AARHUS HAVN

# Yderhavnen
# Marinarkæologiske prøvegravninger

VURDERING AF SEDIMENTSPREDNING OG AFLEDTE MILJØMÆSSIGE FORHOLD

ADRESSE COWI A/S
Visionsvej 53
9000 Aalborg

TLF +45 56 40 00 00
FAX +45 56 40 99 99
WWW cowi.dk

## INDHOLD

1 Indledning 1

2 Metode og mængder 2

3 Sedimentspild 4

4 Kvælstof 7

5 Miljøfarlige forurenede stoffer (MFS) 8

6 Havstrategi 10
6.1 Påvirkninger af målsætningerne i havstrategien 10
6.2 Konklusion 12

7 Samlet vurdering 12

8 Referencer 12

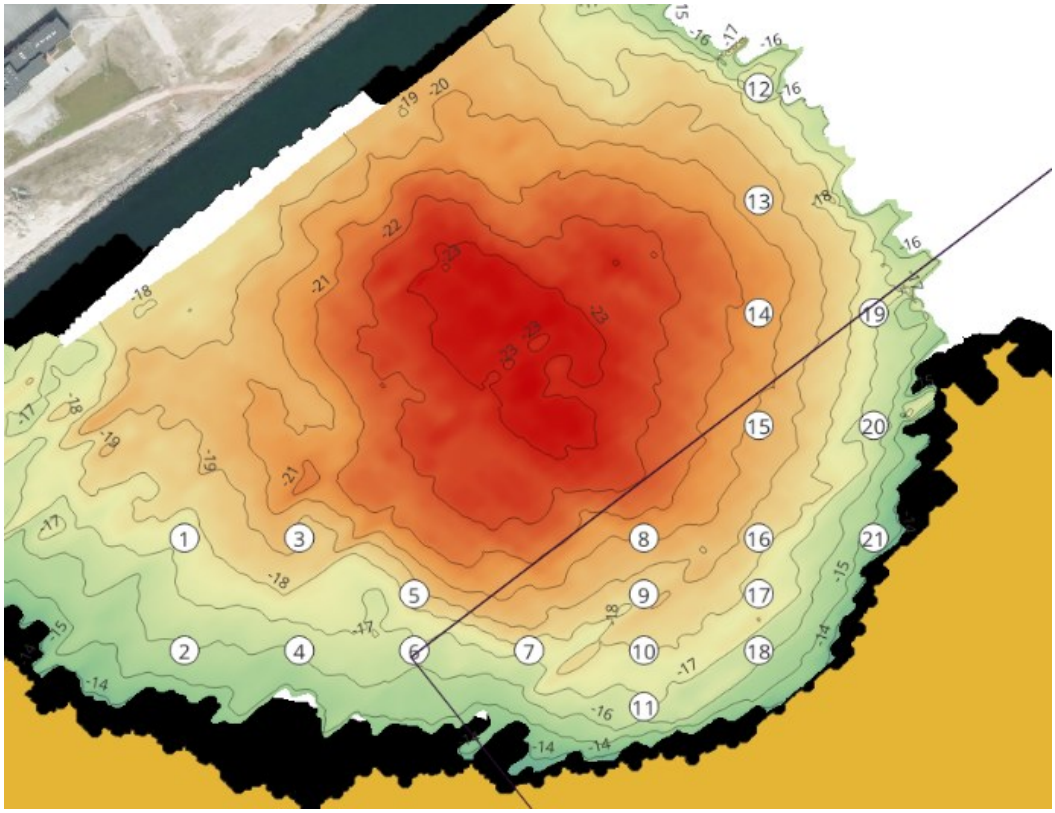
## 1 Indledning

I forbindelse med Aarhus Havns planlagte havneudvidelse (Yderhavnen) skal der foretages ca. 20 marinarkæologiske prøvegravninger som vist på Figur 1. Havnen ønsker at gennemføre disse i juni måned 2024.

Dette korte notat redegør for de miljømæssige effekter der må forvente afledt af gravearbejdet. Vurderingen heri tager afsæt i allerede fremsendte Miljøkonsekvensvurdering (MKV) for havneudvidelsen (COWI, 2024) og de sedimentspildsberegninger m.m. der er foretaget i forbindelse hermed.

| PROJEKTNR. | DOKUMENTNR. |
|---|---|
| A104076 | A104076-PD-117 |

| VERSION | UDGIVELSESDATO | BESKRIVELSE | UDARBEJDET | KONTROLLERET | GODKENDT |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.1 | 21/3/2024 | Teknisk Notat | THRY | SMIN/THGI | THGI |




*Figur 1 Marinarkæologiske prøvegravninger planlagt af Moesgaard Museum.*

## 2 Metode og mængder

Den marinarkæologiske forundersøgelse udføres ved at grabbe havbundsmateriale op på en pram, hvor det så gennemses af arkæologer. Når sedimentet er gennemgået lægges det tilbage i hullet igen.

