

Lynetteholmen: Monitoringsystem for anlægsfasen

11823523-19

Dato: 18.01.2022

Udarbejdet for Udviklingsselskabet By & Havn I/S

Lynetteholm: Monitoringsystem for anlægsfasen

Projektnr. 11823523-19
Kundens ref.

Udarbejdet for: Udviklingsselskabet By & Havn I/S
Repræsenteret ved: Hans Vasehus, Havnebygmester.

Projektleder: Bo Brahtz Christensen
Kvalitetsansvarlig: Cecilie Dybbroe Tang
Udarbejdet af: Jesper Goodley Dannisøe
Projektnr.: 11823523-19
Godkendt af: Jacob H. Jensen
Godkendelsesdato: 12.01.2022
Revision: Udkast 6.0
Klassifikation:

Filnavn: Lynetteholm-monitoring - V7, (180122)

Indholdsfortegnelse

1	Indledning.....	5
2	Monitering i anlægsfasen	8
2.1	Anlægsfasen.....	8
2.1.1	Valg af stationer og valg af variable	8
2.2	Transekter.....	10
2.3	Ilt i Kongedybet.....	12
2.4	Målinger ved Amager Ressource Center og ved Prøvestenens depot	12
2.5	Vandkvalitetsundersøgelser under graveperioden	14
2.6	Online måling af turbiditet.....	15
2.7	Skibsbaserede spildmålinger	16
2.7.1	Beskrivelse af målemetode	17
2.7.2	Måleprincip	17
3	Monitering i driftsfasen.....	20
3.1	Opbygning af monitoringsnet	20
4	Referencer	21
Bilag A	Uddrag fra Implementeringsredegørelsen.....	1
Bilag A.1	Uddrag fra Implementeringsredegørelsen.	1
Bilag B	Positioner på monitoringsstationer.....	1
Bilag B.1	Positioner	1
Bilag C	Oversigt over kemiske analyser i vand og sediment	2
Bilag C.1	Målinger i sedimenter	2
Bilag C.2	Målinger i vandsøjlen.....	4

Figurer

Figur 1-1	Angivelse af perimeteren for den kommende Lynetteholm. Den stiplede linje angiver afgrænsning mellem Fase 1 og Fase 1. Det brune område er anlæg for nyttiggørelse af ren og forurenet jord. (Bilag 1 i lovgrundlag om Lynetteholm)	5
Figur 2-1	Angivelse af bund-monitoringsstationer. Stationer med rød cirkel er tidligere undersøgt. De resterende stationer er nye.	9
Figur 2-2	Markering af 4 stationer, hvor Nonylphenol måles i sedimenterne.	10
Figur 2-3	Video transekter. De lysegrønne flader er områder med tæt vegetation, herunder ålegræs og de gule er områder med mere spredt vegetation. (Kilde: DHI GRAS)	11
Figur 2-4	Placering af iltmåler i Kongedybet ved station 16.....	12
Figur 2-5	Vandkvalitetsstationer ved Amager Ressource Center og ved Prøvestensdepotet. De røde cirkler indikerer udledningspunkterne og de grønne cirkler er prøvetagningsstationerne.....	14
Figur 2-6	Vandkvalitetsmonitoringsstationer rundt om Lynetteholm-området, samt østlig 1 reference station. De røde cirkler angiver stationerne.....	15

Bilag

Bilag A	Uddrag fra Implementeringsredegørelsen
Bilag A.1	Uddrag fra Implementeringsredegørelsen.
Bilag B	Positioner på monitoringsstationer
Bilag B.1	Positioner
Bilag C	Oversigt over kemiske analyser i vand og sediment
Bilag C.1	Målinger i sedimenter
Bilag C.2	Målinger i vandsøjlen.

1 Indledning

I forbindelse med loven om etablering af Lynetteholm er der udformet en implementeringsredegørelse, hvori det fremgår, hvordan der skal monitoreres for påvirkning af havmiljøet i de forskellige faser af projektets levetid /1/. Perimeteren af den færdige Lynetteholm er vist i Figur 1-1.

Dette dokument ser på de forskellige faser af projektet og dertil knyttede monitoringskrav og på basis af disse er der foreslået et monitoringsnet i forbindelse med gravearbejderne og et monitoringsnet i forbindelse med etableringen af Lynetteholm.



Figur 1-1 Angivelse af perimeteren for den kommende Lynetteholm. Den stiplede linje angiver afgrænsning mellem Fase 1 og Fase 2. Det brun-gule område er anlæg for nyttiggørelse af ren og forurenet jord. (Bilag 1 i lovgrundlag om Lynetteholm)

Der er følgende monitoringsopgaver tilknyttet monitoringen:

- Biologi og sedimenter på faste stationer
- Videoptagelser på en række transekter omkring Lynetteholm-perimeteren.
- Offline målestation i Kongedybet med fokus på måling af ilt.
- Vandkvalitetsmålinger i forbindelse med udledning fra ARC som kontrol af fortyndingsforhold
- Vandkvalitetsmålinger ved udledningen fra depotet på sydspidsen af Prøvestenen som kontrol af fortyndingsforhold.
-

Herudover er følgende monitoringsopgaver tilknyttet Implementeringsredegørelsens vilkår 5.1 om ikke at overskride gældende miljøkvalitetskrav i vandområdet:

- Vandkvalitetsmålinger på et antal stationer rundt om perimeteren for Lynetteholm. Målingerne skal tages 3 gange i gravesæsonen
- Online målinger primært af suspenderet stof på to flytbare bøjesystemer
- Skibsbaserede målinger af suspenderet stof i dele af gravefasen.

Ved valg af analysevariable og valg af biologiske variable er der sket en udvælgelse på basis af resultater fra tidligere undersøgelser /3/, /4/.

Valget af de kemiske variable til sedimenter og vandprøver er taget på baggrund af baselineundersøgelser i området for den kommende Lynetteholm (2019, /3/) og på Middelgrund (2020, /4/), samt fra undersøgelser gennemført i forbindelse med prøvegravninger i sommeren 2021 /5/.

Der er fastlagt 20 nye stationer. Det vides ikke på forhånd, hvorvidt der kan indsamles data for alle variable på alle stationer. Dette afgøres af lokale dybde og sedimentforhold.

