



Nordjyllandsværket A/S

Virksomheder
J.nr. 2021-1417
Ref. KABJE/CHELL
14. december 2021

Afgørelse om, at etablering af havvandsvarmepumper på Nordjyllandsværket ikke er omfattet af krav om miljøvurdering (ikke VVM-pligtigt)

Miljøstyrelsen har den 22. september 2021 modtaget jeres ansøgning via Byg- og Miljø om VVM-screening for havvandsvarmepumper på Nordjyllandsværket.

Opdateret screeningsskema er modtaget den 5. december 2021.

Afgørelse

Miljøstyrelsen har på baggrund af en screening vurderet, at projektet ikke vil kunne påvirke miljøet væsentligt og er derfor ikke omfattet af krav om miljøvurdering (ikke VVM-pligtigt). Afgørelsen er truffet efter § 21 i miljøvurderingsloven¹.

Begrundelse

Det er lagt til grund, at der vil ikke være væsentlige påvirkninger af miljøet som følge af projektet, herunder at der er begrænsede og ikke betydende temperaturpåvirkninger af Limfjorden.

Miljøstyrelsens screeningsskema er vedlagt som bilag A. Som bilag til screenings-skemaet er følgende vedlagt: Spredningsberegninger (bilag 1) væsentlighedsvurdering for Natura 2000 (bilag 2) og risikovurderinger og forsvarsbarrierer (bilag 3).

Afgørelsen er ikke en tilladelse, men alene en afgørelse om, at projektet ikke skal gennem en miljøvurdering før Miljøstyrelsen kan træffe afgørelse om det ansøgte.

Sagens oplysninger

¹ Lovbekendtgørelse om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM), nr. 1976 af 275. oktober 2021

Ansøgningen er indgivet i henhold til § 18 i miljøvurderingsloven. Ansøgningen er fremsendt til Miljøstyrelsen, som varetager kommunalbestyrelsens opgaver og beføjelser for anlægget, jf. § 3, stk. 3 i miljøvurderingsbekendtgørelsen². Ansøgningen er vedlagt som bilag A.

Projektet er omfattet af miljøvurderingslovens bilag 2, punkt 3. Energiindustrien A) Industri anlæg til fremstilling af elektricitet, damp og varmt vand.

Miljøstyrelsen har foretaget en høring af Aalborg Kommune. På baggrund af kommunens kommentarer er der foretaget en opdatering af screeningsskemaets beskrivelse af behovet for grundvandssænkning.

Kommunen har i øvrigt oplyst, at man ingen bemærkninger har til ansøgers oplysninger om Natura 2000-væsentlighedsvurdering eller beskrivelser af beskyttet natur.

Natura 2000-områder

Det er Miljøstyrelsens vurdering, at projektet ikke kan påvirke udpegede naturtyper i Natura 2000 områder, og derfor ikke skal vurderes yderligere i forhold til Natura 2000-reglerne. Baggrunden for vurderingen er at påvirkningerne fra etablering og drift af havvandsvarmepumper ved Nordjyllandsværket ikke i sig selv, eller i forbindelse med andre planer eller projekter kan påvirke Natura 2000-områder væsentligt, herunder de naturtyper, arter eller fugle der findes på udpegningsgrundlaget. Det vurderes, at etablering og drift af havvandsvarmepumper ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for hverken naturtyper, arter eller fugle i de nærliggende Natura 2000-områder herunder N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal.

Bilag IV-arter

Det er Miljøstyrelsens vurdering, at projektet ikke kan beskadige eller ødelægge bilag IV-arter og derfor ikke skal vurderes ift. reglerne om bilag IV-arter. Det er vurderet i væsentlighedsvurderingen, at der ikke vil være en væsentlig påvirkning fra kuldespredning på det marine miljø, da effekten af kuldespredningen er begrænset. Kun helt lokalt omkring udløbet vil der ses temperaturforskelle på mere end -1 °C.

Det vurderes videre, at projektet ikke kan beskadige eller ødelægge yngle- eller rastoområder i det naturlige udbredelsesområde for marsvin. Dermed påvirkes muligheden for opretholdelse af den økologiske funktionalitet for marsvin ikke.

²Bekendtgørelse om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM). Bekendtgørelse nr. 1376 af 21. juni 2021

Screeningen er gennemført med udgangspunkt i det projekt, som er beskrevet i ansøgningen og på baggrund af de miljømæssige forudsætninger, som er gældende på screeningstidspunktet.

Hvis projektet ændres, er ansøger forpligtet til at ansøge igen med henblik på at få afgjort om ændringen er omfattet af krav om miljøvurdering (VVM-pligtigt).

Afgørelsen bortfalder, hvis den ikke er udnyttet inden 3 år efter, at den er meddelt, jf. miljøvurderingslovens § 39.

Offentliggørelse

Miljøstyrelsens afgørelse offentliggøres udelukkende digitalt. Materialet kan tilgås på Miljøstyrelsens hjemmeside www.mst.dk. Offentliggørelsen finder sted den 14. december 2021.

Offentligheden har adgang til sagens øvrige oplysninger med de begrænsninger, der følger af lovgivningen.

Klagevejledning

Afgørelsen kan påklages for så vidt angår retlige spørgsmål af enhver med retlig interesse i sagens udfald samt af landsdækkende foreninger og organisationer, der som formål har beskyttelsen af natur og miljø eller varetagelsen af væsentlige brugerinteresser inden for arealanvendelsen og har vedtægter eller love, som dokumenterer deres formål, og som repræsenterer mindst 100 medlemmer, jf. miljøvurderingslovens § 50.

Hvis du ønsker at klage over denne afgørelse, kan du klage til Miljø- og Fødevareklagenævnet. Du klager via Klageportalen, som du finder et link til på forsiden af www.naevneneshus.dk. Klageportalen ligger på www.borger.dk og www.virk.dk. Du logger på www.borger.dk eller www.virk.dk, ligesom du plejer, typisk med NEM-ID.

Klagen sendes gennem Klageportalen til Miljøstyrelsen. En klage er indgivet, når den er tilgængelig for Miljøstyrelsen i Klageportalen. Når du klager, skal du betale et gebyr på kr. 900 for private og kr. 1800 for virksomheder og organisationer. Du betaler gebyret med betalingskort i Klageportalen.

Du kan læse mere om gebyrordningen og klage på Miljø- og Fødevareklagenævnets hjemmeside (<https://naevneneshus.dk/start-din-klage/miljoe-og-foedevareklagenaevnet/>).

