

OKTOBER 2021
AARHUS HAVN

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

BILAG 19

UDVIDELSE AF AARHUS HAVN - YDERHAVNEN

PÅVIRKNINGER I HJELM DYB AF KLAPNING AF
MATERIALE FRA HAVNEUDVIDElsen OG REWATER-
PROJEKTET

INDHOLD

1	Formål	2
2	Sedimentspredning	3
2.1	Maksimale koncentrationer	3
2.2	Overskridelse af 2 mg/L	5
2.3	Overskridelse af 10 mg/L	7
2.4	Nettodeposition	9
2.5	Nettodepositionsrate	11
3	Tungmetaller	12
3.1	Aarhus ReWater	12
3.2	Havneudvidelsen	14
4	Næringssalte	16
5	Iltforbrug	17
6	Referencer	18

PROJEKTNR.

A104076

DOKUMENTNR.

A104076-PD-085

VERSION

1.0

UDGIVELSESDATO

04.10.2021

BESKRIVELSE

Bilag 19

UDARBEJDET

GOKK

KONTROLLERET

CRJ

GODKENDT

LIBJ

1 Formål

Dette notat beskriver påvirkninger af det maksimale klappingsvolumen fra Aarhus ReWater og Yderhavnen (Udvidelse af Aarhus Havn).

Det drejer sig om i alt 4,9 millioner m³ sediment (se miljøkonsekvensvurdering for Udvidelse af Aarhus Havn, herefter MKV). Der er anvendt modelresultater fra følgende scenarier:

- > Havneudvidelsen, scenarie 10: 3,75 millioner m³ (COWI, 2021)
Varighed af modelleret klaping er 1 år og 1 måned
- > Aarhus ReWater, scenarie HD5: 0,93 millioner m³ (COWI, 2021)
Varighed af modelleret klaping er 6½ måned.

Sammenlagt svarer dette til 4,68 millioner m³.

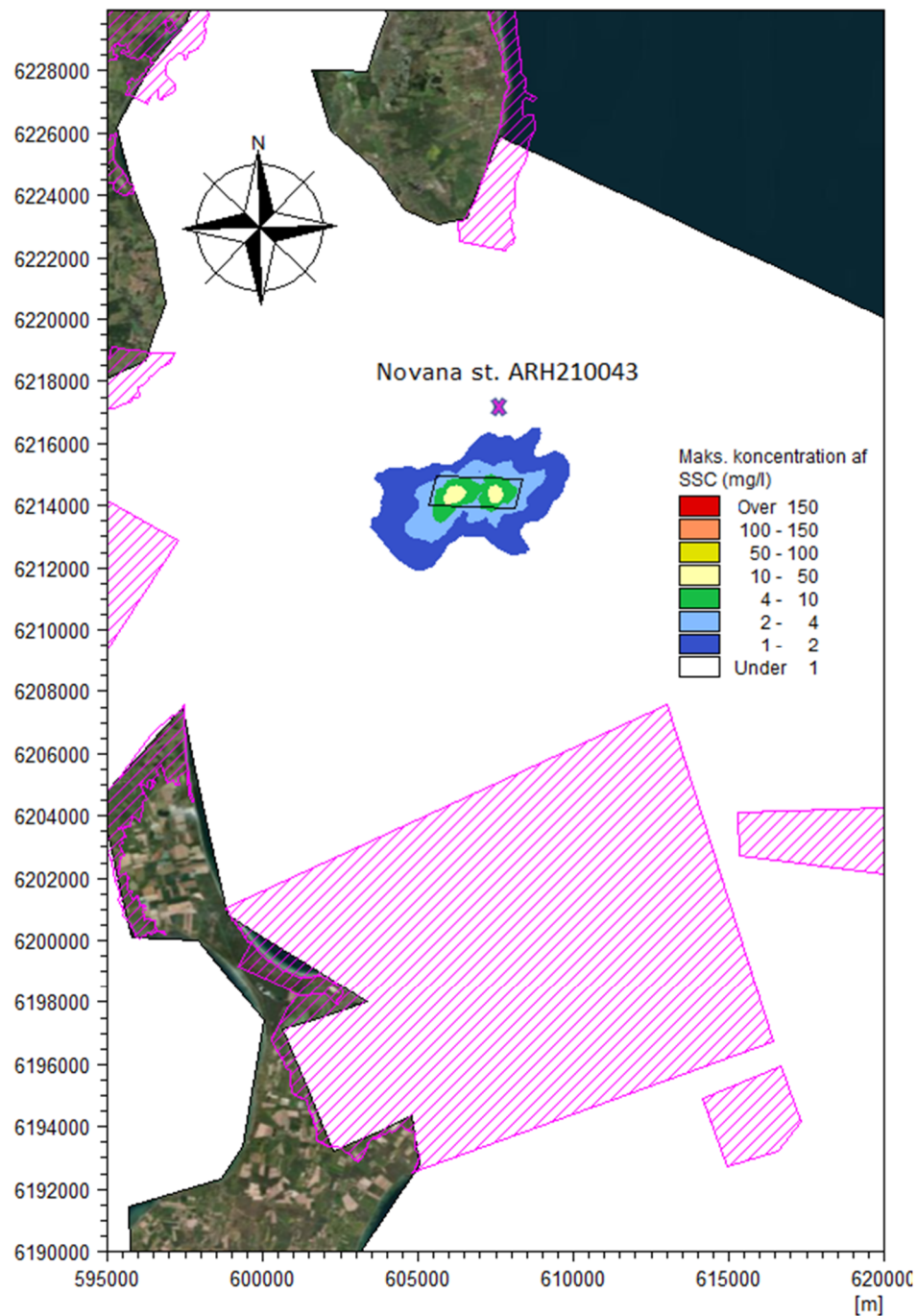
Det forventes, at aktiviteterne fra Aarhus ReWater og havneudvidelsen vil forløbe tidsligt forskudt. Derved vil koncentrationerne af sedimentspild og frigivne stoffer ikke interagere og kan vurderes hver for sig. Derimod skal nettosedimentationerne vurderes akkumulativ.

Det bemærkes, at modelleringen af den store klaping fra havneudvidelsen i modellen er gennemført på den samme position. Derudover ligger positionen yderligt i forhold til klappladsen. Derfor vil påvirkningerne fra en mere realistisk klaping fordele sig mere jævnt over hele klappladsen. Følgelig forventes påvirkningsfanerne fra havneprojektet at være mere jævnt fordelt i området omkring klappladsen end antydnet i modelresultaterne.

