

Til bestemmelse af de relevante blandingslængder anvendes modellen CORMIX, som er en model, der internationalt bliver anvendt til modellering af punktudledninger i havet (CORMIX, 2021).

Forudsætningerne for at kunne modellere udledningerne er bl.a. at kende udløbskonfiguration, udløbets vandføring, dets koncentration, vanddybde og strømhastigheder.

### 2.1 Beskrivelse af udløb

Trykprøvning af rørene i de tre farvandskrydsninger ved Færgestrømmen, Grønsund og Guldborg Sund og krydsningen af Farø vil blive udført som individuelle trykprøvninger. Vand fra trykprøvning af landleddningen over Farø vil blive bortkørt og ikke udledt til havet.

Udløbsledningen har en diameter på 4" (ca. 100 mm). Udløbet vil ske igennem diffusor, som ikke er endelig projekteret. I beregning forudsættes der at udledning sker ved slutning af ledningen, dvs. ingen diffusor. Tabel 2-1 beskriver udløbsledningens dimensioner.

Tabel 2-1 Beskrivelse af udløbsledningen

Parameter	Værdi	Enhed
Antal åbninger	1	-
Diameter for åbninger	0,1	m
Diameter for udledningsrør	0,1	m
Densitet af udledning	1000	kg·m <sup>-3</sup>

Figur 2-1 og Figur 2-2 viser de potentielle udledningspunkter for de 3 udledninger. Som ses i Figur 2-1, ved Færgestrømmen og Grønsund, er der mulighed for at udlede vand i de 2 render (hvid farve), som har vanddybder over 8 m, og som vil give god fortyndingsmulighed. Ved Guldborgsund kan vand ledes til et punkt med vanddybde på ca. 2,6 m, som er vist i Figur 2-2.

Ved Færgestrømmen og Grønsund er der foretaget beregning for vanddybde på hhv. 8 m og 10 m.

Ved Guldborgsund er der foretaget beregning for vanddybde på 2,6 m.

### 2.1.1 Udledningsscenarier

Der udledes efter følgende scenarier:

#### 1 Fra landleddninger:

1.1 Færgestrømmen 800 m<sup>3</sup> (ud for Sjællands sydkyst)

1.2 Grønsund 800 m<sup>3</sup> (nord for Falster)

1.3 Guldborgsund 800 m<sup>3</sup> (centralt i Guldborgsund, syd for Nykøbing F.)

#### 2 Fra underboringerne

Der udledes 2 gange for hver af de tre underboringer. Første gang efter sammensvejsning men før trækning og anden gang, når røret er trukket igennem underboringen. Udledningsmængderne er:

2.1 Færgestrømmen 93 m<sup>3</sup> x 2 (ud for Sjællands sydkyst)

2.2 Grønsund 96 m<sup>3</sup> x 2 (nord for Falster)

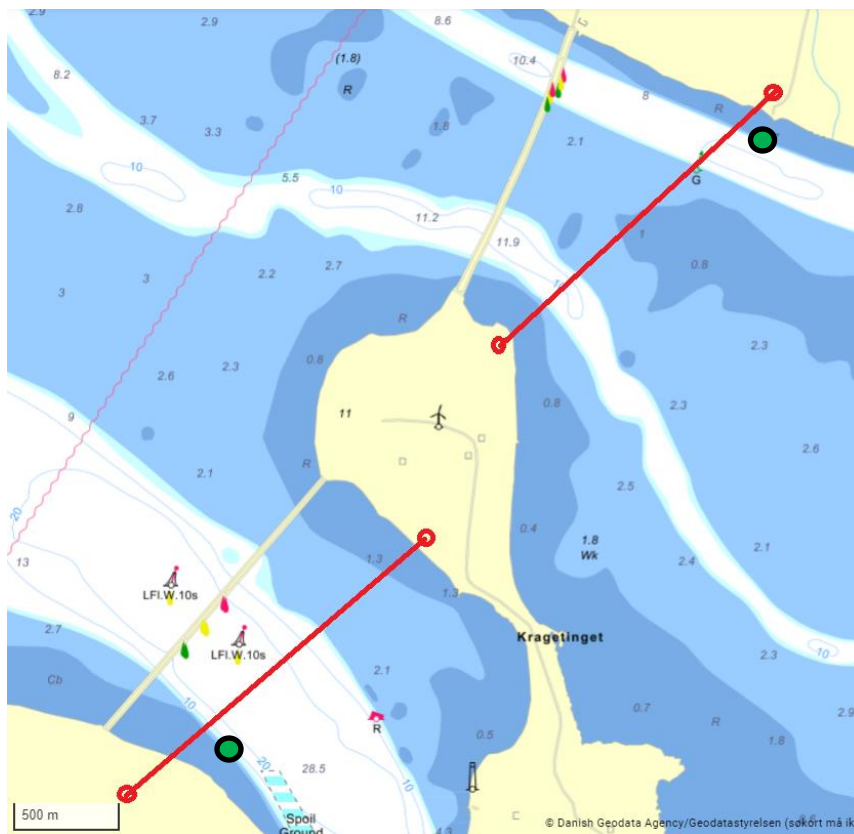
2.3 Guldborgsund 60 m<sup>3</sup> x 2 (centralt i Guldborgsund, syd for Nykøbing F.)