Miljø- og Fødevareklagenævnet skal som udgangspunkt afvise en klage, der kommer uden om Klageportalen, hvis der ikke er særlige grunde til det. Hvis du ønsker at blive fritaget for at bruge Klageportalen, skal du sende en begrundet anmodning til den myndighed, der har truffet afgørelse i sagen. Miljøstyrelsen videresender herefter anmodningen til Miljø- og Fødevareklagenævnet, som træffer afgørelse om, hvorvidt din anmodning kan imødekommes.

Klagen skal være modtaget senest den 11. januar 2022.

Orientering om klage

Hvis Miljøstyrelsen får besked fra Klageportalen om, at der er indgivet en klage over afgørelsen, orienterer Miljøstyrelsen virksomheden herom.

Miljøstyrelsen orienterer ligeledes virksomheden, hvis Miljøstyrelsen modtager en klage over afgørelsen fra en klager, som efter anmodning til Miljø- og Fødevareklagenævnet er blevet fritaget for at klage via Klageportalen.

Herudover orienterer Miljøstyrelsen ikke virksomheden.

Betingelser mens en klage behandles

Klage over afgørelsen har ikke opsættende virkning, medmindre klagenævnet bestemmer noget andet. Dette indebærer, at en samtidigt eller efterfølgende meddelt miljøgodkendelse eller dispensation til at påbegynde bygge- og anlægsarbejder efter miljøbeskyttelseslovens § 33, stk. 2, som udgangspunkt kan udnyttes. Udnyttes afgørelsen, indebærer dette ingen begrænsning i Miljø- og Fødevareklagenævnets mulighed for at ændre eller ophæve afgørelsen. Hvis nævnet tillægger en klage opsættende virkning, kan en meddelt miljøgodkendelse ikke udnyttes, og nævnet kan påbyde påbegyndte bygge- og anlægsarbejder standset.

Søgsmål

Hvis man ønsker at anlægge et søgsmål om afgørelsen ved domstolene, skal det ske senest 6 måneder efter, at Miljøstyrelsen har meddelt afgørelsen.

Med venlig hilsen
Karsten Borg Jensen

Kopi til:

Aalborg Kommune
Danmarks Naturfredningsforening
Dansk Ornitologisk Forening
Friluftsrådet

Bilag:

Bilag A: Miljøstyrelsens screeningsskema

Bilag til screeningsskemaet:

- Bilag 1: Spredningsberedninger
- Bilag 2: Væsentlighedsvurdering
- Bilag 3: Risikovurdering og forsvarsbarrierer

Bilag A - Miljøstyrelsens screeningsskema.

Samt bilag 1, 2 og 3



Skema til ansøgning samt bilag til myndighedsvurdering om screening for miljøvurderingspligt

Projekt navn: Havvandsvarmepumpe ved Nordjyllandsværket

MST-journalnummer: 2021-1417

Vejledning til ansøger om udfyldelse af skemaet:

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)	Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
Projektbeskrivelse (kan vedlægges)	Aalborg Forsyning har et ønske om at placere et havvandsvarmepumpeanlæg ved Nordjyllandsværket, som en del af den grønne omstilling. Et varmepumpeanlæg består overordnet af en bygning med varmepumper, der via kanaler og rør har forbindelse til havvands indtag og udløb. Varmepumpeanlægget drives af el og producerer fjernvarme ved at trække energi ud af havvandet, hvor der derved sker en sænkning af havvandstemperaturen. Der er foretaget spredningsanalyser, der viser omfanget. De er vedlagt som bilag 1. Varmepumpernes primære varmekilde er derved havvandet, som ved hjælp af el pumpes ind fra Limfjorden. Projektet omfatter etablering af nye varmepumper med en produktionseffekt på i alt 150 MW. I praksis vil varmepumpens producerede effekt variere i et interval omkring 150 MW afhængigt af havvandstemperatur og temperatursættet (frem/retur) i fjernvarmenettet.	Anlægget vil blive integreret i Nordjyllandsværkets drift, blandt andet ved anvendelsen af værkets kølevandskanal og tilslutning til fjernvarmenettet via værkets opkobling på dette. Endvidere vil Nordjyllandsværkets driftspersonale være ansvarlige for driften af havvandspumpeanlægget. Det er derfor Miljøstyrelsens vurdering, at projektet skal vurderes som en biaktivitet til værkets drift i relation til miljøgodkendelse og miljøvurdering. Miljøstyrelsen er således myndighed for disse tilladelser i relation til projektet.

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)	Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
	Varmepumpeanlægget forventes i drift året rundt med varierende varmeproduktion. Havvandsvarmepumpeanlæg skal placeres ved Nordjyllandsværket på Nefovej og vil blive drevet af Nordjyllandsværket, Aalborg Forsyning, hvis placering er vist på oversigtskortet nederst i dokumentet. Området har været benyttet til Nordjyllandsværket blok 2, og infrastrukturen er under nedrivning. Havvandsvarmepumpeanlægget er tænkt ind som en del af et kommende udviklingsområde "Det grønne testcenter" ved Nordjyllandsværket, som er en del af Aalborg Forsynings strategi for at erstatte Nordjyllandsværket med bæredygtige energikilder. Nordjyllandsværket skal nedlukkes senest i 2028, men der er politisk interesse i at nedlukke værket tidligere. Tidligere analyser peger på, at placering af en varmeproduktionsenhed ved Nordjyllandsværket er optimalt i forhold til den fremtidige forsyningsstruktur. En havvandsvarmepumpe er i den sammenhæng et oplagt valg på grund af nærheden til Limfjorden og muligheden for at genbruge det eksisterende havvandsindtag/udløb og behandlingsanlæg for kølevand til blok 3. Havvandsindtag og vandbehandling udgør en væsentlig andel af investeringen for et anlæg af denne type, hvorfor det er en stor fordel, at der kan bygges videre på eksisterende infrastruktur.	