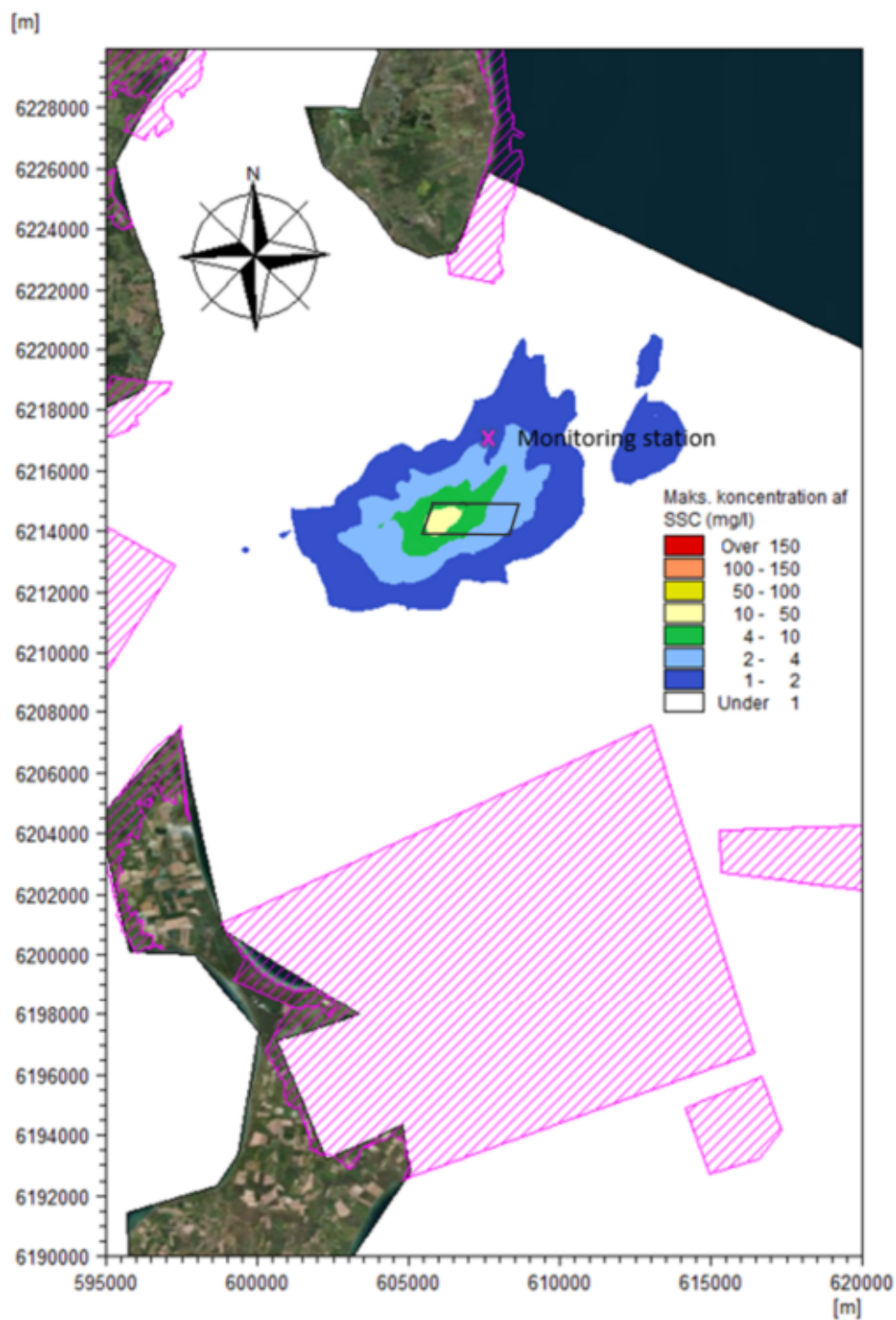
2 Sedimentspredning

2.1 Maksimale koncentrationer

[m]