Tabel 1.1 Oversigt over undersøgelser og frekvens

Variabel	Antal stationer	Baseline	Opfølgning mellem Fase 1 og Fase 2	Frekvens
Bundfauna	27	2021/2022 Figur 2-1 Figur 2-2 Figur 2-3	2022, jfr, vejledninger	Årligt
Ålegræs/havgræs	Max 27			
Makroalger	Max 27			
Sediment	27			
Video transekter	19			
Iltmåling i Kongedybet	1	2022 Figur 2-4	2022-2024	Årligt
Vandkemi under gravearbejde	9	2022 Figur 2-6		3 x sæson
Vandkemi ved ARC	3	2022 Figur 2-5		Nord- og sydgående strøm (en i hver retning)
Vandkemi ved Prøvestenen	2			
Skibsbaseret måling af suspenderet sediment under gravearbejde	-	2022	2022-2024	8-10 dage/sæson
Indsamling af sediment efter 31.marts 2022	Fast-lægges	2022	2022	

Det skal understreges, at baselineundersøgelsen for bl.a. biota og vegetation gennemføres sæsonmæssigt uden for de nationalt anbefalede perioder. Efter endt indsamling af materialet til baseline skal der i samråd med Københavns Kommune som tilsynsmyndighed fastlægges en tidsplan for hvilke stationer, der skal genbesøges, således at indsamling af data for biota og vegetation tilpasses de nationale vejledninger.

For at undgå unødigt prøvetagning og analyser vil omfang af de efterfølgende undersøgelser på basis af erfaringer og resultater fra perioden 2021-2022,

blive diskuteret med Københavns Kommune hvorefter der fastlægges et forløb for fremtidige undersøgelser.

2 Monitoring i anlægsfasen

2.1 Anlægsfasen

Monitoringsprogrammet er delvist bygget op over stationer, der har været anvendt i en række forundersøgelser ved og omkring Lynetteholm. Dog er det ikke alle variable, der er indsamlet på alle stationer. De bedst undersøgte stationer er dem, der ligger på Middelgrunden. Her blev indsamlet bundfauna, sediment, makroalger, muslinger og ålegræs. For stationerne inde i Københavns Havn blev der indsamlet specifikke variable på de enkelte stationer i forhold til, hvad der var på de enkelte stationer.

Det foreslås, at data fra undersøgelserne gennemført i 2019 og 2020 kan betragtes som en baseline, som suppleres med indsamling på en række supplerende stationer og transekter i 2021/22. Nedenfor er angivet hvilke stationer og transekter, der er indsamlet og hvilke, der skal indsamles inden gravearbejdet starter i 2022.

Desuden er der i Implementeringsredegørelsen stillet krav om, at der tages sedimentprøver efter færdiggørelsen af Fase 1. Dette vil ske på alle de 27 stationer, når der i 2022 forventeligt gennemføres fuldt program, svarende til undersøgelser på alle 27 stationer Figur 2-1.

2.1.1 Valg af stationer og valg af variable

Når der skal gennemføres en afsluttende undersøgelse af områderne omkring Lynetteholm vil dette ske på basis af allerede undersøgte stationer fra baselineundersøgelserne (7 stationer), samt 20 nye stationer. Med afsæt i erfaringerne fra undersøgelserne i 2019 og 2020 foreslås det, at der fokuseres på (1) bundfauna, (2) makroalger, (3) ålegræs og (4) sedimentkemi. Udbredelse af ålegræs er en meget vigtig faktor og potentielt vil ålegræs kunne blive påvirket. Derfor indgår ålegræs som en vigtig variabel, da man nationalt bruger udbredelse og herunder også dybdeudbredelsen af ålegræs som en indikator for det marine miljø. Erfaringerne fra de tidligere undersøgelser har vist, at det ikke er på alle stationer, at man kan indsamle alle 4 typer af prøver (bundfauna, ålegræs, makroalger og sediment).

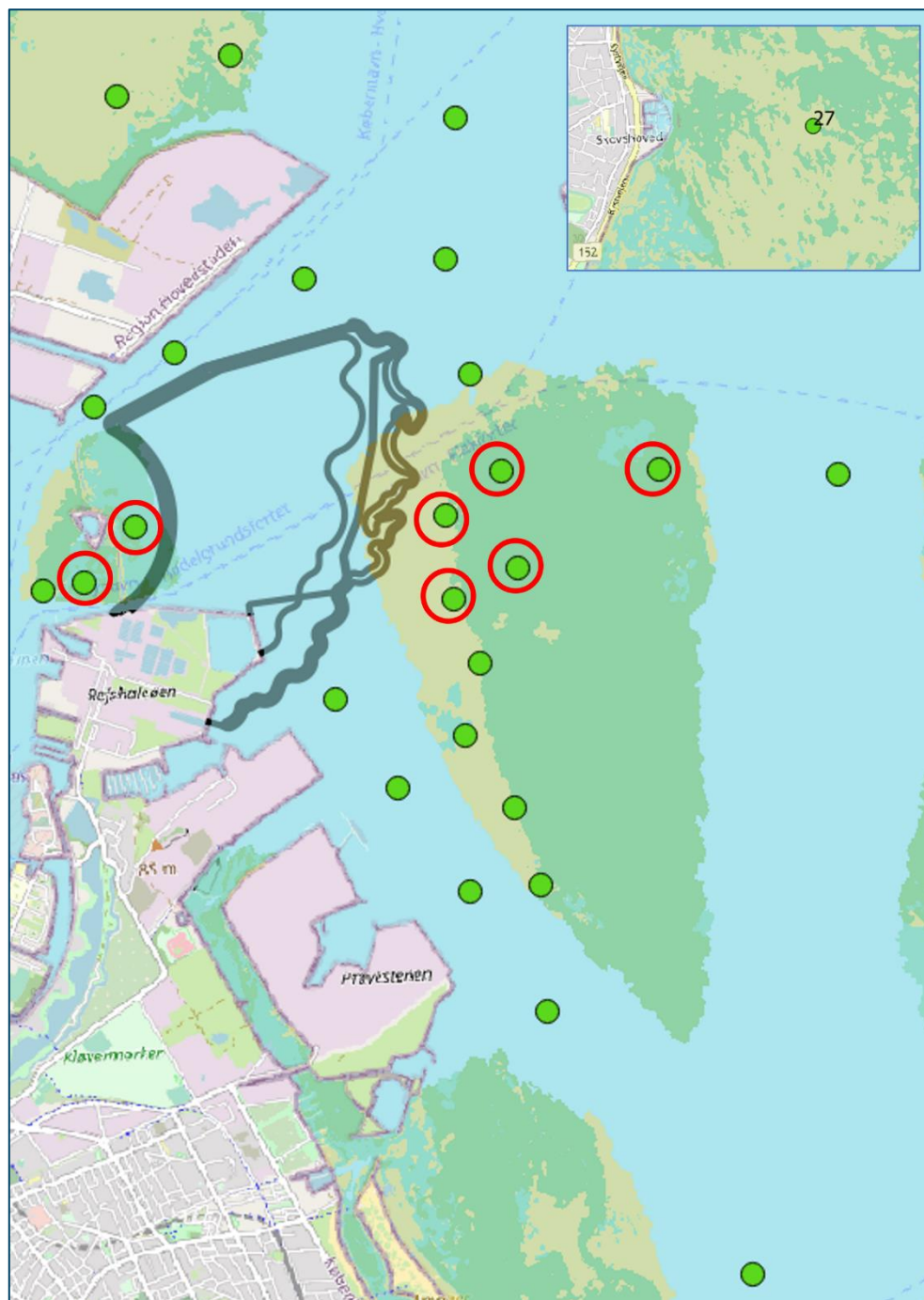
De kemiske variable er valgt ud fra de analyser der er foretaget i forbindelse med miljøkonsekvensvurderingen af Lynetteholm, herunder datarapporten for miljøkemi Lynetteholm (COWI) /5/ og Teknisk baggrundsrapport om hydraulik (DHI) /6/. Valget af undersøgte stoffer blev her fastlagt efter dialog med Miljøstyrelsen. Herudover er også inddraget resultater fra prøvegravningsundersøgelserne. Der er kun medtaget variable, der blev fundet i højere koncentrationer i disse undersøgelser.