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)	Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
	Ved etablering af et havvandsvarmepumpeanlæg vil der muligvis i nogle år være samdrift med Nordjyllandsværkets nuværende blok 3, og anlægget etableres som udgangspunkt, så dette er muligt. For at kan udnytte en eksisterende kølevandskanal ved Nordjyllandsværket påtænkes anlægget placeres i umiddelbar tilknytning hertil.	
Navn, adresse, telefonnr. og e-mail på bygherre	Aalborg Forsyning – Nordjyllandsværket A/S Nefovej 50, 9310 Vodskov	Ingen bemærkninger
Navn, adresse, telefonnr. og e-mail på bygherres kontaktperson	Rambøll, miljø: Sanne Laugesen Prinsensgade 11 9000 Aalborg Email: SLA@ramboll.dk Tlf.: 51614552	Ingen bemærkninger
Projektets adresse, matr.nr. og ejerlav. For havbrug angives anlæggets geografiske placering angivet ved koordinater for havbrugets 4 hjørneafmærkninger i bredde/længde (WGS-84 datum).	Nefovej 50 9310 Vodskov Matr.nr.: 5 og 8 Ejerlav: Vesterladen, Horsens	Ingen bemærkninger
Projektet berører følgende kommune eller kommuner (omfatter såvel den eller de kommuner, som projektet er placeret i, som den eller de	Aalborg Kommune	Ingen bemærkninger

Basisoplysninger		Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)		Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
kommuner, hvis miljø kan tænkes påvirket af projektet)				
Oversigtskort i målestok 1:50.000 (målestok skal angives). For havbrug angives anlæggets placering på et søkort.	Se nederst i dokumentet			Ingen bemærkninger
Kortbilag i målestok 1:10.000 eller 1:5.000 med indtegning af anlægget og projektet (vedlægges dog ikke for strækningsanlæg) (målestok skal angives)	Se nederst i dokumentet.			Ingen bemærkninger
Forholdet til reglerne	Ja	Nej		
Er projektet opført på bilag 1 til lov om miljøvurdering af planer og programmer og konkrete projekter (VVM).		X	Hvis ja, er der obligatorisk krav om miljøvurdering. Angiv punktet på bilag 1:	Miljøstyrelsen er enig i virksomhedens vurdering
Er projektet opført på bilag 2 til lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM).	X		Angiv punktet på bilag 2: 3. Energiindustrien A) industrianlæg til fremstilling af elektricitet, damp og varmt vand (projekter, som ikke er omfattet af bilag 1).	Miljøstyrelsen er enig i virksomhedens vurdering
				Myndighedsvurdering
Projektets karakteristika	Ja	Nej	Tekst	
1. Hvis bygherren ikke er ejer af de arealer, som projektet omfatter angives navn og adresse på de eller den pågældende ejer, matr.nr. og ejerlav			Nordjyllandsværket A/S Nefovej 50 9310 Vodskov	Ingen bemærkninger
2. Arealanvendelse efter projektets realisering				

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)	Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
Det fremtidige samlede bebyggede areal i m ² Det fremtidige samlede befæstede areal i m ² Nye arealer, som befæstes ved projektet i m ²	ca. 25.500 m ² Ca. 140.000-150.000 m ² , men ikke opgjort nøjagtigt, da der pågår en masse nedrivning og ombygning Ca. 3.500 m ² . Området er i dag dækket af knust beton.	Ingen bemærkninger
3. Projektets areal og volumenmæssige udformning Er der behov for grundvandssænkning i forbindelse med projektet og i givet fald hvor meget i m	Der kan være brug for en midlertidig grundvandssænkning i anlægsfasen ved etablering af bygningen og trykkammer. Grundvandsspejlet i området forventes at ligge omkring ca. kote +0,5 m, men kan formentlig stige op til +1,0 á 1,5 m i perioder. Ved et højt grundvandsspejl i anlægsfasen kan der derved være behov for en midlertidig grundvandssænkning, indtil der er støbt fundament og 14 dage efter dette, dvs. i alt ca. 2,5 måneder. Lagserien i området er beskrevet som mellemkornet sand, og vandføringsevnen, transmissiviteten, er vurderet med udgangspunkt i Nordjyllandsværkets eksisterende pumpeboringer. Vurderingen af vandmængder ved grundvandssænkning er udført ved beregning efter superbrøndsprincippet med en estimeret	Ingen bemærkninger

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)	Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
	influensradius på 200 m og en transmissivitet i størrelsesordenen 0,0025 m²/s. Ved beregningerne er der anvendt en magasintykkelse (påvirket zone) på 10 m. Fundamentet til bygningen etableres omkring kote 1,2 m, og der graves ikke længere ned end til denne kote. Ved beregningerne forudsættes et behov for grundvandssænkning på 0,3 m, svarende til en maksimal grundvandsstand i kote 1,5 m. Under bygningen etableres en ingeniørgang med en bredde på 4,4 meter og med bundkote på omkring 0,37 m, hvilket svarer til en forventet maksimal grundvandssænkning på 1,13 m. Med et maksimalt vandspejl i kote 1,5 m vurderes den samlede vandmængde, i forbindelse med etableringen af bygningen og den tilhørende ingeniørgang, at svare til ca. 50.000 m³ over en periode på 2,5 måneder. Trykkammeret, med et areal på ca. 40 m², etableres med bundkote -3,5 m. Ved et højt grundvandsspejl i anlægsfasen kan der derved være behov for en midlertidig grundvandssænkning på omkring 5 m. Den samlede vandmængde, i forbindelse med etableringen af trykkammeret, vurderes at svare til ca. 100.000 m³ over en periode på 2,5 måneder.	

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)	Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
Projektets samlede grundareal angivet i ha eller m²	Da grundvandssænkningen til bygning, ingeniørgang og trykkammer sker sideløbende, forventes en indbyrdes påvirkning, og den samlede vandmængde vil sandsynligvis kunne reduceres ift. ovenstående beregninger, så den forventede samlede vandmængde i anlægsperioden vurderes at svare til 100.000-120.000 m³. Ved behov for grundvandssænkning foretages der en forureningsundersøgelse, som kan afdække om der er risiko for at trække forurening med grundvandsindvindingen. På baggrund af forureningsundersøgelsen træffes beslutning om, hvorledes vandet skal bortskaffes, så det sikres, at der ikke ske forurening. Nordjyllandsværket har i dag to permanente grundvandssænkingspumper ved administrationsbygningen, som ledes til Stae Bæk. Derudover er der ingen anlæg til indvinding af grundvand inden for 300 meter. Ca. 3.500 m² (bygning til varmepumpe) og derudover køleledningen og en kobling til fjernvarmesystemet. Det samlede grundareal for Nordjyllandsværket er ca. 311.500 m.	Aalborg Kommune er myndighed for aktiviteter i bygge- og anlægsfasen.