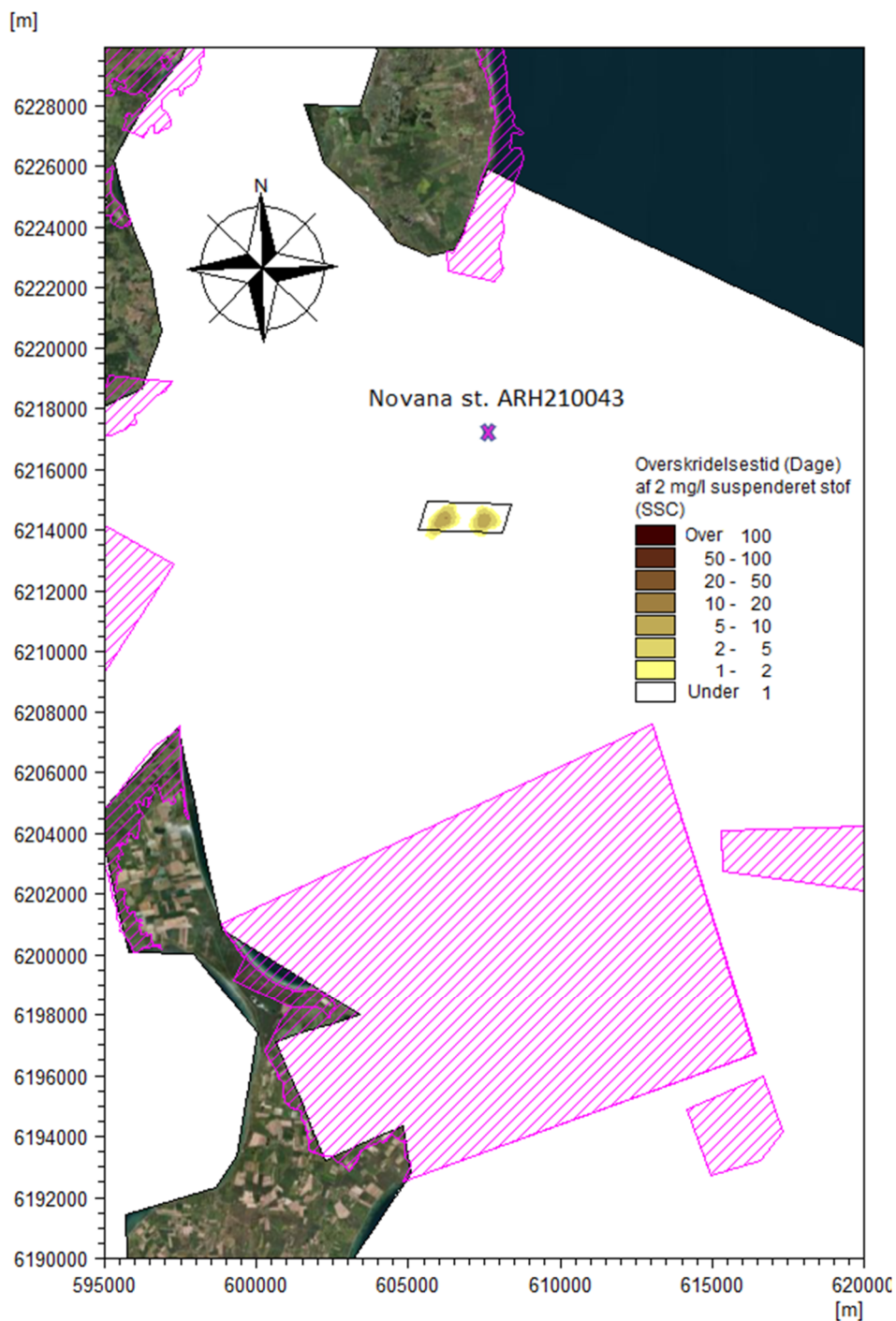


Figur 2-1 Maksimale koncentrationer af suspenderet stof efter klappning af 0,93 mio. m³ fra ReWater HD5, Fig 5-15 i (COWI, 2021).

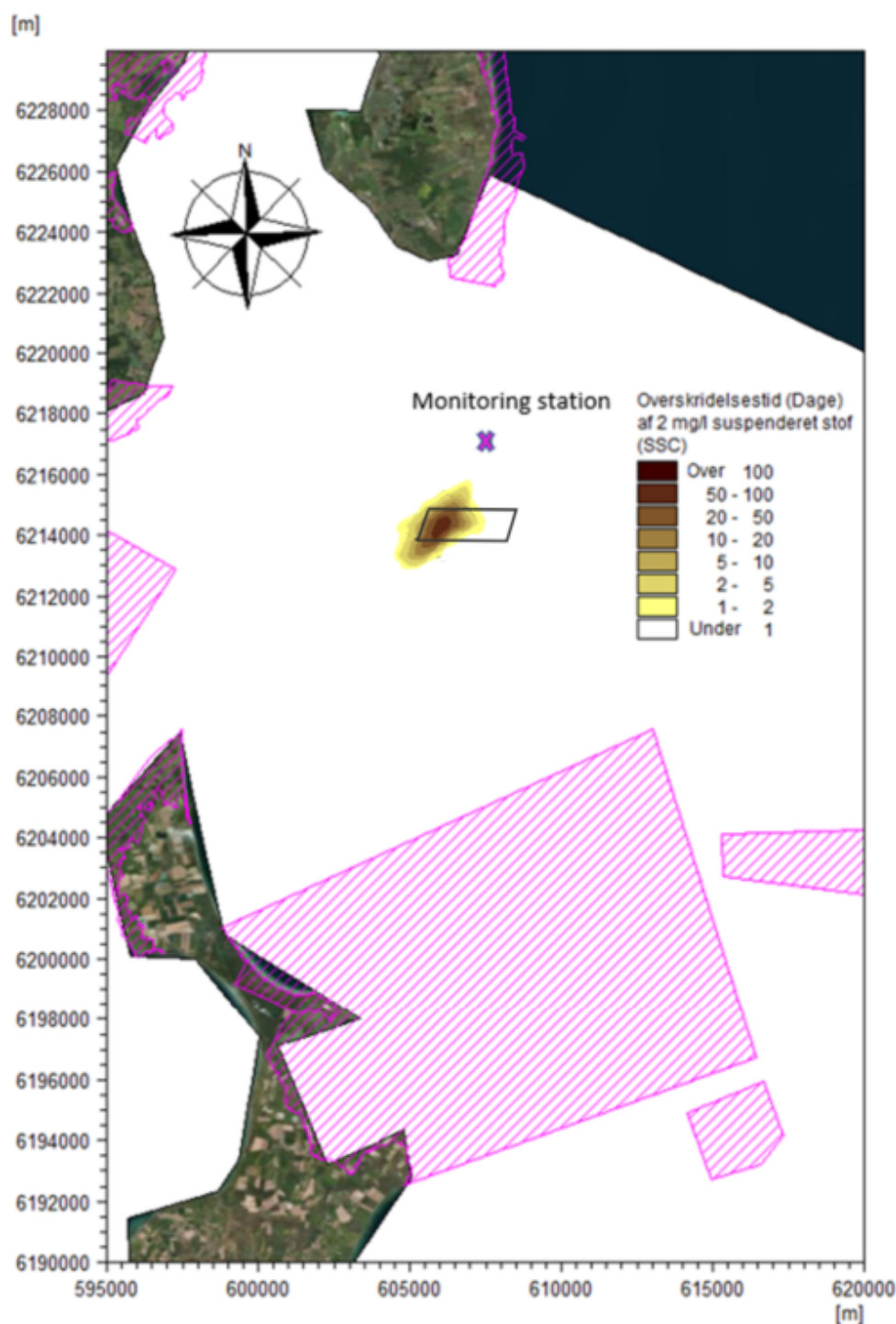


Figur 2-2 Maksimale koncentrationer efter klappning af 3,75 mio. m³ fra havneudvidelsen scenarie 10, Fig 8-11 i (COWI, 2021).