Baseret på Moesgaard Museums ønske om en gravedybde i udgravningerne fra ca. 1,5 m til 7,5 m, skal der afgraves mellem ca. 30 og 4.000 m³ pr. hul jf. Tabel 1 og samlet set ca. 26.000 m³. Til sammenligning er der i MKV'en vurderet ud fra en samlet mængde på 1,5 mio. m³ (COWI, 2024).

*Tabel 1 Estimerede afgravningsvolumenener.*

| Hul nr. | Gravedybde [m] | Estimeret afgravningsvolumen [m³] |
|---|---|---|
| 1 | 4,5 | 859 |
| 2 | 3 | 254 |
| 3 | 6 | 2036 |
| 4 | 3 | 254 |
| 5 | 5,5 | 1568 |
| 6 | 3,5 | 404 |
| 7 | 4,5 | 859 |
| 8 | 7 | 3233 |
| 9 | 5 | 1178 |
| 10 | 5 | 1178 |
| 11 | 2,5 | 147 |
| 12 | 3 | 254 |
| 13 | 6,5 | 2588 |
| 14 | 7,5 | 3976 |
| 15 | 7 | 3233 |
| 16 | 5,5 | 1568 |
| 17 | 4,5 | 859 |
| 18 | 2,5 | 147 |
| 19 | 4,5 | 859 |
| 20 | 3,5 | 404 |
| 21 | 1,5 | 32 |

Graveraten forventes som ved tidligere geotekniske prøvegravninger i forbindelse med Aarhus ReWater projektet at være ca. 55 m³ pr time og er således væsentlig mindre end den graverate der er anvendt i miljøkonsekvensvurderingen for gravearbejdet med bundudskiftning under nye moler og generel uddybning af havnebassiner. I MKV'en blev der anvendt en kontinuert graverate på 230 m³/t. Sedimentspildsprocenten i forbindelse med de arkæologiske udgravninger må forventes at være lavere end de anvendte 5% under anlægsarbejdet, da gravearbejdet foregår mere kontrolleret end under anlægsarbejdet.

For potentiel frigivelse af kvælstof og vurdering af miljøfarlige forurenende stoffer i forbindelse udgravningerne vil koncentrationsniveauer være tilsvarende de der er rapporteret i MKV'en, da det er det sammen sediment der graves i.