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)	Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
Projektets bebyggede areal i m² Projektets nye befæstede areal i m² Projektets samlede bygningsmasse i m³ Projektets maksimale bygningshøjde i m Beskrivelse af omfanget af eventuelle nedrivningsarbejder i forbindelse med projektet	Der vil i forbindelse med projektet blive bebygget ca. 3.500 m². Ca. 3.500 m² Ca. 52.500 m³ 15 m Der vil ikke ske nedrivning i forbindelse med projektet. Nordjyllandsværket har gennem de sidste to år har været i gang med at nedbryde blok 1 og 2 samt det gamle SNOX-anlæg, for at gøre arealerne klar til visionen om et grønt testcenter og energipark. Der er derfor ikke behov for nedrivning i dette projekt	
4. Projektets behov for råstoffer i anlægsperioden Råstofforbrug i anlægsperioden på type og mængde: Vandmængde i anlægsperioden Affaldstype og mængder i anlægsperioden	Til bygningen benyttes almindelige bygningsmaterialer, såsom beton, stål tagpap, glasflit og aluminium mv. Der skal bruges mindre vandmængde til betonarbejder og byggepladsdrift. Begrænsede mængder af affald, såsom rester af beton, stål, kabler, mm., som bortskaffes i henhold til gældende lovgivning.	Ingen bemærkninger

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)	Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
Spildevand til renseanlæg i anlægsperioden Spildevand med direkte udledning til vandløb, søer, hav i anlægsperioden Håndtering af regnvand i anlægsperioden Anlægsperioden angivet som mm/åå – mm/åå	Der vil blive afgravet en mindre mængde jord, der bortskaffes i henhold til gældende regler og registreres på jord web. Der frembringes kun mindre mængde spildevand i anlægsperioden fra sanitære forhold på byggepladsen. Ingen spildevand med direkte udledning. Regnvand håndteres lig eksisterende situation, hvor regnvand føres til eksisterende regnvandssystem. Ultimo 2022- primo 2026	
5. Projektets kapacitet for så vidt angår flow ind og ud samt angivelse af placering og opbevaring på kortbilag af råstoffet/produktet i driftsfasen: Råstoffer – type og mængde i driftsfasen	I varmepumpeanlægget anvendes der kølemiddel, i form af enten syntetisk kølemiddel R1234ze(E) eller naturlige kølemidler Ammoniak NH₃ eller CO₂. Fastlæggelsen af hvilket af de ovenstående kølemidler, der vil blive anvendt, afhænger af hvilken leverandør som vælges efter et	Virksomheden er risikovirksomhed som følge af oplaget af ammoniak. Hvis der vælges ammoniak som kølemiddel i varmepumpeanlægget, vil det på grund af mængden af ammoniak i anlægget ikke have betydning for virksomhedens indplacering i forhold til risikoreglerne.

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)	Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
Mellemprodukter – type og mængde i driftsfasen Færdigvarer – type og mængde i driftsfasen Vandmængde i driftsfasen	udbud. Kølemiddel benyttes og opbevares i varmepumpebygningen. Der produceres ikke mellemprodukter. Det havvandsbaserede varempeanlæg vil have en produktionseffekt på i alt 150 MW. I praksis vil varmepumpens producerede effekt variere i et interval omkring 150 MW afhængigt af havvandstemperaturesættet og (frem/retur) i fjernvarmenettet. Gennem anlægget indpumpes havvand, der pumpes gennem varmevekslere, afkøles og føres tilbage til Limfjorden. Der til- og fraføres ikke yderligere vand i denne proces.	
6. Affaldstype og årlige mængder, som følge af projektet i driftsfasen: Farligt affald: Andet affald:	Havvandsindløbet er pt. forsynet med et grovfilter, som frasorterer tang og andre fremmedlegemer. Vandmængden til havvandsvarmepumpen er sammenlignelig med NVJ 3, så dette anlæg bevares i det nye produktions set up. Frasorteret materiale fra Limfjorden bortkøres som hidtil. Det er de	Affald bortskaffes i henhold til Aalborg Kommunes anvisninger.

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)		Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
Spildevand til renseanlæg: Spildevand med direkte udledning til vandløb, sø, hav: Håndtering af regnvand:			Det er en uændret aktivitet på lokaliteten. Affald fra virksomheden, herunder fra rensning af havvandskanaler, skal bortskaffes i henhold til Aalborg Kommunes anvisninger. Spildevandet bortledes i henhold til tilslutningstilladelse meddelt af Aalborg Kommune.
7. Forudsætter projektet etablering af selvstændig vandforsyning?	X	X	
8. Er projektet eller dele af projektet omfattet af standardvilkår eller en branchebekendtgørelse?	X		Nordjyllandsværket A/S er omfattet af Godkendelsesbekendtgørelsen BEK nr 1394 af 21/06/2021, Bilag 1, afsnit 11. G 201, kraft- og varmeproduktion, kraftproducerende anlæg, gasturbineanlæg og motoranlæg. (Hvor der fyres med kul) Listepunktet er (S)-mærket, hvilket indebærer, at Miljøstyrelsen er godkendelsesmyndighed for hovedaktiviteten og tilknyttede biaktiviteter

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)			Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
			Forbrænding af brændsel i anlæg med en samlet nominel indfyret termisk effekt på 50 MW eller derover, hvor brændslet er kul og/eller orimulsion.	Havvandsvarmepumper er ikke omfattet af standardvilkår eller en branchebekendtgørelse.
9. Vil projektet kunne overholde alle de angivne standardvilkår eller krav i branchebekendtgørelse?	X			Ingen bemærkninger
10. Er projektet eller dele af projektet omfattet af BREF-dokumenter?	X		BREF-dokumentet om Energieffektivisering fra juni 2008 er relevant, idet dokumentet indeholder retningslinjer og konklusioner angående energieffektivitetsteknikker, der anses for at være forenelige med den bedste tilgængelige teknik i generel forstand for alle anlæg, der er omfattet af IPPC-direktivet.	Ingen bemærkninger
11. Vil projektet kunne overholde de angivne BREF-dokumenter?	X			Ingen bemærkninger
12. Er projektet eller dele af projektet omfattet af BAT-konklusioner?	X			Ingen bemærkninger
13. Vil projektet kunne overholde de angivne BAT-konklusioner?	X		Nordjyllandsværket A/S er omfattet af BAT-konklusioner fra "Store fyringsanlæg". Anlægget kan overholde BAT-konklusioner i det omfang, det er relevant.	Miljøstyrelsen er i gang med at udarbejde en revurdering for Nordjyllandsværket som følge af implementeringen af BAT-konklusioner. Projektet med havvandspumper er ikke omfattet af revurderingen.
14. Er projektet omfattet af en eller flere af Miljøstyrelsens vejledninger eller bekendtgørelser om støj eller eventuelt lokalt fastsatte støjgrænser?	X		Vejledning nr. 5/1984. Ekstern støj fra virksomheder.	Der vil blive fastsat støjgrænser i overensstemmelse med retningslinjerne i støjvejledningen
15. Vil anlægsarbejdet kunne overholde de eventuelt lokalt fastsatte vejledende grænseværdier for støj og vibrationer?	X			Ingen bemærkninger