2.2 Overskridelse af 2 mg/L

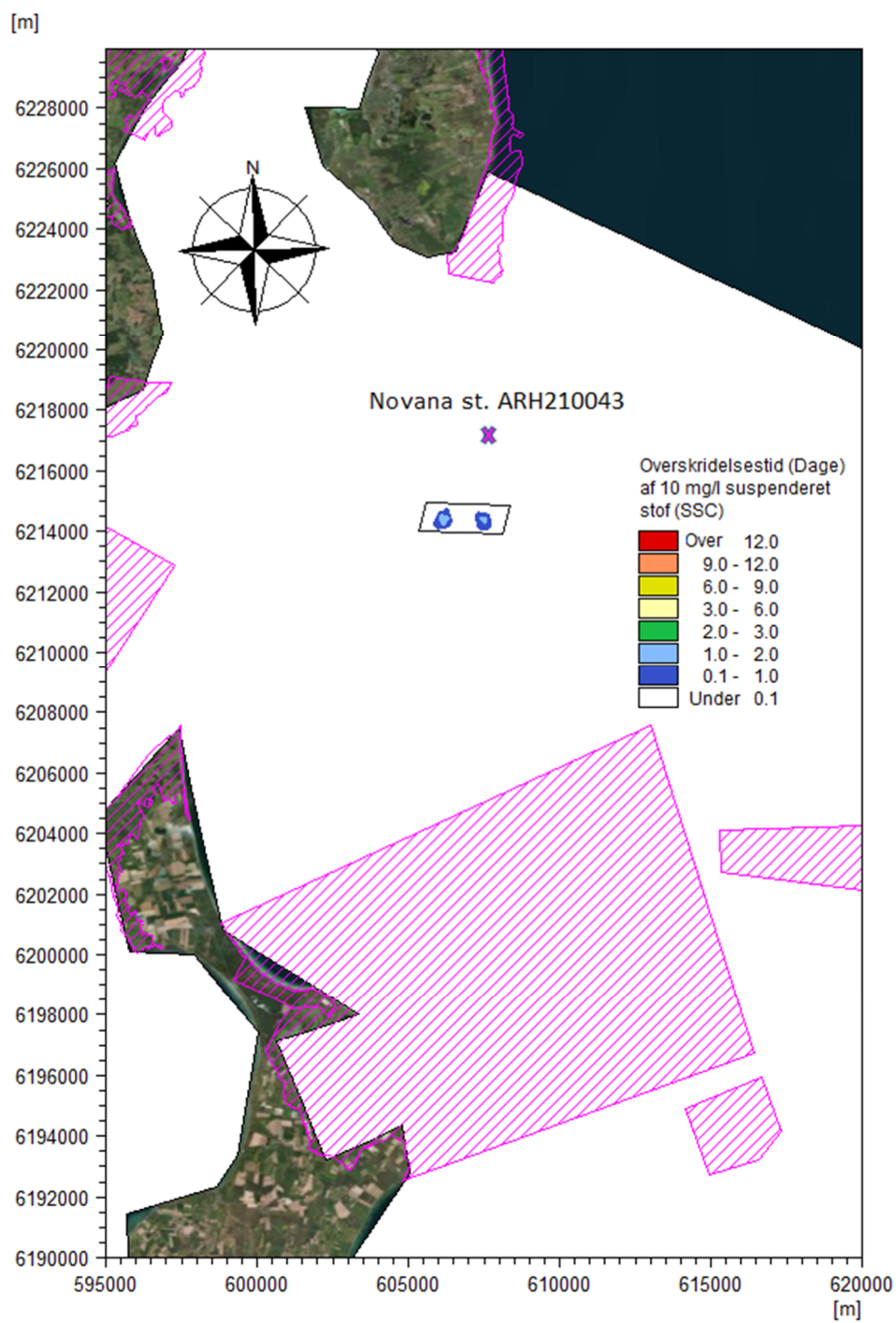


Figur 2-3 Overskridelsestid af 2 mg/l grænsen efter klappning af 0,93 mio. m³ fra Aarhus ReWater HD5, Fig 5-20 i (COWI, 2021).

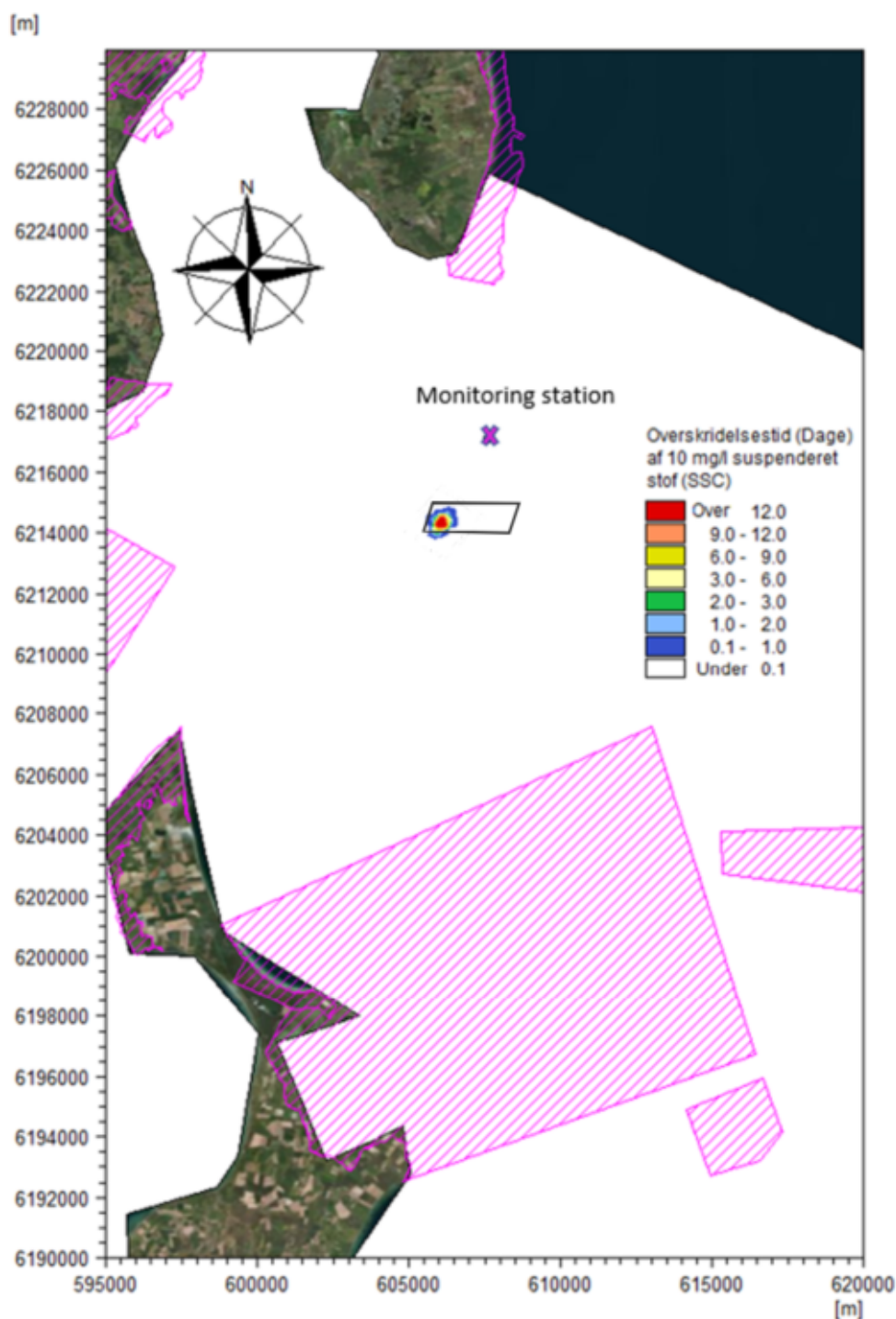


Figur 2-4 Overskridelsestid af 2 mg/l grænsen efter klapning af 3,75 mio. m³ fra havneudvidelsen scenarie 10, Fig 8-2 i (COWI, 2021).