Udledningsmængderne er vist i tabelform i Tabel 2-2 og udledningslokaliteterne er vist på Figur 2-1 og Figur 2-2.

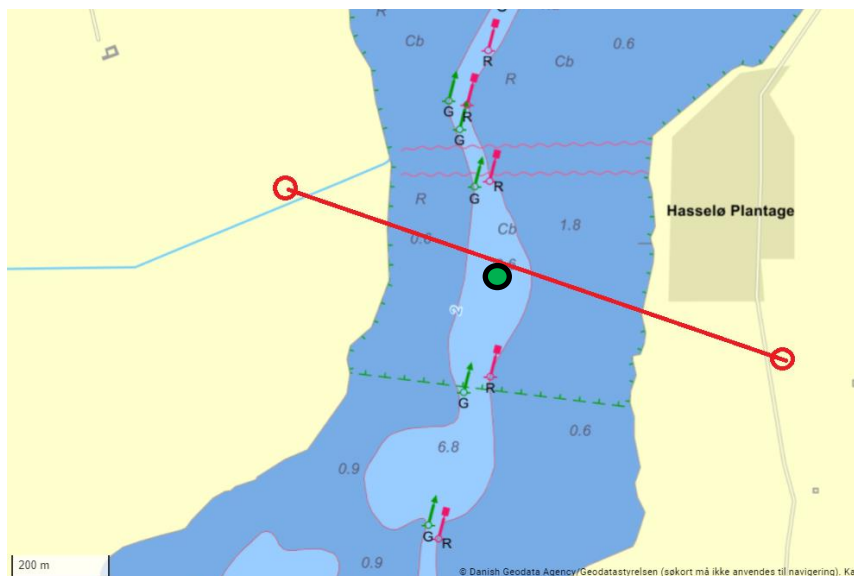
Tabel 2-2 Beskrivelse af udledningsmængder

Udløb	Udledningsmængde [m <sup>3</sup> ]		
	Landleddning	Underboringer	
		Efter svejsning	Efter trækning
Færgestrømmen	800	93	93
Grønsund (nord for Falster)	800	96	96
Guldborgsund (centralt)	800	60	60

Tømningstiderne for 800 m<sup>3</sup> er beskrevet i kapitel 3 for forskellige udledningsforhold.



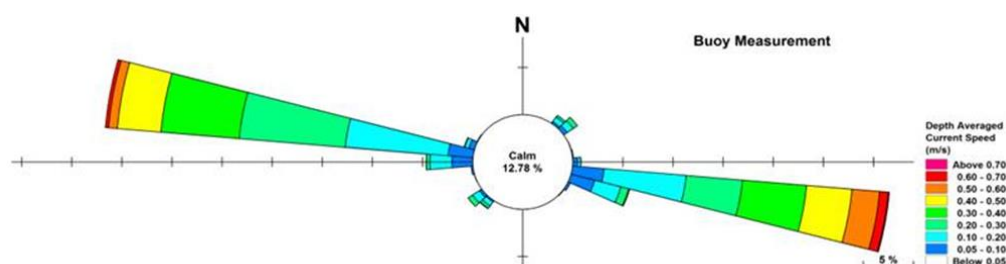
Figur 2-1 Udledningspunkter (grønne markeringer) ved krydsningerne ved Færgestrømmen og ved Grønsund



Figur 2-2 Udledningspunkt (grøn markering) ved krydsningerne ved Guldborgsund

## 2.2 Strømning

I forbindelse med et tidlige projekt udført af COWI blev der målt strømhastigheder og -retninger af DHI<sup>1</sup> i Grønsund i 2012. Måledata ses i Figur 2-3.



Figur 2-3 Strømningsrose<sup>1</sup>

Som ses i Figur 2-3, er den gennemsnitlige hastighed ca. 0,25 m/s. Baseret på strømningsrosen, er der udvalgt 3 strømhastigheder for beregning, som repræsenterer lav, medium og høj hastighed. De er hhv. 0,075 m/s, 0,25 m/s og 0,45 m/s. Sandsynlighed for en hastighed indenfor disse intervaller kan ses i Tabel 2-3.