Københavns Kommune har anmodet om, at stofferne Nonylphenol og Ethinyløstradiol kunne indgå i sedimentanalyserne. Ethinyløstradiol indgår ikke i udledningstilladelsen for Lynetten renseanlæg, mens stoffet 17-beta-østradiol er i tilladelsen. Nonylphenol er nu medtaget i programmet, mens 17-beta-østradiol er udeladt, da det ikke binder sig til suspenderet materiale og derfor næppe vil kunne findes i sedimentet.

Stationerne (Figur 2-1) undersøges for følgende variable:

- Sediment: Analyseres for en række variable: Tungmetaller, PAH-forbindelser, PCB-forbindelser og Organo-tin (TBT, DBT, MBT), Total-N, Total-P, tørstof og kornstørrelsesfordeling (Se fuld liste i bilag)

- På 4 stationer undersøges sedimentet yderligere for Nonylphenol (Figur 2-2)
- Makroalger: Tæthed og artsvariation.
- Ålegræs: Bruges som indikator for påvirkning under anlægsfasen, da udbredelse af ålegræs bruges national til at vurdere miljøpåvirkninger (dækningsgrad, skudtæthed).
- Bundfauna: Undersøges for diversitet og artstæthed. Separat indsamling af muslinger på 4 stationer til analyser af miljøfremmede stoffer.



Figur 2-1 Angivelse af bund-monitoringsstationer. Stationer med rød cirkel er tidligere undersøgt. De resterende stationer er nye.

Efter endt gravearbejde forventes det, at de største aflejringstykkelser vil ske tæt ved og inden for og uden for perimeteren af Lynetteholm. Da der forventes strømforstærkning langs perimeteren af Lynetteholm forventes der ringe eller ingen påvirkning af ålegræsdekke på Middelgrunden.

Bundstationernes placering tager afsæt i denne vurdering og vil monitorere den faktiske sedimentaflejring. I tillæg monitoreres hver målebøje med 2 x 2 sedimentfælder. Se under onlinemonitering.



Figur 2-2 Markering af 4 stationer, hvor Nonylphenol måles i sedimenterne.

Frekvens:

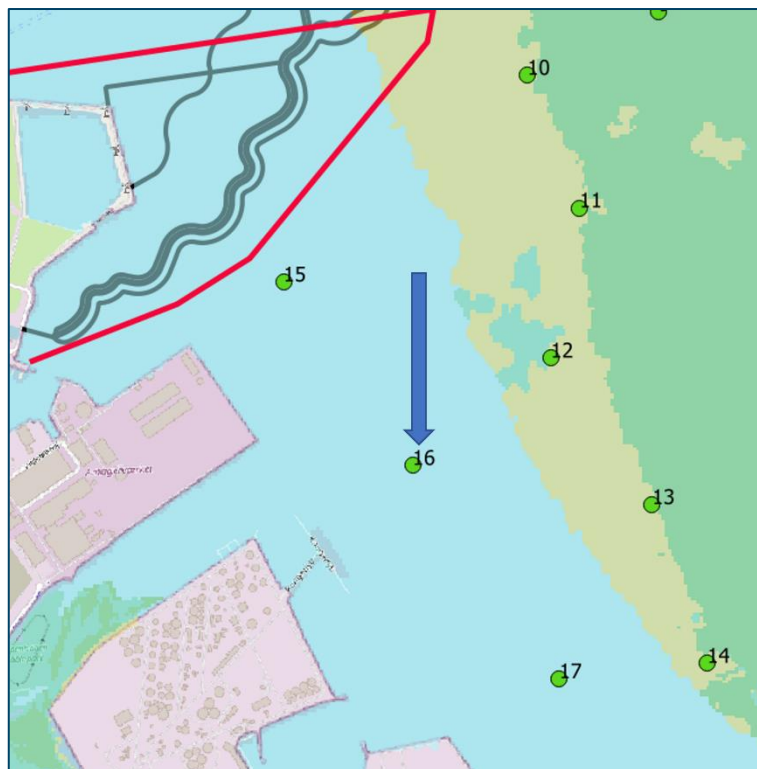
I 2021/2022 undersøges alle 20 nye stationer som supplement til baselineundersøgelsen og efter fase 1 gennemføres en ny undersøgelse for alle variable på samtlige stationer som skal udgøre en status. Omfang af variable, der skal undersøges i forbindelse med Fase 2 afgravninger, der forventes at starte i oktober 2022, diskuteres på basis af den indhøstede viden fra baselineundersøgelserne og Fase 1. Forslaget fremlægges for myndighederne. Den opfølgende undersøgelse vil blive gennemført i henhold til den årstid som de nationale vejledninger for indsamling af biota og vegetation udpeger. Tilsvarende gennemføres en samlet statusundersøgelse efter hver gravesæson.