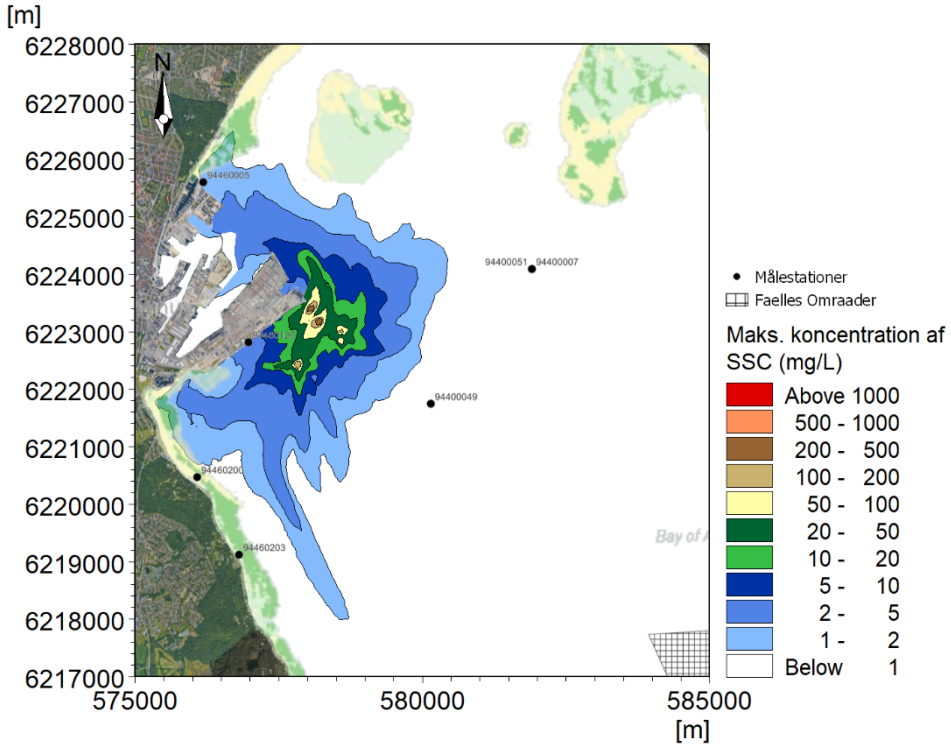
# 3 Sedimentspild

Spild af sediment under gravearbejde kan ikke undgås. Figur 2 viser et sådant spild under en prøvegravning ved Aarhus Havn. Typisk vil man antage, at en sedimentkoncentration på 2 mg/l vil være synligt.

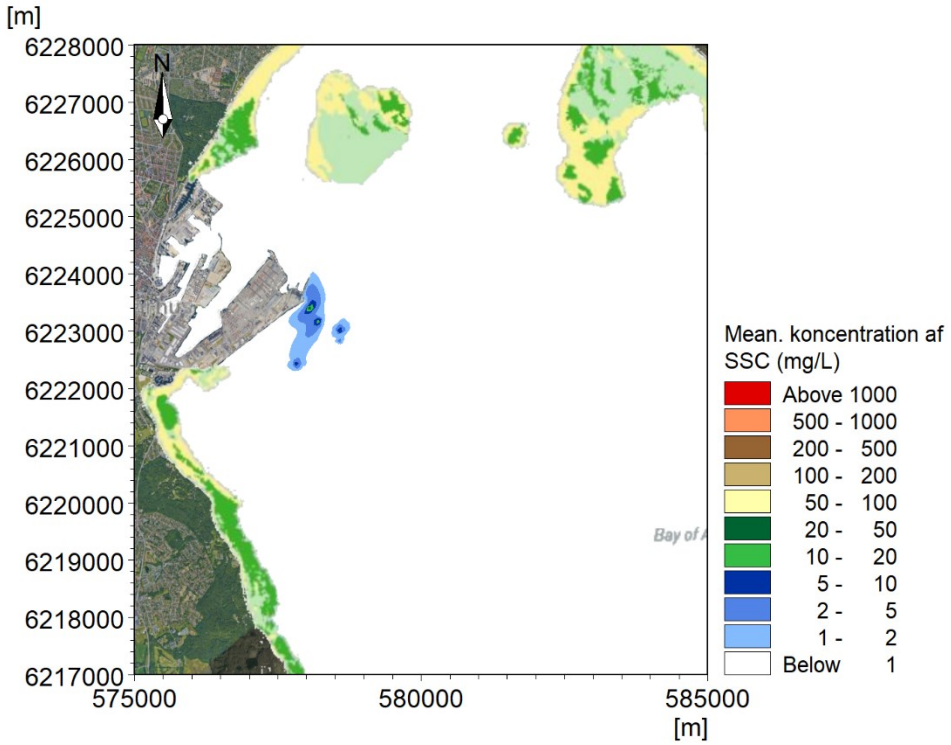
*Figur 2 Gravespild under geoteknisk prøvegravning ved Aarhus Havn.*

Som grundlag for MKV'en for havneudvidelsen er der foretaget adskillige modelleringer af sedimentspredningen under de enkelte anlægsfaser af havneudvidelsen. Nedenstående figurer stammer fra MKV'en (COWI, 2024) og viser det maksimale og gennemsnitlige indhold af suspenderet stof (SS) under bundudskiftning under moler - ca. 300.000 m³ havbund. Resultaterne på figurerne kan ikke 1:1 sidestilles eller skaleres med den spredning der må forventes under marinarkæologiske prøvegravninger. Men set i lyset af at både graveintensitet er væsentlig mindre, at spildprocenten også må antages for værende mindre, samt at der vil være stilstand imellem udgravningerne, forventes både de viste maks. og middel koncentrationer være i størrelsesordenen 10 gange mindre.