Tabel 2-3 Sandsynlighed for udvalgte strømhastighedsintervaller

Strømhastighed [m/s]	Sandsynlighed (%)
0-0,075	25
0,075-0,250	30
0,250-0,450	35
>0,450	10
Sum	100

## 2.3 Datagrundlag for udledning

Det beregnede indhold af stoffer i udledningsvandet er sammenlignet med de anførte grænseværdier i henhold til bilag 2 Del B i Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand<sup>2</sup> i Tabel 2-4. Der er tale om kortvarige, midlertidige udledninger. Af tabellen fremgår det, at grænseværdierne for udledning til recipienter er overskredet for mangan, kobber, nikkel og krom.

Tabel 2-4 Maksimale koncentrationer af stof i udledt trykprøvevand og grænseværdier i henhold til Bek. nr. 1625 af 19/12/2017.

Metal	Maksimal koncentration i udledning - [µg/l]	Grænseværdi (Generel <sup>2</sup> /maksimum <sup>3</sup> ) (BEK 1625) [µg/l]
Mn	1.324	150 <sup>5</sup> / 420 <sup>5</sup> )
V	3,7	4,5 <sup>5</sup> / 57,8

<sup>1</sup> COWI: Januar 2014, Vejdirektoratet: Ny forbindelse over Storstrømmen, VVM. Hydraulisk modellering, Modelkalibrering – Udkast

<sup>2</sup> Bekendtgørelse nr. 1625 af 19/12/2017

Nb	52	-
Ti	36	-
Cu	171	1 <sup>5)</sup> / 2 <sup>5)</sup> 4,9 <sup>6)</sup> / 4,9 <sup>6)</sup>
Ni	238	8,6 / 34
Cr VI	31	3,4 / 17
Cr III		3,4 / 124
Mo	4,6	6,7 <sup>5)</sup> / 587
B	4,6	94 <sup>5)</sup> / 2080 <sup>5)</sup>

2) Denne parameter er miljøkvalitetskravet udtrykt som årgennemsnit (generelt kvalitetskrav). Medmindre andet er angivet, gælder det for den samlede koncentration af alle isomerer

3) Denne parameter er miljøkvalitetskravet udtrykt som højeste tilladte koncentration (maksimumkoncentration).

5) Kvalitetskravet er denne koncentration af stoffet tilføjet den naturlige baggrundskoncentration

6) Kvalitetskravet angiver den øvre koncentration af stoffet uanset den naturlige baggrundskoncentration

Siden det drejer sig om kortvarige, midlertidige udledninger til havet, er der benyttet maksimum grænseværdier for fortyndingsberegning. De krævede fortyndinger  $S$  er vist i Tabel 2-5. Beregning for den krævede fortynding kan ses nedenstående.

På baggrund af udledningens vandføring, dens koncentration  $C_0$ , recipientens i forvejen eksisterende koncentration  $C_{rec}$  samt (for udvalgte stoffer) den naturlige baggrundskoncentration, anvendes følgende formel til beregning af den nødvendige fortynding  $S$  for at opnå opfyldelse af et stofs miljøkvalitetskrav  $C_{crit}$ . Formlen er givet nedenfor:

$$S = \frac{C_0}{C_{crit}} = \frac{C_0 - C_{rec}}{C_{crit} - C_{rec}} \rightarrow \begin{cases} \infty & \text{for } C_{rec} \rightarrow C_{crit} \\ \frac{C_0}{C_{rec}} & \text{for } C_{rec} \rightarrow 0 \end{cases}$$

Når der skal tilføjes en naturlig baggrundskoncentration, indgår denne som tilføjet til  $C_{crit}$ .

Tabel 2-5 Vandkvalitet krav for stoffer og den krævede fortynding  $S$ .

Metal	Koncentration i udledning $C_0$ [ $\mu\text{g/l}$ ]	Maksimum grænseværdi, $C_{crit}$ (BEK 1625) [ $\mu\text{g/l}$ ]	Eksisterende baggrundskoncentration <sup>2)</sup> , $C_{rec}$ [ $\mu\text{g/l}$ ]	Naturlige baggrundskoncentration (uden menneskelig indflydelse) [ $\mu\text{g/l}$ ]	Resulterende grænseværdi $C_{crit}$ [ $\mu\text{g/l}$ ]	Fortyndingsgrad $S$ [-]
Mn	1.324	420 <sup>1)</sup>	2,5	0,8 <sup>3)</sup>	420,8 <sup>5)</sup>	3
Cu	171	2 <sup>1)</sup>	0,68	0,25 <sup>4)</sup>	2,25 <sup>5)</sup>	108
Ni	238	34	0,5		34	7
Cr VI	31	17	0,38		17	1,8