2.3 Overskridelse af 10 mg/L



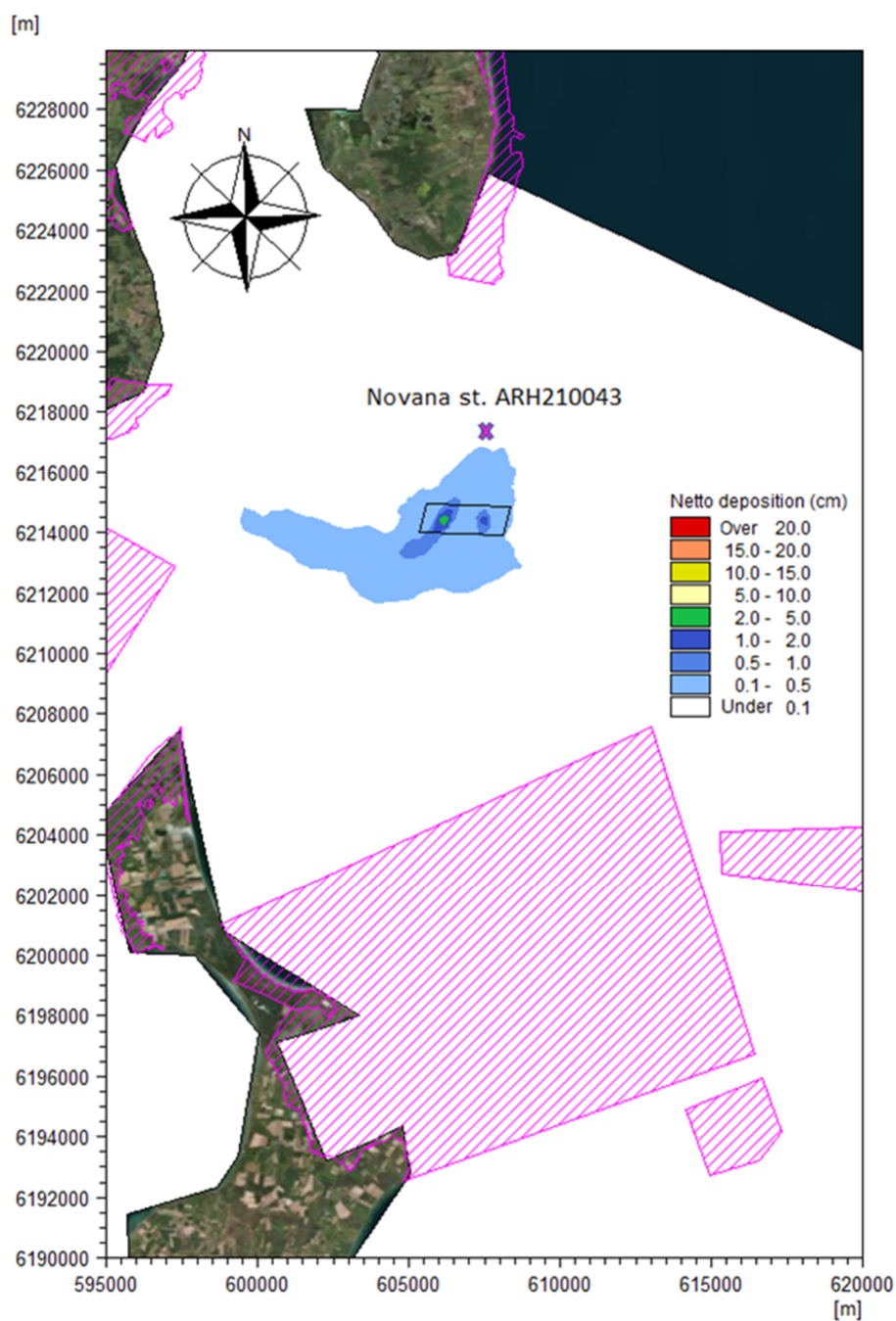
Figur 2-5 Overskridelsestid af 10 mg/l grænsen efter klaping af 0,93 mio. m³ fra Aarhus ReWater HD5, Fig 5-25 i (COWI, 2021).