2.2 Transekter

Som supplement til punktmålingerne ved de faste stationer laves der video transekter langs 19 transekter. På Middelgrunden bruges de 7 transekter, som blev undersøgt tidligere (2020), suppleret med yderligere transekter syd for de

2.3 Ilt i Kongedybet

Efter anmodning fra Københavns Kommune udlægges desuden en offline bundmonteret målestation i Kongedybet, som ud over temperatur, salinitet og tryk også skal måle ilt. Denne station serviceres samtidig med service på målebøjlerne og udlægningens varighed aftales med Kommunen. Udlægning vil ske snarest efter at DHI har modtaget nye instrumenter til stationerne i Køge Bugt, forventeligt medio januar 2022. I efterfølgende gravesæsoner vil måleren kunne udlægges før start af gravearbejdet. Den endelige periode for måling af ilt i Kongedybet aftales nærmere med Københavns Kommune.



Figur 2-4 Placering af iltmåler i Kongedybet ved station 16.

2.4 Målinger ved Amager Ressource Center og ved Prøvestenens depot

I forbindelse med planerne for etableringen af Lynetteholm blev der rejst en tvivl om selve udbygningen ville ændre udlednings- og fortyndingsforholdene for Amager Ressource Centers (ARC) udledning til Kongedybet. Derfor er der i implementeringsredegørelsen påpeget, at dette skal undersøges nærmere.

Tilsvarende har der også været rejst spørgsmål om påvirkninger ved den regnvandsbetingede udledning fra depotet på den sydlige del af Prøvestenen.

Der udtages derfor vandprøver på tre (3) vandkvalitetsstationer ved ARC's udledningspunkt og to (2) stationer ved depotets udledningspunkt. Vandprøverne udtages 2 gange i efteråret 2021 og igen i 2022 efter afslutning af Fase 1, samt ved den endelige afslutning af hele perimeteren om Lynetteholm. Valg af variable knytter sig primært til udledningstilladelsen for ARC.

På hver vandkvalitetsstation udtages vandprøver i tre dybder i hhv. 1 m over bunden, 1 m under overfladen og midt i vandsøjlen. Udledningspunktets placering for de to punktkilder vil være afgørende for, om det er hensigtsmæssigt at blande de tre delprøver, eller om der kun skal tages i en given dybde.

De 5 prøver (fra de 5 vandkvalitetsstationer) analyseres herefter for:

- Tungmetaller (10 variable)
- PAH-forbindelser (16 variable)
- Suspenderet stof
- Total-N og Total-P

De to prøvetagninger i 2021 og 2023 gennemføres så vidt muligt med én prøvetagning i en situation med nordgående strøm og én prøvetagning i en situation med sydgående strøm. For sammenlignelighedens skyld vil alle prøvetagninger ske forud for hver gravesæson og før igangsætning af graveaktiviteter. I figur 2-5 herunder er de 3+2 vandkvalitetsstationer vist.



Figur 2-5 Vandkvalitetsstationer ved Amager Ressource Center og ved Prøvestensdepotet. De røde cirkler indikerer udledningspunkterne og de grønne cirkler er prøvetagningsstationerne.

2.5 Vandkvalitetsundersøgelser under graveperioden

Med reference til Implementeringsredegørelsens vilkår 5.1 gennemføres vandkvalitetsanalyser for miljøfremmede stoffer og tungmetaller. Derfor vil, der på 9 stationer hhv. nord, syd, øst og vest for det udpegede anlægsområde blive taget vandprøver 3 gange i hver gravesæson. Desuden udtages en vandprøve på en referencestation uden for det forventede påvirkningsområde. De 9 stationer vil være identiske med andre stationer, der anvendes under de øvrige monitoringsopgaver.

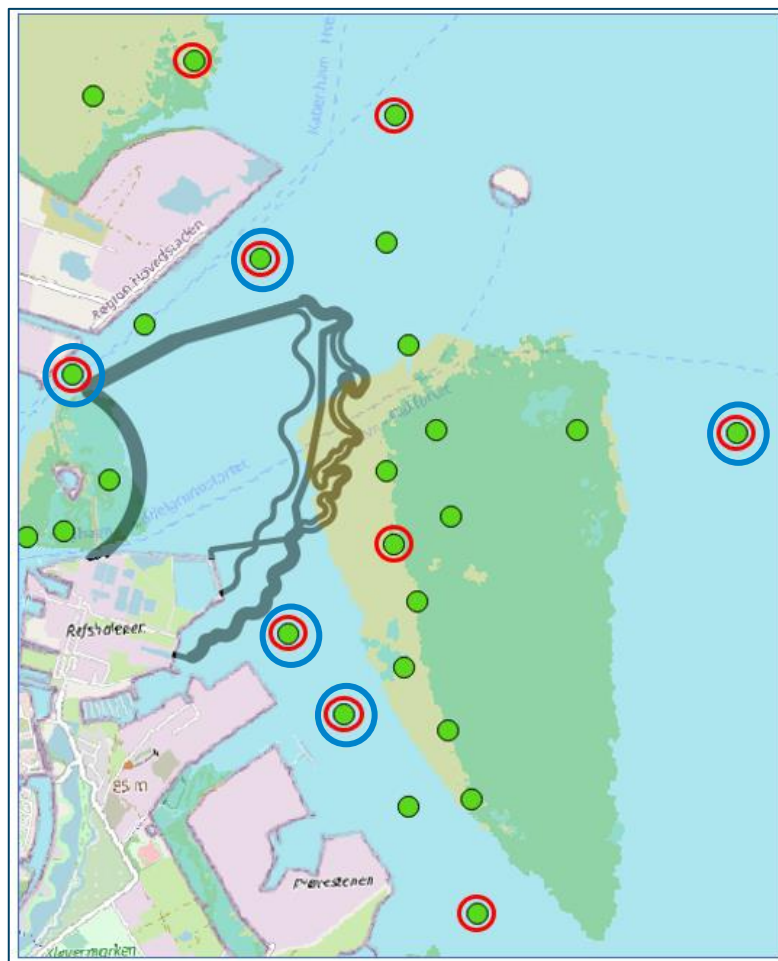
Vandprøverne udtages i tre dybder på hver station i hhv. 1 m over bunden, 1 m under overfladen og midt i vandsøjlen. På 5 af de 9 stationer holdes de enkelte delprøver adskilt og analyseres adskilt, mens delprøverne på de resterende 4 stationer blandes til en prøve per station.

De kemiske variable er valgt ud fra prøvegravningsundersøgelserne /2/, og der er kun medtaget variable, der blev påvist ved dette studie.