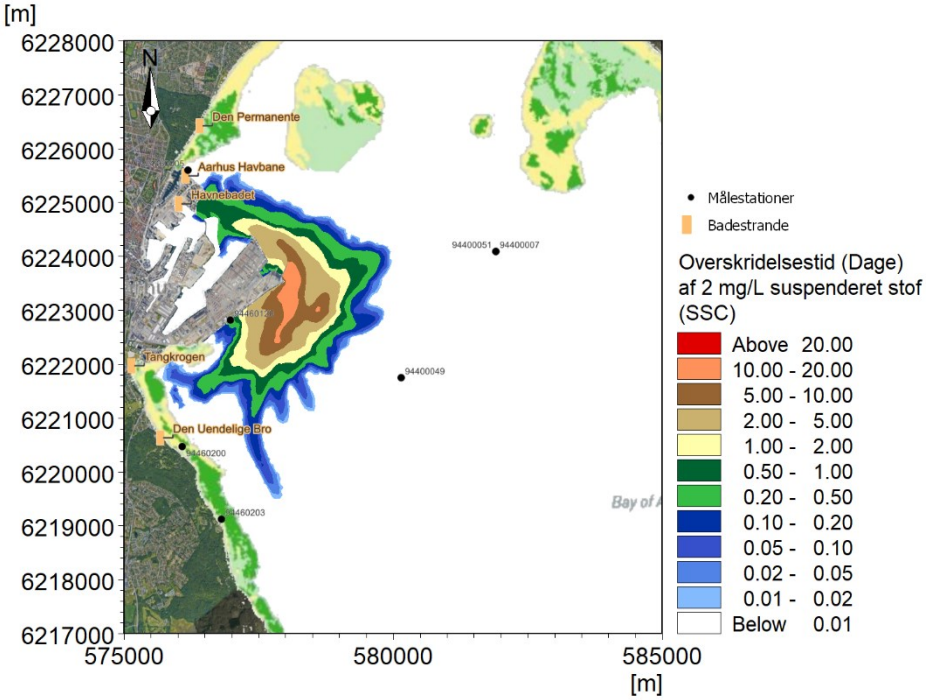
Man vil stadig i umiddelbar nærhed af de marinarkæologiske prøvegravningerne kunne se sedimentetspildet, men dette vil dog hurtigt aftage efter optagning og tilbagelægning. I MKV'en (COWI, 2024) er der vist kort med overskridelsestid over 2 mg/l ved 49 døgns kontinuerlig bundudskiftning. Da både koncentrationer af suspenderet stof samt varigheden af udgravningsarbejdet er kortere for de marine prøvegravninger, vil de viste dage over 2 mg/l på Figur 5 være kraftigt overestimeret, med en faktor 10 eller mere.




*Figur 3* *Maksimal modelleret SS-koncentration i løbet af 49 døgn kontinuert bundudskiftning af ca. 300.000 m³ havbund. Bemærk at de viste koncentrationer ikke optræder på samme tidspunkt. (COWI, 2024)*