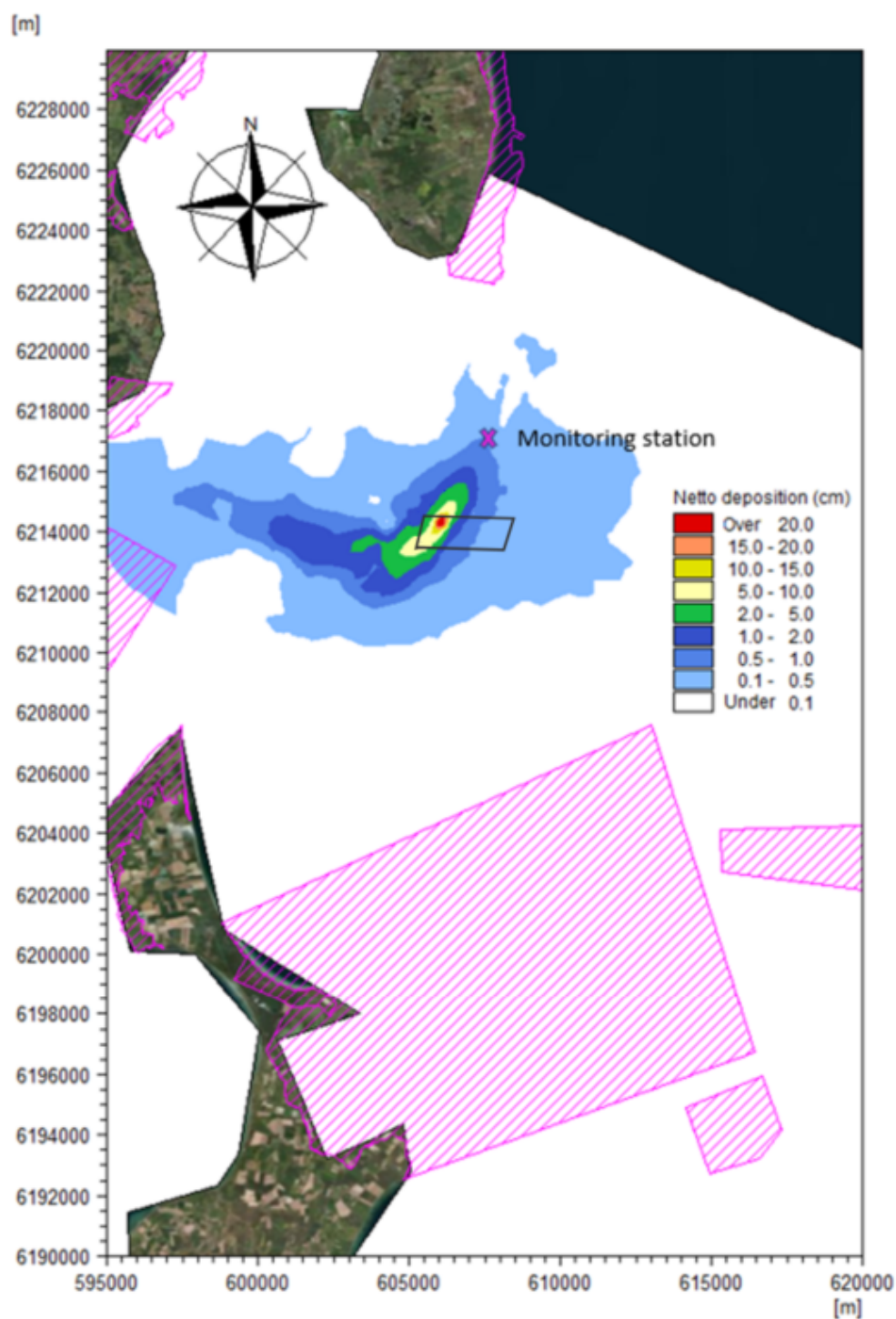
Figur 2-6

Overskridelsestid af 10 mg/l grænsen efter klapning af 3,75 mio. m³ fra havneudvidelsen scenarie 10, Fig 8-5 i (COWI, 2021).

2.4 Nettodeposition

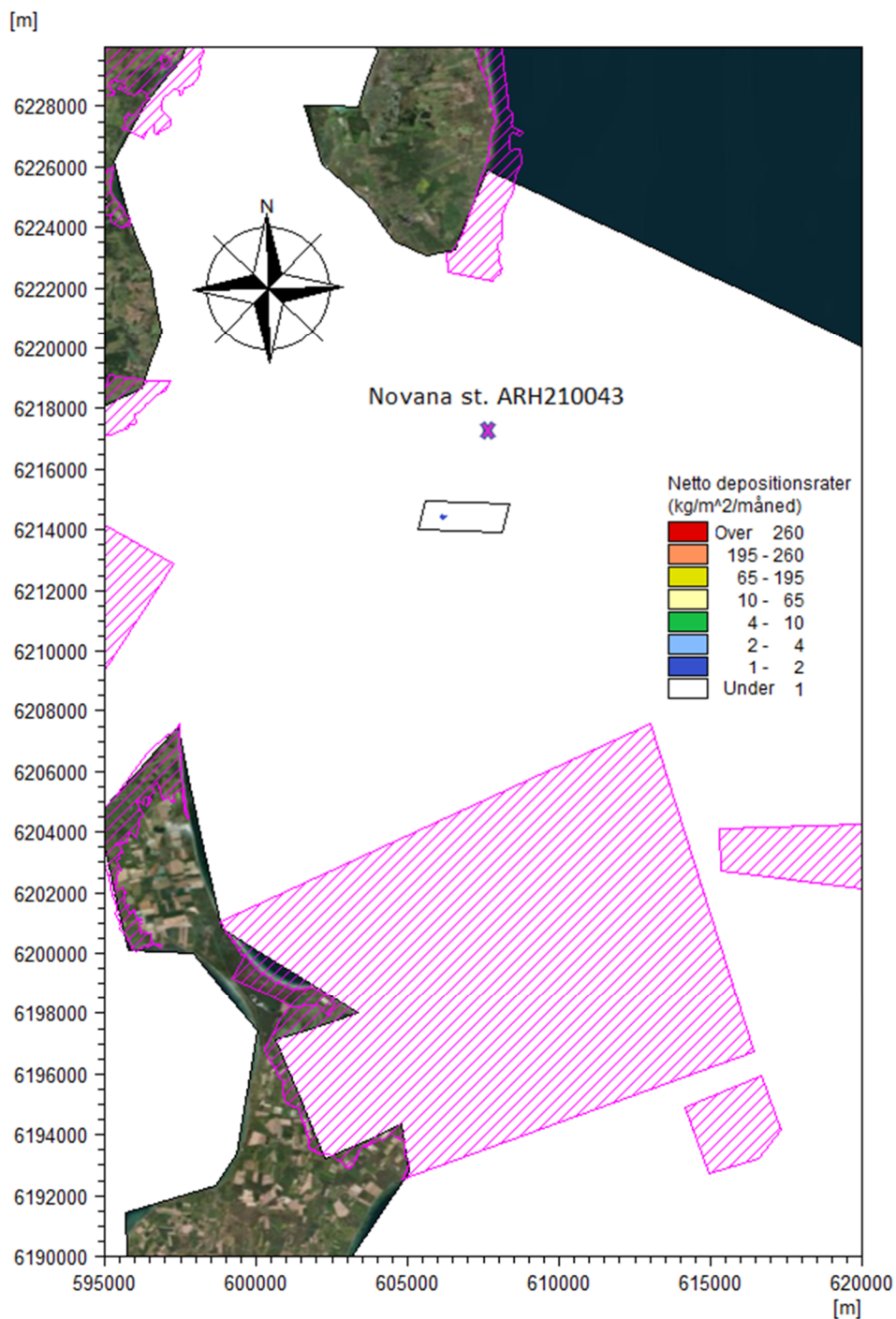


Figur 2-7 *Nettosedimentation af spild efter klappning af 0,93 mio. m³ fra Aarhus ReWater HD5, Fig 5-30 i (COWI, 2021), (MKV, figur 10-25).*



Figur 2-8 Nettodepositionen efter klappning af 3,75 mio. m³ fra havneudvidelsen scenario 10, Fig 8-8 i (COWI, 2021).

2.5 Nettodepositionsrate



Figur 2-9 Netto depositionsrate efter klappning af 0,93 mio. m³ fra Aarhus ReWater HD5, Fig 5-32 i (COWI, 2021).

Vi har ingen modellering af nettodepositionsrate for scenario 10. Så vi kan ikke udtale os om nettosedimentationsrate.