Prøverne analyseres for:

- Tungmetaller
- PAH-forbindelser
- Suspenderet stof
- Total-N og Total-P

Resultaterne rapporteres løbende til tilsynsmyndighederne og de målte data holdes op mod relevante lovgivningskrav. Der udarbejdes en samlet rapport efter endt gravesæson til myndighederne.



Figur 2-6 Vandkvalitetsmoniteringsstationer rundt om Lynetteholm-området, samt østlig 1 reference station. De røde cirkler angiver stationerne. På stationer med blå cirkel udtages prøver i 3 dybder, som analyseres separat, mens der på de andre stationer udtages i 3 dybder til en blandprøve.

2.6 Online måling af turbiditet

Måling af turbiditet foretages med bøjebaserede målestationer, der udsættes og bjerger før og efter de tre gravesæsoner 2021-2022, 2022-2023 og 2023-2024. For at kunne følge frigivelse af sedimenter under gravearbejderne etableres to målestationer, der vil registrere suspenderet sediment, målt som NTU (Nephelometric Turbidity Units), i tre dybder: 1 m over bunden, 1 m under overfladen og midt i vandsøjlen. De to stationer bygges som bøjere, der i forhold til graveaktiviteter kan flyttes og derved bruges til at monitere den periodiske frigivelse af sediment.

I starten af gravearbejdet ved Lynetteholm etableres 2 midlertidige offline stationer og online stationerne bygges når DHI har modtaget udstyr fra leverandøren.

Bøjerne serviceres løbende i forhold til behov, da bøjepositioner, målingerne, batterispændinger mm løbende kan overvåges fra website. I forbindelse med udlægning og servicering udtages vandprøver (30 stk./sæson) til måling af totalt suspenderet stof, som bruges til at omsætte målestationernes måling af NTU til mg/l total suspenderet stof.

Sedimentfælder

Som supplement til de automatiske målinger fra bøjens sonder ophænges 2 sedimentfælder ved hver af de to målestationer. Undersøgelsen af sedimenteret stof i fælderne vil være et udtryk for en brutto-sedimentation, da der ikke sker en resuspension, som der ellers gør ved bunden i perioder med stærk strøm. Resultater fra sedimentfælderne rapporteres som sedimenttykkelser målt til nærmeste mm og målingerne gennemføres ved de ordinære servicetilsyn på de to bøjer.

Der er pt. ikke angivet faste placeringer af bøjerne, da de som nævnt bliver konstrueret, så de er mulige at flytte i forhold til behov. Generelt vil bøjerne blive placeret på kanten af en bufferzone 200 m fra gravetraceet, således at bøjen er i stand til at dække/fange sedimentfanen ved gravearbejder langs en større strækning af perimeteren. Mobilisering og flytning af bøjerne gennemføres af DHI med brug af By & Havns skibe. Bøjerne vil blive udlagt før gravearbejderne starter og blive taget på land i perioden mellem to gravesæsoner.

2.7 Skibsbaserede spildmålinger

I forbindelse med loven om etablering af Lynetteholmen er der udformet en implementeringsredegørelse, hvori det fremgår, hvordan der skal monitoreres i de forskellige faser af projektets levetid /1/. Heraf fremgår bl.a. at der skal foretages direkte spildmålinger i forbindelse med gravearbejdet.

Af implementeringsredegørelsen fremgår:

- C. Gravearbejdet skal tilrettelægges, som beskrevet i det følgende:
 - i. Resultater af prøvegravninger benyttes til at fastlægge produktionsrate/spildprocenter (suspenderet sediment), som bliver et udbudskrav for entreprenøren.
 - ii. By & Havn udarbejder efter dialog med tilsynsmyndigheden forslag til den endelige produktionsrate, maksimale spild, overvågningsprogram samt graveprocedurer. Forslag hertil fremsendes til tilsynsmyndighedens godkendelse.
 - iii. Indledende gravefase for overholdelse af produktionsrater og spildprocenter, jf. nedenstående.
 - Hver enkelt graveentreprise for forurenat sediment indledes med en gravefase af forventeligt få dages varighed, hvor der graves med en produktionsrate og spildprocent specificeret iht. udbudsmaterialet for at tilvejebringe erfaringsdata for sammenhængen mellem graveintensitet og suspenderet stof.
 - Under den indledende gravefase foretages in situ-målinger af produktionsrate og turbiditet. Der skal udtages stikprøver af vand til bestemmelse af suspenderet stof.
 - iv. Overvågningsprogram gennemføres under hele produktionsgravning.
 - Under produktionsgravning foretages kontinuert måling af turbiditet og graveintensitet. Derudover udtages stikprøver af vand til overvågning af indhold af miljøfremmede stoffer og tungmetaller og suspenderet stof i vand iht. ovenstående. Resultaterne af overvågningsprogrammet indrapporteres løbende til Tilsynsmyndigheden efter kadence som fastsat i det godkendte overvågningsprogram.

Der vil således blive lavet dedikerede spildmålinger fra skib i den indledende fase af gravearbejdet. Disse anvendes til at fastlægge spildrater under forskellige vejr- og strømforhold. Når disse kendes, kan der på baggrund af graveraterne og vejr-/strømprogner udregnes et relativt sikkert spild. Dette kan suppleres med kontrollerende spildmålinger senere i forløbet.

2.7.1 Beskrivelse af målemetode

Når sediment afgraves eller klappes, vil en mindre mængde uvægerligt spildes til det omgivende miljø. De groveste partikler vil hurtigt synke til bunds og aflejres, mens det fineste vil transporteres med strømmen indtil strømhastigheden bliver så lav, at sedimentet ikke længere kan holdes suspenderet, hvorefter det aflejres.

Den mængde sediment der i forbindelse med spildet forbliver i arbejdsområdet eller indenfor klappladsen betegnes ikke som spild. Derfor er det relevant at måle sedimentfluxen ud af arbejdsområdet / væk fra klappladsen på de respektive grænser.

Tabet og spredningen væk fra arbejdsområdet/klappladsen (sedimentfluxen) i forbindelse med arbejdet kan estimeres ved hjælp af skibsbaserede målinger. Der foreligger ikke specifikke krav om hvor stor en mængde, der må forlade områderne, men målingerne anvendes til at dokumentere, hvor meget sediment der forlader områderne.