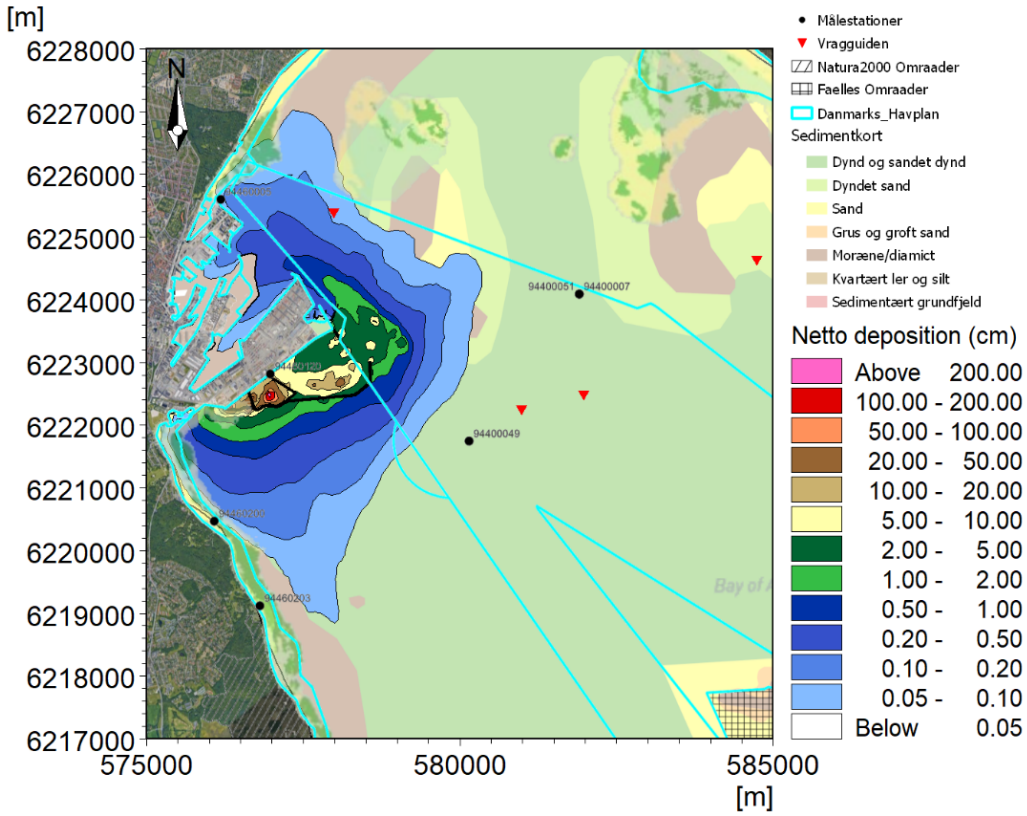



*Figur 4* *Middel SS-koncentration i løbet af 49 døgn kontinuert bundudskiftning af ca. 300.000 m³ havbund (COWI, 2024).*




*Figur 5* *Antal dage med mere end 2 mg/l suspenderet stof. Gule og grønne farver langs kysten repræsenterer sparsom vegetation (gul) til tæt vegetation (mørk grøn) (DHI, 2023). (COWI, 2024)*

For deposition af spildt sediment må man forvente, at det primært vil være i området vist på Figur 6. Aflejringstykkelserne vist på er efter alt gravearbejde, nyttiggørelse m.m. er afsluttet og repræsenterer således spredningen af sediment fra håndtering af 1,5 mio. m³. Ved håndtering af 50.000 m³ i forbindelse med de marinarkæologiske prøvegravninger (opgravning og tilbagelægning) vil aflejringstykkelser maksimalt være i størrelsesorden få millimeter lokalt i undersøgelsesområdet.




*Figur 6* *Nettodeposition efter endt gravearbejde i havneområdet (håndtering af 1,5 mio. m³). (COWI, 2024)*

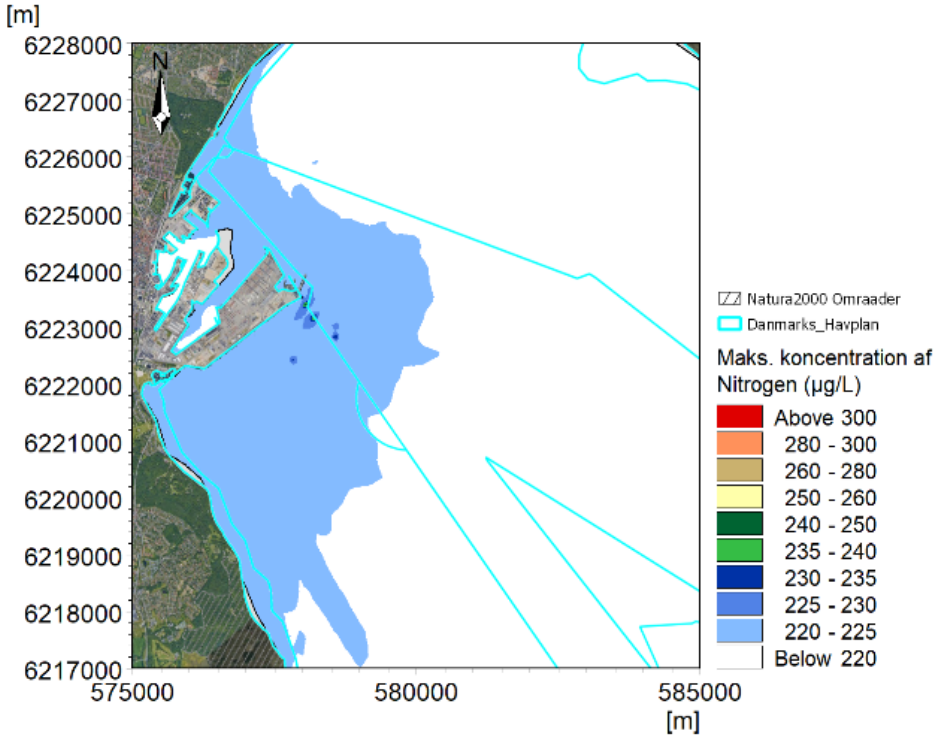
# 4 Kvælstof

Baseret på de udførte udvaskningsforsøg for kvælstof (N), der blev udført i forbindelse med MKV'en (COWI, 2024), samt et kvælstofindhold på ca. 1300 mg/kg TS i overfladesedimentet vil der potentielt kunne frigives mellem ca. 0,1 og 7 kg for hhv. de mindste og største udgravninger samlet set ca. 40 kg N.