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)			Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
16. Vil det samlede anlæg, når projektet er udført, kunne overholde de vejledende grænseværdier for støj og vibrationer?	X		Nordjyllandsværket, inkl. havvandsvarmepumpen, vil ikke overstige de eksisterende rammer for støj i området. Der vil heller ikke ske en overskridelse i overgangsfasen i forhold til grænseværdierne. Der er flere støjede anlæg på Nordjyllandsværket, der er nedtaget, inden havvandsvarmepumpen sættes i drift, hvilket støjmæssigt giver plads til havvandsvarmepumpen.	Der vil blive fastsat støjgrænser i overensstemmelse med retningslinjerne i støjvejledningen
17. Er projektet omfattet af Miljøstyrelsens vejledninger, regler og bekendtgørelser om luftforurening?		X		Projektet medfører ikke emissioner til luften.
18. Vil anlægsarbejdet kunne overholde de vejledende grænseværdier for luftforurening?	X			Ingen bemærkninger
19. Vil det samlede projekt, når anlægsarbejdet er udført, kunne overholde de vejledende grænseværdier for luftforurening? Såfremt der allerede foreligger oplysninger om de indvirkninger, projektet kan forventes at få på miljøet som følge af den forventede luftforurening, medsendes disse oplysninger.	X			Ingen bemærkninger
20. Vil projektet give anledning til støvgener eller øgede støvgener	X		Der kan forekomme mindre støvgener i anlægsperioden i forbindelse med gravearbejder og transport af byggematerialer. Dette forventes værst i tørre samt blæsende perioder. Udbredelsen er lokal, og vil kunne afhjælpes med	Aalborg Kommune er myndighed for aktiviteter i bygge- og anlægsfasen.

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)			Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
I anlægsperioden? I driftsfasen?			overrisling af vand i tilfælde af svære støvgener.	
21. Vil projektet give anledning til lugtgener eller øgede lugtgener I anlægsperioden? I driftsfasen?		X		Ingen bemærkninger
22. Vil projektet som følge af projektet have behov for belysning som i aften og nattetimer vil kunne oplyse naboarealer og omgivelserne I anlægsperioden? I driftsfasen?		X	Anlægsarbejderne vil primært foregå i dagtimerne, men kan reelt foregå 24/7, hvorfor der kan være behov for belysning i aften timerne, hvilket kan oplyse naboarealer.	Aalborg Kommune er myndighed for aktiviteter i bygge- og anlægsfasen.
23. Er projektet omfattet af risikobekendtgørelsen, jf. bekendtgørelse om kontrol med risikoen for større uheld med farlige stoffer nr. 372 af 25. april 2016?	X		Havvandsvarmepumperne vil anvende vandfrit ammoniak, R-1234ze eller CO2 som kølemiddel. Nordjyllandsværket A/S, hvor havvandsvarmepumperne etableres, er en eksisterende risikovirksomhed. Hvis der vælges ammoniak som kølemiddel vil oplaget af dette være omfattet af risikobekendtgørelsen indtil Nordjyllandsværkets oplag af ammoniak fjernes.	Virksomheden er risikovirksomhed som følge af oplaget af ammoniak. Hvis der vælges ammoniak som kølemiddel i varmepumpeanlægget, vil det på grund af mængden af ammoniak i anlægget ikke have betydning for virksomhedens indplacering i forhold til risikoreglerne.

Basisoplysninger	Anmeldte oplysninger (udfyldes af ansøger)		Myndighedsvurdering (udfyldes af myndigheden)
		Ammoniakfyldningen på havvandsvarmepumperne vil være mindre end 50 tons og ammoniakfyldningen på havvandsvarmepumperne alene vil ikke overstige risikobekendtgørelsens tærskelværdier. R-1234ze og CO2 er ikke omfattet af risikobekendtgørelsen.	

Anmelders oplysninger				Myndighedsvurdering
Projektets placering	Ja	Nej	Tekst	
24. Kan projektet rummes inden for lokalplanens generelle formål?	X			Ingen bemærkninger
25. Forudsætter projektet dispensation fra gældende bygge- og beskyttelseslinjer?		X		Ingen bemærkninger
26. Indebærer projektet behov for at begrænse anvendelsen af naboarealer?		X		Ingen bemærkninger
27. Vil projektet kunne udgøre en hindring for anvendelsen af udlagte råstofområder?		X		Ingen bemærkninger
28. Er projektet tænkt placeret indenfor kystnærhedszonen?	X		Området har været kraftværk siden 1970'erne.	Ingen bemærkninger

Anmelders oplysninger			
Projektets placering	Ja	Nej	Tekst
29. Forudsætter projektet rydning af skov? (skov er et bevokset areal med træer, som danner eller indenfor et rimeligt tidsrum ville danne sluttet skov af højstammede træer, og arealet er større end ½ ha og mere end 20 m bredt.)		X	
30. Vil projektet være i strid med eller til hinder for realiseringen af en rejst fredningssag?		X	

Myndighedsvurdering
Ingen bemærkninger
Ingen bemærkninger

31. Afstanden fra projektet i luftlinje til nærmeste beskyttede naturtype i henhold til naturbeskyttelseslovens § 3.		Ca. 180 meter til strandeng og sø sydøst for kølekanal. Strandeng og sø vil ikke påvirkes af udledning fra havvandsvarmepumpen. Der ligger også et beskyttet vandløb, Stae Bæk, i tilknytning til beskyttet strandeng og sø. Vandløbets nuværende økologiske tilstand er dårlig på baggrund af dårlig økologisk tilstand for fisk. Der er ca. 320 meter mellem Nordjyllandsværkets udløb og Stae Bæks udløb via fjorden. Det vurderes, at udledning fra havvandsvarmpen ikke vil forårsage en væsentlig påvirkning på ørredens tilstedeværelse i Stae Bæk eller ørredens mulighed for at yngle i bækken. Dermed vurderes driften af havvandsvarmepumpen ikke at forhindre opnåelse af god økologisk tilstand i Stae Bæk. Se baggrundsrapport med Natura2000 væsentlighedsvurdering og vurdering i forhold til vandrammedirektivet.	Miljøstyrelsen har gennemgået baggrundsrapporten. Miljøstyrelsen har ingen bemærkninger til rapportens konklusioner.
32. Er der forekomst af beskyttede arter og i givet fald hvilke?	X	Inden for en radius af ca. 500 meter er der registreret ilder og spættet sæl, der begge er beskyttet af habitatdirektivets bilag IV. Derudover er der registreret 13 fuglearter og ilder, der er rødlistede arter.	Ingen bemærkninger
33. Afstanden fra projektet i luftlinje til nærmeste fredede område.		4,7 km, sydvest: Rørdal Kirke.	Ingen bemærkninger
34. Afstanden fra projektet i luftlinje til nærmeste internationale naturbeskyttelsesområde (Natura 2000-områder, habitatområder, fuglebeskyttelsesområder og Ramsarområder).		4,6 km, nord: NATURA 2000 – Habitatområde, Hammer Bakker, østlig del. Via Limfjorden er nærmeste Natura 2000-områder N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord, som ligger ca. 19 km mod øst, og N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, som ligger ca. 11 km mod vest.	Miljøstyrelsen har gennemgået væsentlighedsvurderingen. Miljøstyrelsen har ingen bemærkninger til dens konklusioner.