2.7.2 Måleprincip

Sedimenttabet til et givet tidspunkt bestemmes ved at måle sedimentkoncentrationen i sedimentfanen fratrasket evt. baggrundskoncentration, multiplicere denne måling eller målinger med vandføringen i det pågældende tværsnit. Simpelt formuleret kan spildet til et givet tidspunkt ($S(t)$) beregnes som:

$$S(t) = Q(t) \times C(t),$$

hvor $Q(t)$ er vandføringen i sedimentfanen til tiden t og $C(t)$ er gennemsnit af netto sedimentkoncentration i fanens tværsnitsareal til tiden t , hvor netto betegner sedimentkoncentration fratrasket baggrundskoncentration. Sedimenttabet V kan estimeres ved at integrere over den tidsperiode som det tager klapskyen at passere igennem transektet: $V = \sum S(t)dt$.

Inden målingen starter, undersøges hovedstrømretningen. Denne kan måles fra undersøgelsesfartøjet, opnås fra eksterne målestationer eller simpelt observeres alt efter kravene. Sedimentfluxen måles altid nedstrøms for graveoperationen. Målinger ved strømvending vil normalt være uanvendelige til bestemmelse af sedimentflux. Fluxmålinger udføres derfor kun, når der er en markant fane.

Til fluxmålinger kræves følgende måleparametre:

- Strømhastighed og -retning. Strømparametre kan måles fra skib eller fastmonteret måleinstrument der vurderes repræsentativt for måletværsnittet
- Sedimentkoncentration i flere profiler over tværsnittet

Sedimentfluxen måles og bestemmes ca. 200 m nedstrøms fra arbejdsfartøjet. Sedimentfluxen opgøres og rapporteres i tons.

Fluxmålingen vil normalt være ukompliceret, men kan vanskeliggøres af komplicerede strømforhold og mange skibe i forbindelse med anlægget. Dette medfører, at DHI foreslår en metode som følger:

Et skib udstyres med profilmåler til bestemmelse af sedimentkoncentrationer og en akustisk profilerende strømmåler (ADCP). Strømmåleren giver, udover strømparametre, også et mål for mængden af partikler i vandet. Mængden kan ikke umiddelbart omsættes til sedimentkoncentrationer, men anvendes til lokalisering af sedimentfanen, idet denne ofte ikke kan ses med det blotte øje.

Når gravearbejdet påbegyndes, indledes spildmålingskampagnen som arbejder 200 m nedstrøms for graveområderne. Her måles strømparametre, sedimentkoncentrationer samt fanens udbredelse. I begyndelsen af perioden udtages der flere vandprøver pr. dag som anvendes til omsætning af turbiditeten til sedimentkoncentration i mg/l hvis måleperioden bliver lang udtages der færre vandprøver mod slutningen alt efter om en entydig omsætning kan opnås. Når fanens udbredelse, sedimentkoncentrationen og strømhastigheden kendes kan sedimenttabet fra klapområdet simpelt udregnes.

Målingerne kan efterfølgende korreleres med den aktuelle graverate som oplyses af operatøren. Dette benyttes til opbygning af en database. Når den bemandede spildmåling indstilles, kan der vha. graveraten og strømmen (der fortløbende måles online eller beregnes af en numerisk model) udtrækkes et realistisk spild. Dette vil blive suppleret/kontrolleret ved bemandede målinger på udvalgte dage i resten af graveperioden. Der vil desuden være turbiditetsmålinger fra de to af DHI udlagte bøjler, som kan supplere med viden om fluxen ud af graveområdet.

Det vurderes at spildet kan bestemmes hvis der foretages i alt ca. 10 måledage ved Lynetteholm.

Strømforholdene har stor betydning for, hvor meget der vil blive spredt i forbindelse med klapning. Det er derfor relevant at have adgang til kontinuerle strømmålinger, særligt i forbindelse med hindcast, hvor man kan sammenligne modelleret og målt strøm. I forbindelse med forecast af sedimentfaner, kan man kun bagudrettet sammenligne strømprognosen med den faktiske målte strøm. En kontinuert strøminformation tænkes indhentet fra forsvarrets strømmåler beliggende ved Drogden Fyr. Strømmåleren ved Drogden Fyr blev udlagt i efteråret 2020. Strømmålingerne vil også kunne suppleres med data fra den måler, som By & Havn har liggende mellem Trekroner og Middelgrundsfortet.

Ved Lynetteholm afgraves materiale der for en del skal deponeres og en del klappes på de sydlige klappladser. For at dokumentere typiske gravespild skal der måles i forskellige situationer. Der skal afdækkes forskelle og ligheder for spild ved:

- Forskellige strømhastigheder
- Forskellige strømretninger
- Forskellige sedimenttyper
- Forskelligt gravemateriel (hvis relevant)

Hvis der måles i forskellige dage, hvor disse variable ændres, kan der opbygges en oversigt over hvor følsomt spildet er overfor de forskellige

variable. Det vil indledningsmæssigt være passende at måle ca. 10 dage, der planlægges i relation til vejr- og strømprognoser.

3 Monitoring i driftsfasen

3.1 Opbygning af monitoringsnet

I driftsfasen, som opfattes som perioden fra anlæggelse af en tæt dæmning og til opfyldningen af Lynetteholm er færdigbragt, er der brug for et monitoringsnet, der skal fokusere på at eftervise de forventede udledninger, som har ligget til grund for VVM redegørelsen for Lynetteholm. Monitoringsnettet skal kunne eftervise de forventede koncentrationsforhold i vandfase, sedimentfase og biota.

Driftsmæssigt skal systemet som udgangspunkt fungere parallelt med opfyldningen af Lynetteholm, idet nye teknologier dog kan komme på tale, da der er tale om en meget lang drift/opfyldsperiode.

En endelig plan for placering af stationer og monitoringsens omfangr fastlægges i samarbejde med tilsynsmyndighederne.