- 1) Kvalitetskravet er denne koncentration af stoffet tilføjet den naturlige baggrundskoncentration
- 2) København Kommune: Københavns Yderhavn, 2017, Regneark, personlig kommunikation
- 3) Rapport 'Baggrundshalter av metaller i Svenska inlands- och kustvatten', 2009
- 4) Datablade fra Miljøstyrelsen, Kobber (7440-02-0) fra jan. 2017, personlig kommunikation
- 5) Vandkvalitetskrav beregnet ud fra kolonne 2 og kolonne 4

### 3 Resultat

Som kan ses i Tabel 2-5, kræver kobber den højeste fortynding på 108. Beregningerne tager derfor udgangspunkt i den krævede fortynding for kobber, da vandkvalitet for de 3 andre stoffer Mn, Ni og Cr vil opfylde krav når kobber opfylder vandkvalitetskrav.

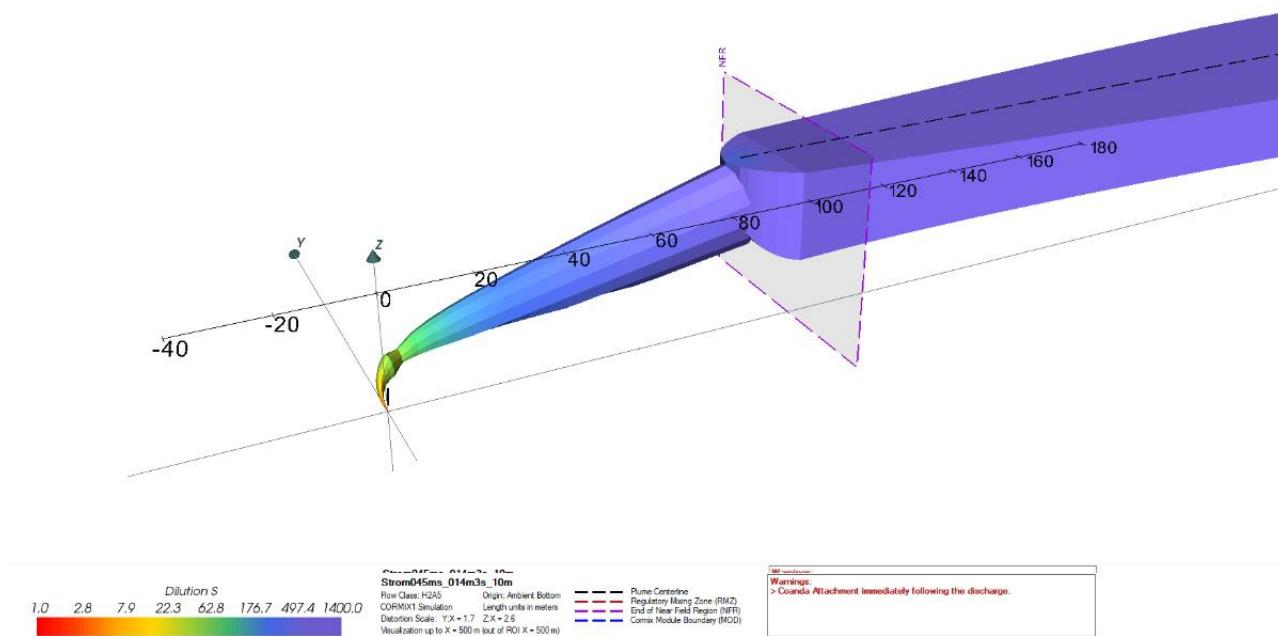
#### 3.1 Krydsningerne ved Færgestrømmen og ved Grønsund

Da der er mulighed for at udledningpunkter ligger relativ dybt ved 8 eller 10 m i render ved Færgestrømmen og Grønsund, kan der forventes relativ gode blandingsforhold på disse 2 lokaliteter. Tabel 3-1 viser resultater for den nedstrøms afstand fra CORMIX simulering ved givne strømhastigheder og udledningvandføringer. Som det ses i Tabel 3-1, findes blandingslængder på mindre end 50 m for alle scenarier ved en udledningvandføring på 0,14 m<sup>3</sup>/s.

Ved vandføring 0,14 m<sup>3</sup>/s, er tømningstiden for 800 m<sup>3</sup> vand ca. 2 timer.

Tabel 3-1 Nedstrøms afstand (blandingslængde) for en fortynding på 108 ved forskellige strømhastigheder, udledningsdybder og vandføringer.