I forbindelse med tilbagelægning af det arkæologisk undersøgte sediment vil der igen kunne foregå en yderligere frigivelse. Det vurderes således at størrelsesorden for kvælstoffrigivelsen i forbindelse med prøvegravningerne potentielt vil være i størrelsesordenen 80 kg. Til sammenligning frigives der ca. 800 kg N alene ved bundudskiftningen under de østlige moler.

Der er i vandområdeplanerne 2021-2017 ikke angivet et indsatsbehov for kvælstof. Statusbelastningen er opgjort til 635,5 tons N/år. En "engangsfrigivelse" på 80 kg N vurderes således så lille at denne ikke vil være til hindre for målopfyldelse ej heller give anledning til forringelse.

Under gravearbejde vil frigivelsen af kvælstof give anledning til en midlertidig lokal koncentrationsforøgelse i vandfasen. Nedenstående plot viser den beregnede maksimale koncentrationsforøgelse fra bundudskiftning under de østlige ydermoler. Her afgraves ca. 300.000 m³ med en større graverate og større spildprocent.




*Figur 7* *Modelleret kvælstofskoncentration (baggrund på 220 µg N/l] under bundskiftning af østlige ydermoler. (COWI, 2024)*

Den midlertidige koncentrationsforøgelse antog en størrelse på maksimal 3 µg/l uden for selve graveområdet, se Figur 7. Denne forøgelse vil være væsentligt mindre (< 1 µg/l) under de marinearkæologiske prøvegravninger, baseret på lavere graverate, lavere spildrate samt stilstand mellem udgravningerne. En stigning i denne størrelsesorden vil ikke være målbar i et repræsentativt målepunkt i vandområdet. Til sammenligning varierer kvælstofniveauet (Total-N) i Aarhus Bugt over året mellem ca. 150 µg/l og 350 µg/l.

# 5 Miljøfarlige forurenede stoffer (MFS)

Der er i forbindelse med MKV'en for havneudvidelsen foretaget adskillige målinger af tungmetaller og andre miljøfarlige forurenede stoffer. Gennemsnitskoncentrationerne for opgravet sediment er gengivet i Tabel 2.

*Tabel 2 Gennemsnitskoncentrationer for opgravning under havneudvidelse (COWI, 2024)*

| **As** mg/kg ts. | **Pb** mg/kg ts. | **Cd** mg/kg ts. | **Cr (tot)** mg/kg ts. | **Kobber, Cu** mg/kg ts. | **Hg** mg/kg ts. | **Ni** mg/kg ts. | **Zn** mg/kg ts. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,7 | 10,6 | 0,26 | 9,8 | 12,0 | 0,069 | 9,8 | 40,9 |
| **Sum af 9 PAH'er*** µg/kg TS | **PCB, sum af 7 conge-ner**** mg/kg TS | **TBT** µg/kg TS | | | | | |
| 895 | 0,011 | 10,5 | | | | | |

Frigivelse og spredning af disse stoffer er i MKV'en vurderet i forhold til bekendtgørelse 796 i MKV'en for alt gravearbejde og nyttiggørelse i forbindelse med havneudvidelsen.

I MKV'en er det sandsynliggjort ved modellering, at ingen af de målte stoffer vil give anledning til overskridelse af hverken generelle eller maksimale kvalitetskrav i Bekendtgørelse 796, med undtagelse af anthracen. For anthracen gælder dog, at denne ikke overskrider miljøkvalitetskravet fra HELCOM og et nyt fastsat miljøkvalitetskriterium for anthracen (Miljøstyrelsen, 2023), som dog endnu ikke er effektueret i en opdateret bekendtgørelse. Hermed kan det sluttes, at de marinarkæologiske prøvegravninger også vil overholde gældende krav for indhold i vandfasen og hermed ej heller give anledning til forringelse i biota. Dette ræsonnement er foranlediget af, at graveraten (og dermed fluxen af MFS) er væsentlig mindre end ved selve havneudvidelsen. Der vil være stilstand mellem udgravningerne, hvor akkumulerende effekter ligeledes vil være mindre end under anlægsarbejdet for havneudvidelsen.