4 Referencer

- /1/ Transportudvalget (2020-2021): Lov om anlæg af Lynetteholm. Implementeringsredegørelse. Juni 2021. L.220 – bilag 41
- /2/ DHI A/S (2021): Målinger fra prøvegravning ved Lynetteholm. Måling af sedimentspild og miljøfremmede stoffer. For: By & Havn.
- /3/ DHI (2020) Lynetteholmen. Forundersøgelser og kortlægning af bundvegetation og -fauna. Opdateret med resultater fra udvidet undersøgelsesområde og sedimentkemi
- /4/ DHI (2020) Monitoring på Middelgrunden. Lynetteholm - supplerende undersøgelser
- /5/ COWI (2020): Lynetteholmen; Datarapport, Miljøkemi. For By & Havn
- /6/ DHI (2020): Anlæg af Lynetteholm. VVM- Teknisk baggrundsrapport nr. 1. Hydrauliske undersøgelser

Bilag A Uddrag fra Implementeringsredegørelsen

Miljøfaktor	Afværgeforanstaltninger	Overvågning
Sediment	Ingen. Se kapitel 5.1 "Vilkår for uddybning af sejlrenden i Kronløbet, optagning af materiale under Lynetteholms perimenter og dæmninger"	Inden anlægsarbejdet igangsættes fastlægges et program i dialog med tilsynsmyndigheden, for overvågning af anlægsarbejdernes påvirkning af sedimentforhold og vandkvalitet. Programmet vil indeholde følgende: • Opmåling af dybdeforhold for områder omkring Lynetteholm, hvor der ikke tidligere er udført målinger, og hvor anlæg af Lynetteholm kan forårsage ændrede erosions- eller aflejringsforhold. • Fastlæggelse af et stationsnet til udtagning af sedimentprøver til fysisk-kemiske analyser, herunder kornstørrelse, metaller, organiske forureninger og næringsstoffer for overfladesediment. Stationsnettet skal fastlægges på baggrund af resultater fra den matematiske modellering af aflejringsforholdene for sedimentation fra opgravning af sediment langs perimeteren, samt omkring punktudledningen for Lynetteholm. • Der udføres prøvetagning første gang for dokumentation af de eksisterende forhold, således der er en solid baseline på plads på prøvestationer jf. det fastlagte stationsnet. Prøvestationerne anvendes herefter til gentagne prøvetagninger under anlægs- og driftsfasen for at kunne dokumentere påvirkninger for anlæg og drift af Lynetteholm. • Der foretages udtagning af sedimentprøver for fysisk- kemiske analyser jf. det fastlagte stationsnet. Stationsnet opdateres om nødvendigt løbende på baggrund af resultaterne fra målingerne af dybdeforhold. Prøvetagningstidspunkter (år) fastsættes nærmere af relevante myndigheder. Efter færdiggørelsen af fase 1 perimeter-konstruktionen foretages prøvetagninger af overfladesedimentet for fysisk, kemiske analyser jf. fastlagt stationsnet. Der udføres målinger af dybdeforholdene omkring Lynetteholm/på Middelgrunden i løbet af driftsfasen. Tidspunkter/år for udførelse af målinger fastsættes nærmere af relevante myndigheder.
Vandkvalitet	Ingen. For anlægsfasen se kapitel 5.1 "Vilkår for uddybning af sejlrenden i Kronløbet, optagning af materiale under Lynetteholms perimenter og dæmninger". For driftsfasen se kapitel	Inden anlægsarbejderne sættes i gang vil By & Havn foretage monitorering af baggrundstilstanden (IFF) på udvalgte stationer. By & Havn fastlægger efter dialog med tilsynsmyndigheden et program for overvågning af påvirkning af vandkvaliteten i anlægs- og driftsfasen, herunder for påvirkningen af relevante blandingszoner ved Kraftværks-halvøen og Prøvestenen, som følge af ændrede strømforhold.

Miljøfaktor	Afværgeforanstaltninger	Overvågning
	7.1 "Vilkår for drift af nyttiggørelsesanlæg".	
Bundvegetation og bundfauna	Ingen	I driftsfasen vil By & Havn foretage monitorering af bundvegetation og bundfauna omkring Lynetteholm, herunder med fokus på Middelgrunden. Analyseprogram og stationer skal planlægges med udgangspunkt i undersøgelserne udført i forbindelse med miljøkonsekvensvurderingen. Monitoringsprogram med placering og antal af stationer samt parametre, der analyseres for, skal indsendes til Miljøstyrelsens godkendelse senest to måneder, inden det skal igangsættes. By & Havn fastlægger efter dialog med tilsynsmyndigheden et program for overvågning af anlægsarbejdernes påvirkning af vandkvaliteten.

Bilag B Positioner på monitoringsstationer

Bilag B.1 Positioner

StationID	N	E	Gl nummer	Dybde
1	55,70967	12,61466	Ny	10
2	55,70273	12,61826	B_3	4
3	55,69962	12,61269	B_14	2,5
4	55,69932	12,60856	Ny	4,5
5	55,71051	12,65338	Ny	6
6	55,70486	12,65605	MT-4.2	4,5
7	55,7044	12,67215	MT-4.1	3
8	55,70235	12,65006	MT 5.1	5,5
9	55,69916	12,65716	MT 6.2	3,8
10	55,69757	12,65035	MT 7.1	5
11	55,69378	12,65259	Ny	4,5
12	55,68957	12,65092	Ny	5
13	55,68533	12,65554	Ny	5
14	55,68082	12,65786	Ny	4,5
15	55,69211	12,63782	Ny	13
16	55,68679	12,64371	Ny	14,5
17	55,6806	12,65038	Ny	14
18	55,67344	12,65775	Ny	12
19	55,71267	12,62317	Ny	10,5
20	55,71653	12,63684	Ny	12,5
21	55,71713	12,65149	Ny	7
22	55,72539	12,65322	Ny	14,5
23	55,72969	12,6305	Ny	7
24	55,72758	12,61858	Ny	4,4
25	55,70363	12,6904	Ny	15
26	55,65764	12,67738	Ny	10
27	55,76012	12,62656	Ny	5,5

ARC og Prøvestenen depot		
Stations ID	N	E
ARC 100	55,690878	12,629939
ARC 101	55,690423	12,635744
ARC 102	55,692171	12,633069
PRD 200	55,673742	12,648442
PRD 201	55,676681	12,648861

Bilag C Oversigt over kemiske analyser i vand og sediment

Udvalg af stoffer, der analyseres for i forbindelse med både vandkemiske og sedimentkemiske analyser fremgår af tabellerne herunder. De er valgt i forhold til, om de er fundet i de indledende undersøgelser af havbunden ved Lynetteholm. I de indledende undersøgelser indgik analyser af phthalater ikke, men de er inkluderet i nedenstående og vil blive analyseret på 4 udvalgte stationer.