		Der er udarbejdet en væsentlighedsvurdering, der konkluderer, at havvandsvarmepumpeanlægget ikke vil udgøre en væsentlig påvirkning af naturtyper, arter eller fugle på udpegningsgrundlaget, og det vurderes, at etablering og drift af havvarmepumper ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for hverken naturtyper, arter eller fugle i N14. Væsentlighedsvurderingen er vedlagt som bilag 2.	
35. Vil projektet medføre påvirkninger af overfladevand eller grundvand, f.eks. i form af udledninger til eller fysiske ændringer af vandområder eller grundvandsforekomster?	X	Ved drift af havvandsvarmepumpen vil det udledte havvand være 2 - 6 °C koldere end det indpumpede vand. Ifm. med projektet er der gennemført kuldespredningsberegninger, der er vedlagt som bilag 1. Beregningerne er konservative, da der er taget udgangspunkt i en konstant drift og en konstant vandføring. Især ved beregninger mod vest mod Egholm er dette konservativt, da denne situation sjældent sker. Det afkølede vand vil grundet de store strømhastigheder have en stor spredning i Limfjorden. Der vil være en spredningen forbi Egholm mod vest og ud ad mod Mou mod øst, men vil ikke strække sig ud til udmundingen af Limfjorden. Det afkølede vand vil især føre til sænkning af vandtemperatur helt lokalt omkring havvandsudledningen ved Nordjyllandsværket. Det er vurderet, at effekten af udledning af nedkølet vand fra havvarmepumpen vil være meget begrænset. De største temperaturændringer fremgår ved vestgående strøm, hvor der vil kunne optræde temperaturforskelle på ca. -0,2 °C vest for Egholm. Egholm ligger på grænsen til	Miljøstyrelsen har gennemgået baggrundsrapporten for hydrauliske forhold. Miljøstyrelsen har ikke fundet grundlag for at betvivle rapportens konklusioner.

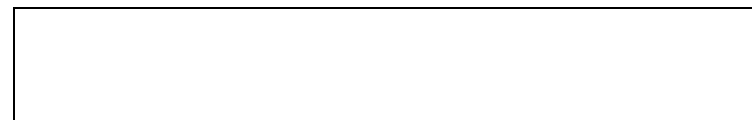
			Natura 2000 område nr. N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, som er det Natura 2000 område, der ligger tættest på projektet. Temperatursænkninger på 1 °C eller mindre vurderes som udgangspunkt at være ubetydelige for det marine miljø, og det er vurderet i væsentlighedsvurderingen, at driften af havvandsvarmepumpen ikke vil påvirke kystvandenes kvalitetselementer og ikke forhindre opfyldelse af god økologisk tilstand. Der er naturligt store temperaturudsving i Limfjorden, hvor der årligt er en naturlig temperaturvariation på gennemsnitligt ca. 7 – 8 °C. Under eksisterende forhold med drift af blok 3 på Nordjyllandsværket sker der i dag store udsving i temperatur og mængder af udledt kølevand. Påvirkningsområdet strækker sig i hele Limfjordens bredde i området omkring Nordjyllandsværket, og strækker sig mod vest forbi Egholm. I 2 % af året er kølevandets temperaturstigning over Nordjyllandsværket på mere end 8 grader, og i 24 % af året er temperaturstigningen på mere end 3 grader. Ved 8,5 grader kan der forekomme en temperaturforskel på ca. 1,25 °C ses vest for Egholm. Ved en gennemsnitlig udledning er temperaturforskellen derimod kun 0,2 grad omkring Egholm. Se baggrundsrapport om hydrauliske forhold.	
36. Er projektet placeret i et område med særlige drikkevandinteresser?		X		Ingen bemærkninger
37. Er projektet placeret i et område med registreret jordforurening?	X		Projektet er placeret i et område registreret med Jordforurening V1.	Ingen bemærkninger
38. Er projektet placeret i et område, der i kommuneplanen er		X	Området er markeret med grøn og med enkelte markeringer i orange på Aalborg Kommunes risikokort (klimatilpasningsplan).	Ingen bemærkninger

udpeget som område med risiko for oversvømmelse.?				
39. Er projektet placeret i et område, der, jf. oversvømmelsesloven, er udpeget som risikoområde for oversvømmelse?		X		
40. Er der andre lignende anlæg eller aktiviteter i området, der sammen med det ansøgte må forventes at kunne medføre en øget samlet påvirkning af miljøet (Kumulative forhold)?	X		Havvandsvarmepumpeanlægget er tænkt ind som en del af et kommende udviklingsområde "Det grønne testcenter" ved Nordjyllandsværket, som en del af Aalborg Forsynings strategi for at erstatte Nordjyllandsværkets med bæredygtige energikilder. Nordjyllandsværket skal nedlukkes senest i 2028, men der er politisk interesse i at nedlukke værket tidligere. Derudover har Nordjyllandsværket gang i flere andre aktiviteter, herunder elkedler, varmelager og andre, som skal bidrage til at mindske værkets samlede CO₂ udledning. Der planlægges for mindre varmepumper på renseanlæg Øst og Vest, der vil aflede mindre mængder afkølet havvand. Renseanlæggene ligger med en afstand til havvandsvarmepumpeanlægget på henholdsvis 3 km og 11 km. De små mængder, som renseanlæggene vil udlede, kan give koldere vand i retning mod havvandsvarmepumpen og omvendt, men samlet vil koblingen mellem projekterne ikke være væsentlig.	Miljøstyrelsen noterer sig planerne for området og er enig i vurderingen af de kumulative forhold.
41. Vil den forventede miljøpåvirkning kunne berøre nabolande?		X		Ingen bemærkninger
42. En beskrivelse af de tilpasninger, ansøger har foretaget af projektet inden ansøgningen blev indsendt og de påtænkte foranstaltninger med henblik på at undgå, forebygge, begrænse eller kompensere for			Der er i anlægget indarbejdet foranstaltninger, der sikrer mod lækage af kølemiddel. Risikoen for en lækage af kølemiddel (ammoniak eller 1234ze) til Limfjorden er beregnet til at være usandsynlig og mellem 1×10^{-6}/år og 5×10^{-8}/år.	Miljøstyrelsen vurderer, at der er truffet de nødvendige foranstaltninger for at minimere risikoen for lækage. Miljøstyrelsen har derudover fokus på, at der med løbende vedligehold og tilsyn sikres mod lækage af kølemiddel.

væsentlige skadelige virkninger for miljøet?