I forhold til spildt sediment med de i Tabel 2 viste koncentrationer har modelleringen der ligger til grund for MKV'en (COWI, 2024) vist, at spildt materiale vil deponeres indenfor vandområde 147 (tidligere vist ). Det skal bemærkes, at de viste aflejringstykkelser i  er efter endt havneudvidelse og håndtering af 1,5 mio. m³ sediment og skal således alene bruges til visualisering af primære aflejringsområder af spildt sediment. På trods af forhøjede TBT-indhold i det udgravede materiale vil det spildte sediment ikke give anledning til en forværring af vandområdets nuværende kemiske tilstand eller økologisk tilstand.

# 6 Havstrategi

Vurderingen tager afsæt i allerede fremsendt MKV (COWI, 2024).

## 6.1 Påvirkninger af målsætningerne i havstrategien

### 6.1.1 Deskriptor D1 - Biodiversitet

Fugle kan blive påvirket som følge af forstyrrelse og tab af levesteder. Påvirkninger af fugle er vurderet som et led i Natura 2000-væsentlighedsvurderingen i kapitel 15 i (COWI, 2024). Hvor det vurderes at projektet ikke vil hindre miljømål 1.2 om at sikre fuglebestande og levesteder i henhold til fuglebeskyttelsesdirektivet. Da der er tale om en meget mindre forstyrrelse vurderes de marinarkæologiske prøvegravninger ikke at hindre miljømål 1.2 om at sikre fuglebestande og levesteder i henhold til fuglebeskyttelsesdirektivet.

Marine pattedyr (marsvin og sæler) kan blive påvirket af sedimentspredning samt undervandsstøj (øget skibstrafik). Påvirkningen af marine pattedyr er vurderet i kapitel 11 i afsnittet om marine pattedyr i (COWI, 2024). Hvor det vurderes at marsvin påvirkes moderat, men at der anvendes forskellige afværgeforanstaltninger for at reducere påvirkningen. På den baggrund vurderes det, at projektet ikke vil forhindre opnåelse af miljømål 1.8. Da der er tale om langt mindre påvirkning fra de marinarkæologiske prøvegravninger og ingen impulsstøj vurderes det ikke, at der skal anvendes forskellige afværgeforanstaltninger og at de marinarkæologiske prøvegravninger vil forhindre opnåelse af miljømål 1.8.

Fytoplankton og zooplankton kan potentielt blive påvirket af ændret vandkemi (næringsstoffer mm.) som følge af sedimentspredning fra uddybning, bundudskiftning og klapning. Det er i afsnit 13.3.1 i (COWI, 2024) vurderet, at kvælstof, der frigives under gravearbejder, meget kortvarigt kan øge fytoplankton biomassen marginalt. Denne påvikrning vil være endnu mindre i forbindelse med de marinarkæologiske prøvegravninger. Det vurderes, at de arkæologiske udgravninger ikke vil forhindre opnåelse af miljømål 1.3.

På baggrund af afstanden til nærmeste overvågningsstation for fugle (ca. 16 km) og for marine pattedyr (ca. 52 km) vurderes det at de arkæologiske udgravninger ikke vil påvirke disse stationer. Den nærmest liggende station, hvor fytoplankton overvåges er ARH 170006. Modelleringerne af spredning af sediment og næringssalte viser, at denne station ikke påvirkes af gravearbejderne. (COWI, 2024)

### 6.1.2 Deskriptor D5 – Eutrofiering

Vandkemien (næringsstoffer, iltforhold mm.) kan potentielt blive påvirket som følge af de marinarkæologiske prøvegravninger. Det er vurderet, at påvirkningen vil være kortvarig, lokal og ubetydelig vil ikke hindre målopfyldelsen af miljømål 5.3. Modelleringerne af spredning af sediment, næringssalte og iltforbrugende stoffer viser, at station ARH170006 ikke vil blive påvirket af gravearbejderne eller den fremtidige udformning af havnen. (COWI, 2024)

### 6.1.3 Deskriptor D6 - Havbundens integritet

De marinarkæologiske prøvegravninger vil forårsage forstyrrelse men ikke permanent tab af havbund. Påvirkningen af havbunden er ligeledes beskrevet i kapitel 11. (COWI, 2024) Når tærskelværdier for tab, forstyrrelse og negative påvirkninger er fastsat i EU og de regionale havkonventioner, vil der blive fastsat miljømål i overensstemmelse med tærskelværdierne og god miljøtilstand.