Bilag C.1 Målinger i sedimenter

Tabellen viser, hvilke stoffer, der analyseres for, og hvordan de relaterer sig til hh. Bekendtgørelse 1625 /2017/ for vandfasen og for sediment og biota. Desuden er der angivet, hvilke stoffer, der indgår i Klapvejledningen /2008/

Klap vejledning	Bek.1625		Sedimenter	Enhed
	Sediment/biota	Vand		
		x	Acenaphten	mg/kg TS
		x	Acenaphtylen	mg/kg TS
	x		Anthracen	mg/kg TS
		x	Antimon, Sb	mg/kg TS
x		x	Arsen, As	mg/kg TS
		x	Barium, Ba	mg/kg TS
			Benz(a)pyren	mg/kg TS
		x	Benzo(a)anthracen	mg/kg TS
			Benzo(b+j)fluoranthren	mg/kg TS
			Benzo(ghi)perylene	mg/kg TS
			Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS
x	x		Bly, Pb	mg/kg TS
x	x		Cadmium, Cd	mg/kg TS
x		x	Chrom (total), Cr	mg/kg TS
		x	Chrysen	mg/kg TS
		f	Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS
x			Dibutyltin, DBT-Sn	µg Sn/kg TS
x			Dibutyltin-cation	µg/kg TS
x			Dioctyltin, DOT-Sn	µg Sn/kg TS
x			Dioctyltin-cation	µg/kg TS
x			Diphenyltin, DPhT-Sn	µg Sn/kg TS
x			Diphenyltin-cation	µg/kg TS
			Fluoranthren	mg/kg TS
		x	Fluoren	mg/kg TS
			Glødetab af total prøve	%

Klap vejledning	Bek.1625		Sedimenter	Enhed
	Sediment/biota	Vand		
			Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS
x		x	Kobber, Cu	mg/kg TS
x			Kviksølv, Hg	mg/kg TS
			Massefylde af tørstof	kg/m ³
		x	Molybdæn, Mo	mg/kg TS
x			Monobutyltin, MBT-Sn	µg Sn/kg TS
x			Monobutyltin-cation	µg/kg TS
x			Monooctyltin, MOT-Sn	µg Sn/kg TS
x			Monooctyltin-cation	µg/kg TS
x			Monophenyltin, MPhT-Sn	µg Sn/kg TS
x			Monophenyltin-cation	µg/kg TS
	x		Naphtalen	mg/kg TS
x			Nikkel, Ni	mg/kg TS
x			PCB congen 101	mg/kg TS
x			PCB congen 118	mg/kg TS
x			PCB congen 138	mg/kg TS
x			PCB congen 153	mg/kg TS
x			PCB congen 180	mg/kg TS
x			PCB congen 28	mg/kg TS
x			PCB congen 52	mg/kg TS
x			PCB i sediment	-
		x	Phenanthren	mg/kg TS
		x	Pyren	mg/kg TS
		x	Selen, Se	mg/kg TS
			Tetrabutyltin, TTBT-Sn	µg Sn/kg TS
			Tetrabutyltin-cation	µg/kg TS
			TOC	% af TS
x			Tributyltin, TBT-Sn	µg Sn/kg TS
x			Tributyltin-cation	µg/kg TS
x			Tricyclohexyltin, TCyT-Sn	µg Sn/kg TS
x			Tricyclohexyltin-cation	µg/kg TS
x			Triphenyltin, TPhT-Sn	µg Sn/kg TS
x			Triphenyltin-cation	µg/kg TS
			Tørstofindhold	%
x		x	Zink, Zn	mg/kg TS

Liste over Phthalater og derivater, samt Nonylphenol (måles på 4 stationer) efter anmodning fra Københavns Kommune

Klap vejledning	Bek.1625		Sedimenter	
	Sediment/biota	Vand		Enhed
			DMP (Dimethylphthalat)	mg/kg TS
			DEP (Diethylphthalat)	mg/kg TS
		x	BBP (Benzylbutylphthalat)	mg/kg TS
			DOP (Diocetylphthalat)	mg/kg TS
		x	DEHP (Bis(2-ethylhexyl)phthalat)	mg/kg TS
		x	DBP (Dibutylphthalat)	mg/kg TS
			Sum af 6 phthalater	-
	x		Nonylphenol	mg/kg TS
			DNP (Diisononylphthalat)	mg/kg TS

Bilag C.2 Målinger i vandsøjlen.

Tabellen viser, hvilke stoffer, der analyseres for, og hvordan de relaterer sig til hh. Bekendtgørelse 1625 /2017/.

Bek.1625		Vandkvalitet	
EU	DK		
	x	Acenaphten	µg/l
	x	Acenaphtylen	µg/l
x		Anthracen	µg/l
	x	Antimon, Sb	µg/l
	x	Arsen, As	µg/l
	x	Barium, Ba	µg/l
x		Benz(a)pyren	µg/l
x		Benz(e)pyren	µg/l
	x	Benzo(a)anthracen	µg/l
x		Benzo(b+j+k)fluoranthener	µg/l

Bek.1625		Vandkvalitet	
EU	DK		
x		Benzo(ghi)perylene	µg/l
x		Bly, Pb	µg/l
x		Cadmium, Cd	µg/l
	x	Chrom, Cr	µg/l
	x	Chrysen	µg/l
		Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l
x		Dibutyltin-cation (DBT)	ng/l
x		Fluoranthren	µg/l
	x	Fluoren	µg/l
x		Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l
	x	Kobber, Cu	µg/l
x		Kviksølv, Hg	µg/l
	x	Molybdæn, Mo	µg/l
x		Monobutyltin-cation (MBT)	ng/l
x		Naphtalen	µg/l
		Nikkel, Ni	µg/l
x		Organotinforbindelser TBT, DBT, MBT	-
		pH	pH
	x	Phenanthren	µg/l
	x	Pyren	µg/l
	x	Selen, Se	µg/l
		Total kvælstof, N	mg/l
		Total phosphor, P	µg/l
x		Tributyltin-cation (TBT)	ng/l
	x	Zink, Zn	µg/l

Specialstoffer i vand efter anmodning fra Københavns Kommune

Bek.1625		Vandkvalitet	
EU	DK		
		Benzen	µg/l
		Toluen	µg/l
		Ethylbenzen	µg/l
		m/p-xylen	µg/l
		o-xylen	µg/l
		Xylener (o-, m-, p-xylen)	µg/l

Bek.1625		Vandkvalitet	
EU	DK		
		Xylener (o-, m-, p-xylen og ethylbenzen)	µg/l
		Napthalen	µg/l
		Trichlormethan (chloroform)	µg/l
		1,1,1-trichlorethan	µg/l
		Tetrachlormethan	µg/l
		Trichlorethylen	µg/l
		Tetrachlorethylen	µg/l