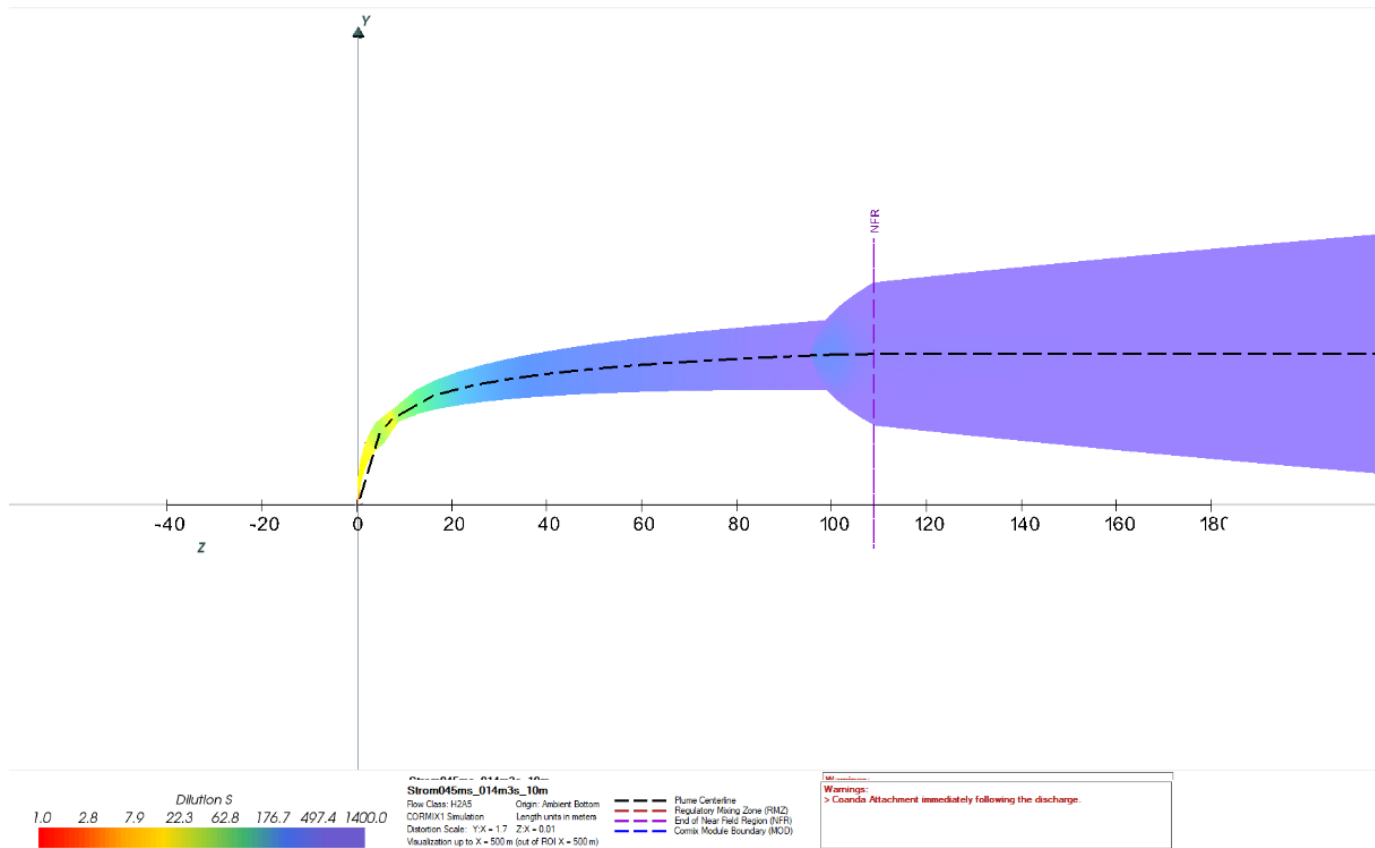
Strømhastighed [m/s]	Dybde ved udløbspunktet [m]	Vandføring [m <sup>3</sup> /s]	Vandføring [m <sup>3</sup> /h]	Tømningstid for 800 m <sup>3</sup> [timer]	Nedstrøms afstand [m]
0,075	8	0,10	360	2	21
	8	0,14	504	2	23
	10	0,14	504	2	21
0,25	8	0,14	504	2	31
	10	0,14	504	2	31
0,45	8	0,14	504	2	34
	10	0,14	504	2	34