### 6.1.4 Deskriptor D7 - Hydrografiske ændringer

Modelleringsstudierne af Yderhavnens effekter på bølge- og strømforhold har vist, at tilstedeværelsen af Yderhavnen kun vil forårsage en meget lokal og mindre påvirkning af strøm- og bølgeforholdene i læ af havneudvidelsen, der vurderes at forårsage marginale, helt lokale ændringer i et bundfaunasamfund (hvis overhovedet måleligt) (se kapitel 8 og 11 i (COWI, 2024)). Modelleringsstudierne viste også, at påvirkningsgraden på kystmorfologien kan karakteriseres som lille, da der ikke vil ske en reduktion/forøgelse i sedimenttilførslen til de tilstødende kyststrækninger, hvorfor det vurderes at anlægget ikke vil forårsage effekter på marine organismer, der i praksis næppe vil være målelige (se kapitel 8 og 11 i (COWI, 2024)). De marinarkæologiske prøvegravninger vil ikke have effekter på bølge og strømforhold, samt kystmorfologien.

De marinarkæologiske prøvegravninger vil således ikke forhindre, at Danmarks Havplans miljømål i relation til hydrografiske ændringer kan opfyldes.

### 6.1.5 Deskriptor D8 - Forurenende stoffer

Som gennemgået i kapitel 5:

*I MKV'en er der sandsynliggjort ved modellering at ingen af de målte stoffer vil give anledning til overskridelse af hverken generelle eller maksimale kvalitetskrav i Bekendtgørelse 796, med undtagelse af arthracen. For anthracen gælder dog at denne ikke overskrider miljøkvalitetskravet fraHELCOM og et nyt fastsat miljøkvalitetskriterium for anthracen (Miljøstyrelsen, 2023a), som dog endnu ikke er effektueret i en opdateret bekendtgørelse. Hermed kan det sluttes, at i forbindelse med de marinarkæologiske prøvegravninger at disse også vil overholde gældende krav for indhold i vandfasen og hermed ej heller give anledning til forringelse i biota. Dette ræsonnement er foranlediget af, at graveraten (og dermed fluxen af MFS) er væsentlig mindre end ved selve havneudvidelsen. Der vil være stilstand mellem udgravningerne, hvor akkumulerende effekter ligeledes vil være mindre end under selve havneudvidelsen.*

Det vurderes derfor, at havneudvidelsen ikke vil forhindre, at miljømål 8.1 vedrørende forurenende stoffer kan opfyldes.

### 6.1.6 Deskriptor D11 – Undervandsstøj

Effekter på marine pattedyr, herunder vurdering af risikoen for midlertidige og permanente høreskader hos marsvin er vurderet i kapitel 11 (afsnit om effekter af undervandsstøj under anlægsarbejdet) (COWI, 2024). Det er her vurderet, at undervandsstøj i anlægsfasen ikke vil overstige tærskelværdien på 190 dB re.1 uPa2s og at projektet dermed ikke er til hinder for opfyldelse af miljømålene i

Havstrategien. Da de marinarkæologiske prøvegravninger er af mindre omfang en gravning af 1.5 mio. m³ sediment og da der ikke forekommer ramning af spuns i forbindelse med de marinarkæologiske prøvegravninger. De arkæologiske udgravninger vurderes dermed ikke er til hinder for opfyldelse af miljømålene i Havstrategien vedr. undervandsstøj.

## 6.2 Konklusion

Det er vurderet at,

- de marinarkæologiske prøvegravninger ikke vil indebære en forringelse af den eksisterende tilstand eller forhindre, at målsætningerne fastlagt i bekendtgørelse om miljømål for overfladevandområder og grundvandsforekomster om god økologisk tilstand og god kemisk tilstand kan opfyldes i vandområde nr. 147 Aarhus Bugt og Begtrup Vig (DKCOAST147).

- de marinarkæologiske prøvegravninger ikke vil forhindre, at målsætningerne i Danmarks Havstrategi kan opfyldes.

# 7 Samlet vurdering

Med den relativt begrænsede sedimentmængde der skal opgaves og tilbagelægges i forbindelse med marinarkæologiske prøvegravninger, må det vurderes, at der ikke vil være miljømæssige forhold der vil være kritiske. Vurderingen beror på de beregninger der ligger til grund for miljøkonsekvensvurderingen for havneudvidelsen med langt større mængder og mere intensivt foregående gravearbejde.

De marinarkæologiske prøvegravninger vil således ikke forhindre, at målsætningerne i Danmarks Havstrategi kan opfyldes.

# 8 Referencer

**COWI** (2024)
*Udvidelse af Aarhus Havn – Marselisborg-Mols Modellen - SUPPLERENDE MILJØKONSEKVENSRAPPORT*
.
**DHI** (2023)
*Marin Vegetation*
Online: https://marine-vegetation.satlas.dk/.