3 Tungmetaller

Frigivelse af tungmetaller under klappning er angivet i tabellerne nedenfor. Derudover er tungmetalkoncentrationerne i vandet beregnet efter initialfortynding, dvs. i umiddelbar nærhed af klappningen (få meter).

3.1 Aarhus ReWater

Tabel 3-1 Tungmetalfrigivelse fra 0,93 mio. m³ fra Aarhus ReWater. Data er dokumenteret i Bilag 15 (MKV).

Stof	1. Middel- konc. i sedi- ment	2. Middel- konc. i sedi- ment	3. Sedi- ment- spild un- der klappning	4. Spild rate af ikke fri- givet stof un- der klappning	5. Frigi- velse	6. Spild rate af frigivet metal og TBT under klappning	7. Spild over hele ak- tivitet
	[mg/kg tør- vægt]	[mg/kg våd- vægt]	[kg/se- kund]	[mg/se- kund]	[%]	[mg/se- kund]	[kg]
Arsen (As)	4,6	3,4	3,82	13	0,43	0,056	0,8
Bly (Pb)	10,7	7,9	3,82	30	1,9	0,58	8,1
Cad- mium (Cd)	0,28	0,21	3,82	0,79	0,34	0,0027	0,038
Chrom (Cr)	10,6	8	3,82	30	0,17	0,051	0,7
Kobber (Cu)	16,4	12,1	3,82	46	0,39	0,18	2,5
Kviksølv (Hg)	0,063	0,047	3,82	0,18	1,14	0,0020	0,03
Nikkel (Ni)	12,8	9,5	3,82	36	1,35	0,49	7
Zink (Zn)	45,6	34	3,82	129	1,89	2,4	34
TBT	0,0175	0,0130	3,82	0,049	0,77	0,00038	0,0054

Tungmetalkoncentrationerne i vandet er beregnet efter initialfortynding, dvs. i umiddelbar nærhed af klappningen (få meter). Der er regnet med at initialfortyndingen foregår i en vandføring med en bredde på 5 m, en vanddybde på 25 m og en strømhastighed på 0,25 m/s, dvs. 31 m³/s. Koncentrationen af frigivet tungmetal efter initialfortynding er beregnet ved at dividere frigivelsesraten (kolonne 6 i Tabel 3-1) med ovenstående vandføring.

Tabel 3-2 Tungmetalkoncentrationer efter initialfortynding umiddelbart efter klappning af 0,93 mio. m³ fra ReWater.

Stof	1. Overkon- centra- tion efter initialfor- tynding	2. Eksiste- rende bag- grunds- koncen- tration	3 Koncen- tration efter ini- tialfortyn- ding	4. Miljøkva- litetskrav (BEK 1625)	5. Naturlig bag- grunds- koncen- tration	5. Krævet fortyn- ding F
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[-]
Arsen ^{*)} (As)	0,0018	1,06	1,06	0,6	0,93	Co<Ccrit
Bly (Pb)	0,018	0,56	0,6	1,3		Co<Ccrit
Cadmium (Cd)	0,0001	0,025	0,03	0,2		Co<Ccrit
Chrom (Cr)	0,002	0,38	0,4	3,4		Co<Ccrit
Kobber ^{*)} (Cu)	0,0058	0,68	0,7	1	0,9	Co<Ccrit
Kviksølv (Hg)	0,0001	0,082	0,08	0,07		Ccrit<Cre c
Nikkel (Ni)	0,0156	0,5	0,5	8,6		Co<Ccrit
Zink ^{*)} (Zn)	0,0779	4,3	4,4	7,5	4	Co<Ccrit
TBT	0,00001	0	0,00001	0,0002		Co<Ccrit

*) Tilføjet naturlig baggrundskoncentration

Hvor $C_0 < C_{crit}$, er initialkoncentrationen lavere end miljøkvalitetskriteriet og dermed er en fortynding ikke nødvendig.

Hvor $C_{crit} \leq C_{rec}$, er den eksisterende koncentration i recipienten højere end miljøkvalitetskriteriet og dermed er en fortynding ikke muligt.

3.2 Havneudvidelsen

Tilsvarende tal er beregnet for havneudvidelsen.

Tabel 3-3 Tungmetalfrigivelse fra 3,75 mio. m³ fra havneudvidelsen, data er dokumenteret i Bilag 14 (MKV).

Stof	1. Middel- konc. i sedi- ment	2. Middel- konc. i sedi- ment	3. Sedi- ment- spild under klapning	4. Spild rate af ikke fri- givet stof un- der klapning	5. Frigi- velse	6. Spild rate af frigivet metal og TBT under klapning	7. Spild over hele ak- tivitet
	[mg/kg tør- vægt]	[mg/kg våd- vægt]	[kg/se- kund]	[mg/se- kund]	[%]	[mg/se- kund]	[kg]
Arsen (As)	8,7	4,8	7,64	36,7	0,43	0,158	5,4
Bly (Pb)	11	6,1	7,64	46,6	1,9	0,89	30,4
Cad- mium (Cd)	0,18	0,1	7,64	0,8	0,34	0,0026	0,089
Chrom (Cr)	21	12	7,64	91,7	0,17	0,156	5,4
Kobber (Cu)	12,9	7,1	7,64	54,2	0,39	0,212	7,3
Kviksølv (Hg)	0,05	0,03	7,64	0,2	1,14	0,00261	0,09
Nikkel (Ni)	15,8	8,7	7,64	66,5	1,35	0,90	31
Zink (Zn)	44	24	7,64	183,4	1,89	3,5	119
TBT	0,006	0,0033	7,64	0,0	0,77	1,9E-04	0,0067

Tilsvarende er koncentrationerne efter initialblandingen beregnet for havneudvidelsen

Tabel 3-4 Tungmetalkoncentrationer efter initialfortynding umiddelbart efter klappning af 3,75 mio. m³ fra havneudvidelsen.