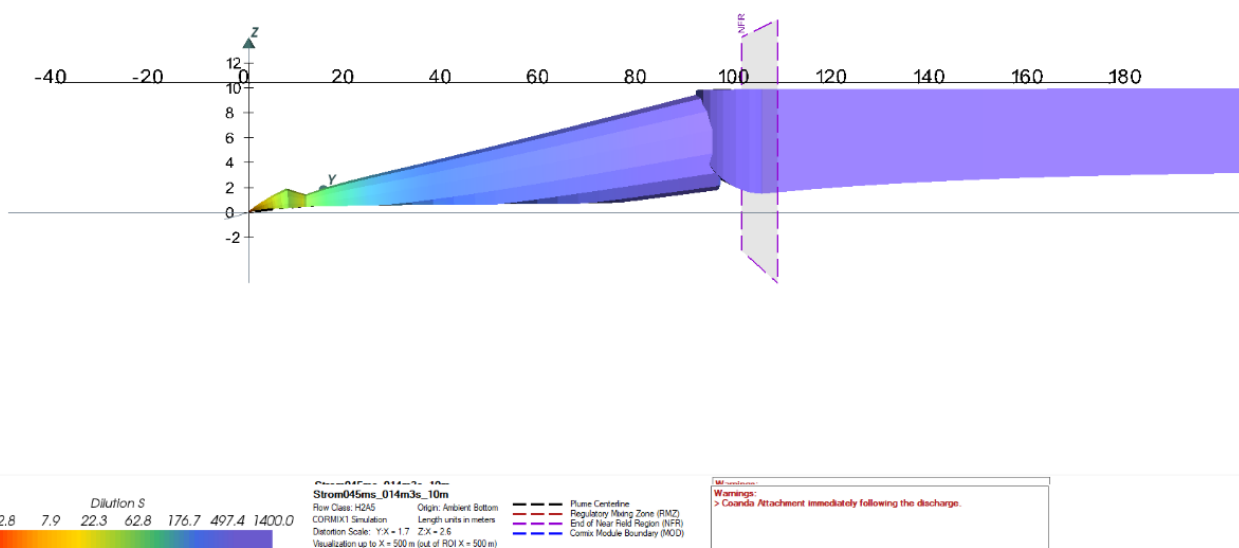
Figur 3-1 Illustrationer af faneudviklingen for stoffer i recipienten, strømhastighed 0,45 m/s, vandføring 0,14 m<sup>3</sup>/s, 3-dimensional illustration. Ved S er 108, er den nedstrøms afstand ca. 34 m

Bemærkning: Ved udledning tæt på havbunden vil strømmingen på den første strækning (ca. 1 meter) strømme langs havbunden. Dette fænomen betegnes som "Coanda Attachment" og nævnes som en "warning" i modeludskriften. Det har dog ingen effekt på vores vurderinger.





Figur 3-2 Illustrationer af faneudviklingen for stoffer i recipienten, strømhastighed 0,45 m/s, vandføring 0,14 m<sup>3</sup>/s, plan illustration. Ved S er 108, er den nedstrøms afstand ca. 34 m



Figur 3-3 Illustrationer af faneudviklingen for stoffer i recipienten, strømhastighed 0,45 m/s, vandføring 0,14 m<sup>3</sup>/s, snit illustration. Ved S er 108, er den nedstrøms afstand på ca. 34m

### 3.2 Krydsning af Guldborgsund

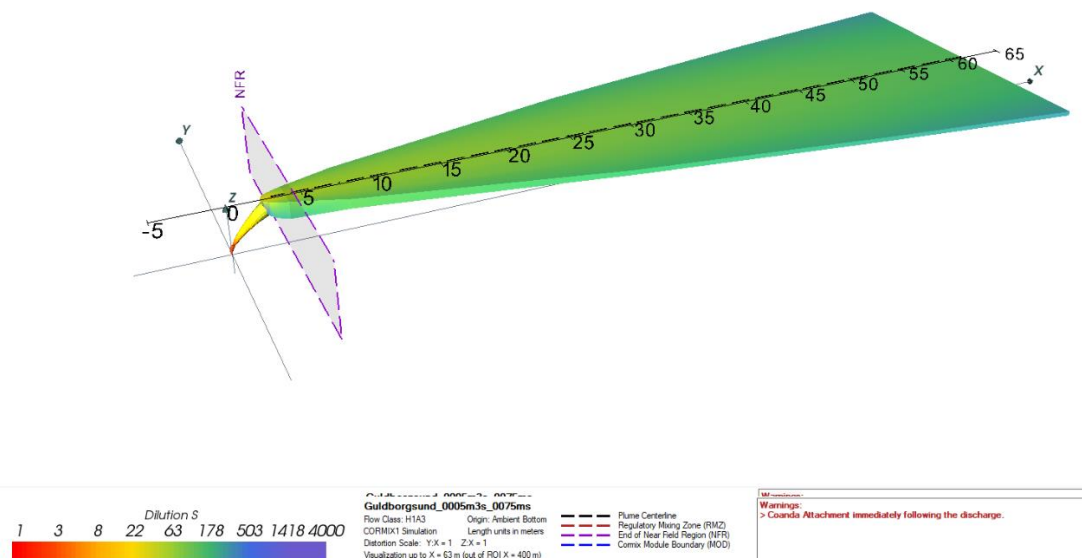
For lokaliteten ved Guldborgsund, er den størst mulige vanddybde for ledningen ca. 2,6 m. Her er blandingsforhold mindre fordelagtige end i Færgestrømmen og Grønsund, da vanddybde er betydelig mindre.