Notat med risikovurdering og forsvarsbarrierer er vedlagt som bilag 3.



Oversigtskort



Blå markering viser placering af havvandsvarmepumpeanlægget beliggende på Nordjyllandsværket.

Kortbilag

Havvandsvarmepumpen placeres i bygning med en forventet placering inden for den ovale cirkel på nedenstående kort. Bygningen placeres i tilknytning til eksisterende kølevandsledning, vist med stiplede lyseblå.



Myndighedsscreening

	Ikke relevant	Ja	Nej	Bør under- søges	
Kan projektets kapacitet og længde for strækingsanlæg give anledning til væsentlige miljøpåvirkninger					Ikke relevant
Kræver bortskaffelse af affald og spildevand ændringer af bestående ordninger i: anlægsfasen driftsfasen					De eksisterende ordninger kan anvendes
Indebærer projektet brugen af naturressourcer eller særlige jordarealer					Projektet etableres på det eksisterende kraftværksområde
Indebærer projektet risiko for større ulykker og/eller katastrofer, herunder sådanne som forårsages af klimaændringer					I projektet anvendes ikke stoffer eller teknikker, der kan udløse større ulykker eller katastrofer.
Indebærer projektet risiko for menneskers sundhed					
Indebærer projektet en væsentlig udledning af drivhusgasser					Projektet har til formål at bidrage til en klimavenlig varmeforsyning i Aalborgområdet, herunder at nedbringe den lokale udledning af drivhusgasser.
Tænkes projektet placeret i Vadehavsområdet					
Vil projektet være i strid med eller til hinder for etableringen af reservater eller naturparker					
Indebærer projektet en mulig påvirkning af sårbare vådområder					Se nedenstående punkt vedrørende beskyttede naturområder.
Kan projektet påvirke registrerede, beskyttede naturområder					Der er gennemført en habitat væsentlighedsvurdering ift projektets potentielle påvirkning af beskyttede naturområder (bilag 2).

Myndighedsscreening

		Ikke relevant	Ja	Nej	Bør under- søges	
1. Nationalt:						Miljøstyrelsen vurderer, at væsentlighedsvurderingen omhandler de relevante habitatområder og at projektets eneste potentielle miljøpåvirkning er udledning af afkølet vand. Det vurderes, at det udelukkende er de marine naturtyper og marine arter, der potentielt kan blive påvirket af projektet. Naturtypen lagune kan ikke blive påvirket, da naturtypen på Egholm ligger afskåret fra Limfjorden. Projektet medfører ikke emissioner eller andre påvirkninger, der kan påvirke terrestriske naturområder. Natura 2000-område nr. 14 (N14), Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord er beliggende 19 km mod øst og påvirkninger af dette område vurderes at kunne udelukkes på baggrund af afstanden og de beregnede påvirkninger af temperaturen i Limfjorden. Natura 2000-område nr. 15 (N15), Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal er beliggende 11 km mod vest i Limfjorden. Området er udpeget som habitatområde H15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal samt fuglebeskyttelsesområde F1 Ulvedybet og Nibe Bredning. Natura 2000-området er specielt udpeget for at beskytte de store, sammenhængende strandengsarealer, og en række terrestriske og marine naturtyper samt de tilknyttede yngle- og trækfugle. Udpegningsgrundlaget omfatter tre arter, der er specifikt tilknyttet det marine miljø; spættet sæl, flodlampret og havlampret. Arterne optræder i det marine miljø og kan derfor potentielt blive påvirket af temperaturændringer ved drift af havvandsvarmepumpen. Fugle, som søger føde i tilknytning til de marine naturtyper, kan potentielt også påvirkes, hvis der sker ændringer i deres fødegrundlag. Da påvirkningen fra havvandsvarmepumpen sker i form af udbredelse af koldere vand, vurderes der ikke at være en direkte påvirkning af fugle på udpegningsgrundlaget, da fuglene ikke lever neddykkede i vandet, men i stedet raster på vandoverfladen eller dykker efter føde i vandet. Påvirkningen vil i stedet være indirekte i form af en potentiel påvirkning af fuglenes fødegrundlag. Effekten af udledning af afkølet vand fra havvarmepumpen vil være meget begrænset, kun helt lokalt omkring udløbet vil der optræde temperaturforskelle på mere end -1 °C. Det udledte vand

Myndighedsscreening

	Ikke relevant	Ja	Nej	Bør undersøges	
					opblandes hurtigt i det dynamiske vandmiljø ud for Nordjyllandsværket, hvor vandudskiftningen igennem Langerak er stor. Den største temperaturændring i N15 på ca. -0,2 °C optræder ved vestgående strøm vest for Egholm, som ligger på grænsen til N15. De beregnede temperaturændringer vurderes ikke at kunne påvirke leveforholdene for flora og fauna (herunder spættet sæl, havlampret, flodlampret) i tilknytning til de marine naturtyper sandbanke, vadeblade, bugt og rev. Drift af havvandsvarmepumpen vurderes ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af naturtyperne og det vurderes, at havvandsvarmepumperne ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for hverken naturtyper, arter eller fugle i N15. <i>Spættet sæl</i> Se vurderingen oven for. <i>Havlampret</i> Det vurderes at drift af havvandsvarmepumpen og udledning af nedkølet vand ikke vil forårsage en risiko for havlampretens tilstedeværelse i N15 eller mulighed for at yngle i tilstødende vandløb, herunder Stae Bæk ved Nordjyllandsværket. Udledningen af koldere vand ved drift af havvandsvarmepumpen resulterer primært i en helt lokal påvirkning omkring kølevandskanalen. Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumper ikke vil udgøre en væsentlig påvirkning på havlampret, eller artens mulighed for opnåelse af gunstig bevaringsstatus. <i>Flodlampret</i> Som for havlampret vurderes det, at drift af havvandsvarmepumpen og udledning af nedkølet vand ikke vil forårsage en risiko for flodlampretens tilstedeværelse i N15 eller mulighed for at yngle i tilstødende vandløb, herunder Stae Bæk ved Nordjyllandsværket. Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumper ikke vil udgøre en væsentlig påvirkning på flodlampret, eller artens mulighed for opnåelse af gunstig bevaringsstatus. <i>Stavsild</i> Natura 2000-område N14 har stavsild på udpegningsgrundlaget. Stavsild foretager vandringer fra Nordsøen og ind i den vestlige Limfjord, samt sandsynligvis også fra Kattegat og ind i den østlige