Stof	1. Beregnet overkoncentration efter initialfortynding	2. Miljøkvalitetskrav* (BEK 1625)	3. Naturlig baggrundskoncentration	4. Eksisterende baggrundskoncentration	5. Krævet fortynding F
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[-]
Arsen (As)	0,0050	0,6	0,93	1,06	$C_0 < C_{crit}$
Bly (Pb)	0,028	1,3		0,56	$C_0 < C_{crit}$
Cadmium (Cd)	0,0001	0,2		0,025	$C_0 < C_{crit}$
Chrom (Cr)	0,005	3,4		0,38	$C_0 < C_{crit}$
Kobber (Cu)	0,0068	1	0,9	0,68	$C_0 < C_{crit}$
Kviksølv (Hg)	0,0001	0,07	0	0,082	$C_{crit} = C_{rec}$
Nikkel (Ni)	0,0287	8,6	0	0,5	$C_0 < C_{crit}$
Zink (Zn)	0,1109	7,5	4	4,3	$C_0 < C_{crit}$
TBT	0,00001	0,0002	0	0	$C_0 < C_{crit}$

*) Tilføjet naturlig baggrundskoncentration

Hvor $C_0 < C_{crit}$, er initialkoncentrationen lavere end miljøkvalitetskriteriet og dermed er en fortynding ikke nødvendig.

Hvor $C_{crit} = C_{rec}$, er den eksisterende koncentration i recipienten højere end miljøkvalitetskriteriet og dermed er en fortynding ikke muligt.

3.2.1 Samlet tungmetalfrigivelse

Mængderne er sammenfattet og summeret i nedenstående tabel.

Tabel 3-5 Frigivne mængder tungmetaller fra Aarhus ReWater, Udvidelse af Aarhus Havn og summen af begge projekter.

Stof	Aarhus Havn [kg]	ReWater [kg]	Sum [kg]
Arsen (As)	5,4	0,8	6,2
Bly (Pb)	30,4	8,1	38,5
Cadmium (Cd)	0,089	0,038	0,127
Chrom (Cr)	5,4	0,7	6,1
Kobber (Cu)	7,3	2,5	9,8
Kviksølv (Hg)	0,09	0,03	0,12
Nikkel (Ni)	31	7	38
Zink (Zn)	119	34	153
TBT	0,0067	0,0054	0,012

4 Næringssalte

Frigivelse af næringssaltene kvælstof (N) og fosfor (P) til vandfasen er baseret på volumenvægtede gennemsnit af målte sedimentindhold og målte tørvægts procenter.

Ved beregning af initialkoncentrationen er der taget udgangspunkt i, at stoffet blandes vertikalt over vandsøjlen over en vanddybde på 25 m, en bredde på 5 m ved en strømhastighed på 0,25 m/s (½ knob).

Tabel 4-1 Næringssaltfrigivelse fra 0,93 mio. m³ fra Aarhus ReWater, data er dokumenteret i Bilag 15 (MKV).

Parameter	Dimension	N	P
Sedimentindhold	[mg/kgTS]	1060	350
Tørvægtsprocent	[%]	69,1	69,1
Densitet	[kg/m ³]	2088	2088
Frigivelsesprocent	[% , 75% fraktil]	0,53	1,08
Spildprocent	[%]	7	7
Klapningsrate	[m ³ /døgn]	5500	5500
Frigivelsesrate	[mg/s]	36	24
Initial vandføring	[m ³ /s]	31	31
Initial koncentration	[µg/L]	1,2	0,8
Frigivelse	[ton/aktivitet]	0,3	0,2

Tabel 4-2 Næringssaltfrigivelse fra 3,75 mio. m³ fra havneudvidelsen, data er dokumenteret i Bilag 14 (MKV).

Parameter	Dimension	N	P
Sedimentindhold	[mg/kgTS]	838	464
Tørvægtsprocent	[%]	55	55
Densitet	[kg/m ³]	1835	1835
Frigivelsesprocent	[% , 75% fraktil]	0,53%	1,08%
Spildprocent	[%]	7%	7%
Klapningsrate	[m ³ /døgn]	11000	11000
Frigivelsesrate	[mg/s]	40	45
Initial vandføring	[m ³ /s]	31	31
Initial koncentration	[µg/L]	1,3	1,4
Frigivelse	[ton/aktivitet]	1,4	1,5

Mængderne af næringssalte der frigives til vandområdet og som derfor er relevante i sammenhæng med vandplanernes indsatsbehov er sammenfattet og summeret i nedenstående tabel.

Tabel 4-3 Mængder af næringssalte frigivet til vandfasen fra Aarhus ReWater, Udvidelse af Aarhus Havn og summen af begge projekter (indenfor en varighed på 1 år).

Stof	Aarhus Havn [ton]	ReWater [ton]	Sum [ton]
Kvælstof (N)	1,4	0,3	1,7
Fosfor (P)	1,5	0,2	1,7

For at belyse hvor store mængder af kvælstof og fosfor, der transporteres med sedimentet, er, er i Tabel 4-4 givet en opgørelse for de totale transporter mængder, dvs. uden hensyn til sedimentspildet og uden hensyn til stoffernes frigivelsesrater til havvand. Disse næringsstofmængder vil dermed ikke blive frigivet til vandfasen.

Tabel 4-4 Transporter af totale næringsstofmængder bundet til sedimentet (indenfor en varighed på 1 år)

Stof	Aarhus Havn [ton]	ReWater [ton]	Sum [ton]
Kvælstof (N)	3.200	1.400	4.600
Fosfor (P)	1.700	500	2.200

5 Iltforbrug

Iltforbruget er beregnet på baggrund af sedimentets volumenvægtede glødetab.

Tabel 5-1 Frigivelse af iltforbrug fra 0,93 mio. m³ fra Aarhus ReWater, data er dokumenteret i Bilag 15 (MKV).

Glødetab	% af tørvægt	3,17
Iltforbrug/ml	mgO ₂ /ml sediment (5 døgn)	0,13
Spildprocent	%	7%
Klapningsrate	m ³ /dag	5500
Iltforbrug	mgO ₂ /s	591
Initial vandføring	m ³ /s	31
Initial sænkning af iltkoncentration	mgO ₂ /L	0,02

Tabel 5-2 Frigivelse af iltforbrug fra 3,75 mio. m³ fra havneudvidelsen, data er dokumenteret i Bilag 14 (MKV).

Glødetab	% af tørvægt	4,91
Iltforbrug/ml	mgO ₂ /ml sediment (5 døgn)	0,18
Spildprocent	%	7%

Klappingsrate	m ³ /dag	11000
Iltforbrug	mgO ₂ /s	1600
Initial vandføring	m ³ /s	31
Initial sænkning af iltkoncentration	mgO ₂ /L	0,05

6 Referencer

COWI, 2021: "Modellering af sedimentspild ved klaping i Hjelm Dyb". Teknisk Rapport udarbejdet for Aarhus Vand, A104076, april 2021

MKV: "Udvidelse af Aarhus havn – Yderhavnen", Miljøkonsekvensrapport, udkast. A104076, PD-003. Udarbejdet for Aarhus Havn af COWI, september 2021