Tabel 3-2 viser resultater for nedstrøms afstand hvor fortyndingen er 108 beregnet med CORMIX simulering. Ved en strømningshastighed på 0,075 m/s, kræves en relativ lille vandføring på 0,005 m<sup>3</sup>/s for at overholde krav om den nedstrøms afstand er mindre end 50 m. Denne vandføring giver en tømningstid på ca. 22 timer for 800 m<sup>3</sup> vand.

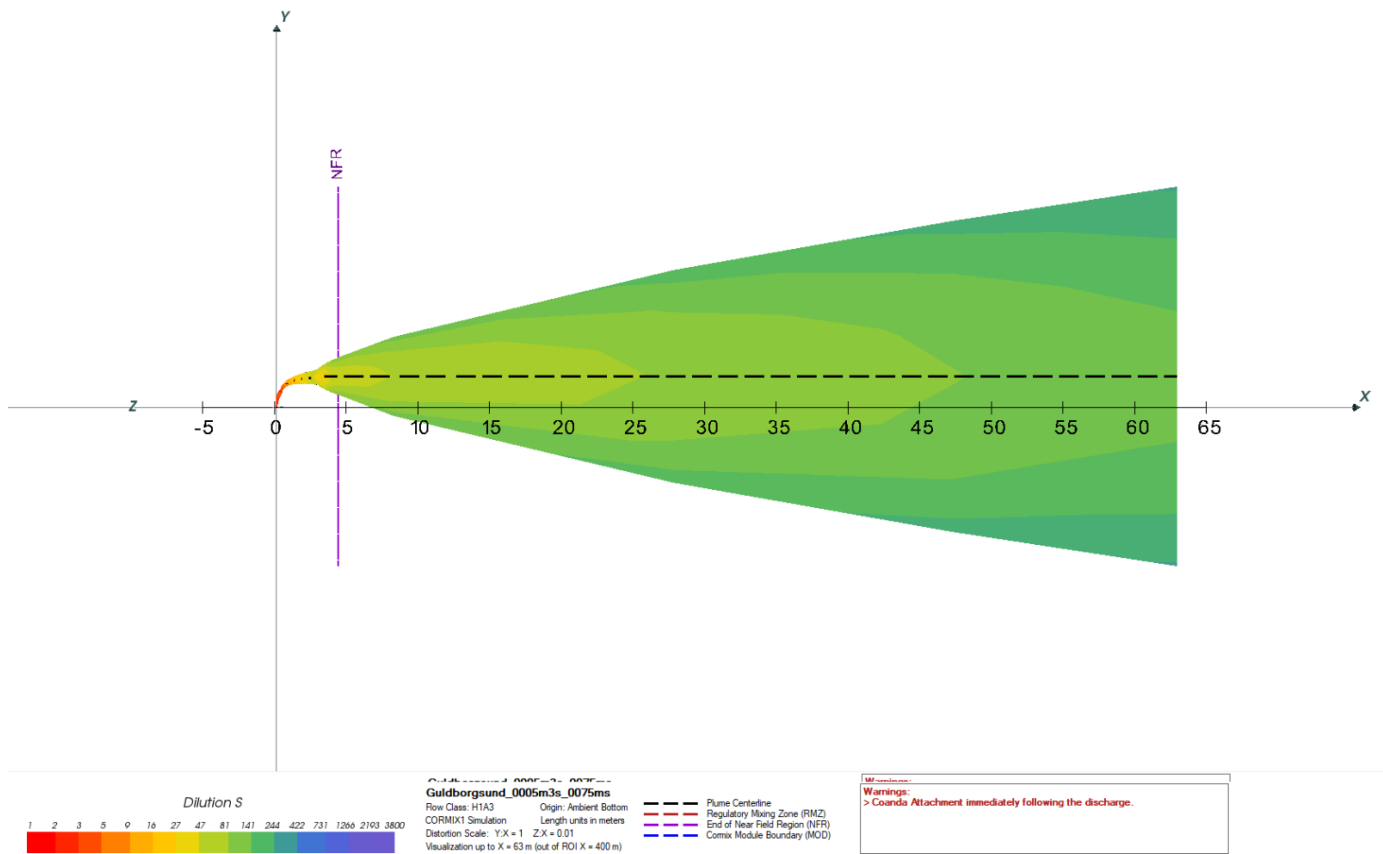
For scenarier om strømhastigheder på 0,25 m/s og 0,45 m/s, kræves en vandføring på hhv. 0,07 m<sup>3</sup>/s og 0,1 m<sup>3</sup>/s for at overholde kravet på 50 m for blandingszonen. Tømningstiden for de 2 scenarier er under 5 timer.

Tabel 3-2 Den nedstrøms afstand hvor fortynding er 108. Vandføringer med **fed** skrift indikerer at blandingslængden er under 50 m.

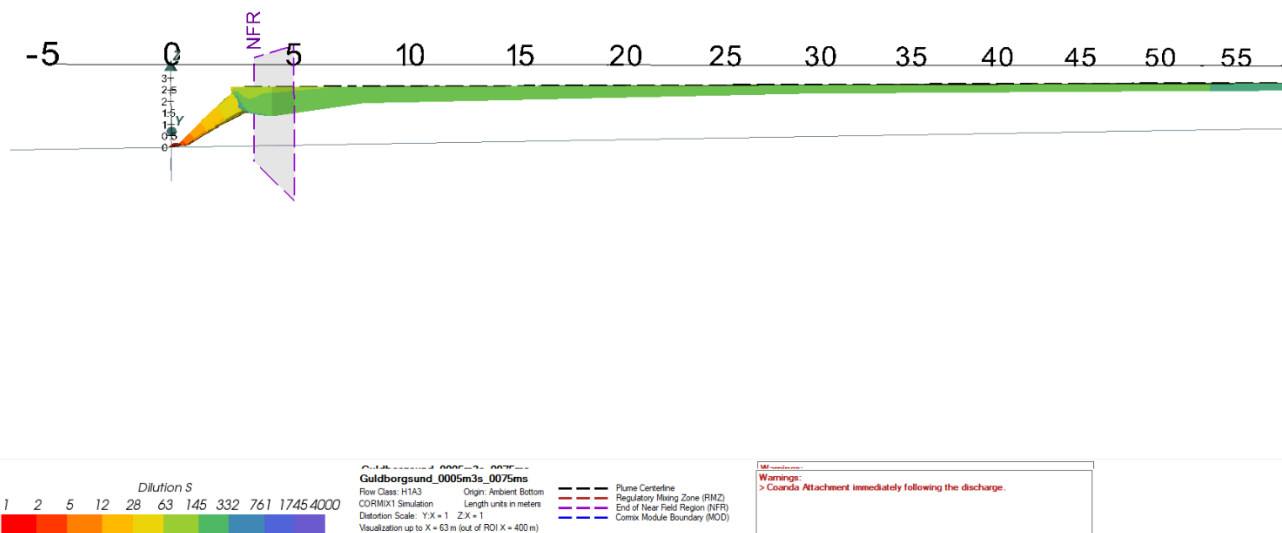
Strømhastighed [m/s]	Vandføring [m <sup>3</sup> /s]	Vandføring [m <sup>3</sup> /h]	Tømningstid for 800 m <sup>3</sup> [timer]	Nedstrøms afstand [m]
0,075	0,010	36	22,2	93
	<b>0,005</b>	18	44,4	47
0,25	0,100	360	2,2	95
	<b>0,070</b>	252	3,2	30
0,45	<b>0,100</b>	360	2,2	30
	0,140	504	1,6	56



Figur 3-4 Illustrationer af faneudviklingen for stoffer i recipienten, strømhastighed 0,075 m/s, vandføring 0,005 m<sup>3</sup>/s, 3-dimensional illustration. Ved S er 108, er den nedstrøms afstand på ca. 50 m.



Figur 3-5 Illustrationer af faneudviklingen for stoffer i recipienten, strømhastighed 0,075 m/s, vandføring 0,005 m<sup>3</sup>/s, Plan illustration. Ved S er 108, er den nedstrøms afstand på ca. 50 m.



Figur 3-6 Illustrationer af faneudviklingen for stoffer i recipienten, strømhastighed 0,075 m/s, vandføring 0,005 m<sup>3</sup>/s, snit illustration. Ved S er 108, er den nedstrøms afstand på ca. 50m