Myndighedsscreening

	Ikke relevant	Ja	Nej	Bør undersøges	
2. Internationalt (Natura 2000):					Limfjord. Ved drift af havvandsvarmepumpen er det vurderet (bilag 1), at kuldespredning med temperatur-ændringer større end 1 °C vil knytte sig til det umiddelbare udledningspunkt for kølevandet. Dermed vurderes udledning af kølevand fra havvandsvarmepumperne ikke at føre til påvirkning af stavsilds muligheder for at vandre fra Kattegat og videre ind i Limfjorden. <i>Fugle</i> Ændringen af havvandstemperaturen på maksimalt -0,2 °C vurderes at være ubetydeligt for flora og fauna tilknyttet de marine habitatnaturtyper, og dermed også for de arter af fugle, som søger føde i det marine miljø. Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumper ikke vil udgøre en væsentlig påvirkning de udpegede fuglearter, eller arternes mulighed for opnåelse af gunstig bevaringsstatus.
Forventes området at rumme beskyttede arter efter habitatdirektivets bilag IV					Inden for en radius af ca. 500 meter er der registreret ilder og spættet sæl, der begge er beskyttet af habitatdirektivets bilag IV. For vurdering af spættet sæl se ovenstående punkt om vurdering af beskyttede naturområder. Marsvinet forekommer sjældent i Limfjorden. Det vurderes, at den meget begrænsede ændring i temperaturforholdene i vandområdet som følge af projektet ikke kan beskadige eller ødelægge yngle- eller rasteområder i det naturlige udbredelsesområde for marsvin. Dermed påvirkes muligheden for opretholdelse af den økologiske funktionalitet for marsvin ikke.
Forventes området at rumme danske rødlistearter					Der er registreret 13 fuglearter og ilder, der er rødlistede arter. For vurdering se ovenstående punkt om vurdering af beskyttede naturområder.
Kan projektet påvirke områder, hvor fastsatte miljøkvalitetsnormer allerede er overskredet					Udledningen fra Nordjyllandsværket finder sted til vandområde 235 Nibe Bredning og Langerak, som samlet set er i ringe økologisk tilstand på baggrund af ringe økologisk tilstand for indholdet af

Myndighedsscreening

	Ikke relevant	Ja	Nej	Bør undersøges	
Overfladevand: Grundvand: Naturområder: Boligområder (støj/lys og Luft):					klorofyl i vandsøjlen og ringe økologisk tilstand for ålegræs. De primære trusler mod tilstanden er udledninger af næringssalte, og invasive arter. Temperatursænkninger på 1 °C eller mindre vurderes at være ubetydelige for det marine miljø, herunder plankton, bundfauna og ålegræs. Dermed vurderes drift af havvandsvarmepumpen ikke at føre til temperaturændringer, som kan påvirke levestandarderne for kystvandenes kvalitetselementer mht. fytoplankton, bundfauna og åle-græs. Drift af varmepumpen vurderes derfor ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af vandområde 235 Nibe Bredning og Langerak eller at forhindre opfyldelse af god økologisk tilstand. Vandløb Vandløbet Stae Bæk ved siden af Nordjyllandsværket er udpeget som målsat vandløb53. Miljømålet for vandløb omfatter økologisk og kemisk tilstand. Risikoen for fisk i indtaget af havvand er meget lille. Det skyldes at gittervidden i de fine filter umiddelbart før vekslerne er maksimalt 5 mm, og filtrene er udstyret med automatisk returskyl. Det vurderes, at havvandsindtag ikke vil forhindre opnåelse af god økologisk tilstand for fisk i Stae Bæk. Udledning af vand fra Nordjyllandsværket og/eller havvandsvarmepumpen vurderes ikke at påvirke Stae Bæks mulighed for gydende ørreder, eller deres vandring til og fra bækkens udmunding til Limfjorden. Udledning af afkølet vand fra havvandsvarmepumpen til Limfjorden vurderes ikke at påvirke Stae Bæks overordnede temperaturforhold, da udledning af vand ikke vil ske med direkte udløb til Stae Bæk. Korteste afstand mellem Nordjyllandsværkets punktudledningen til Stae Bæks udløb til Limfjorden er ca. 320 meter. For uddybende beskrivelser og vurderinger se bilag 2.

Myndighedsscreening

	Ikke relevant	Ja	Nej	Bør undersøges	
Er området, hvor projektet tænkes placeret, sårbart overfor den forventede miljøpåvirkning					Det vurderes, at området ikke er sårbart over for den forventede påvirkning (meget begrænsede ændring i vandtemperaturen i Limfjorden) fra projektet.
Tænkes projektet etableret i et tæt befolket område:					Projektet etableres på den nuværende kraftværksgrund
Kan projektet påvirke historiske, kulturelle, arkæologiske, æstetiske eller geologiske landskabstræk.					.
Miljøpåvirkningernes omfang (geografisk område og omfanget af personer, der berøres)					Der er begrænsede og ikke betydende temperaturpåvirkninger af Limfjorden.
Miljøpåvirkningens grænseoverskridende karakter					Ikke relevant
Miljøpåvirkningsgrad og -kompleksitet					Der er lav påvirkning af miljøet
Miljøpåvirkningens sandsynlighed					Påvirkningerne er sandsynlige
Miljøpåvirkningens: Varighed Hyppighed Reversibilitet					Påvirkningerne er til stede, når varmepumpeanlægget er i drift
Myndighedens konklusion					
	Ja	Nej			

Myndighedsscreening

		Ikke relevant	Ja	Nej	Bør under- søges
Giver resultatet af screeningen anledning til at antage, at det anmeldte projekt vil kunne påvirke miljøet væsentligt, således at det er krav om miljøvurdering:					Miljøstyrelsen vurderer, at den eneste potentielt væsentlige miljøpåvirkning fra projektet er udledning af afkølet vand. Beregninger viser, at effekten af udledning af nedkølet vand fra havvandsvarmepumpen vil være meget begrænset. De største temperaturændringer ved nærmeste Natura 2000 område er på ca. -0,2 °C lige vest for Egholm. Drift af havvandsvarmepumpen vurderes ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af naturtyper og påvirkningen vurderes at være ubetydelig for flora og fauna tilknyttet de marine områder. Miljøstyrelsen har på baggrund af en væsentlighedsvurdering vurderet, at projektet ikke i sig selv eller i forbindelse med andre planer og projekter kan påvirke et Natura 2000 område væsentligt og ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for hverken naturtyper, arter eller fugle. Videre vurderes det, at projektet ikke kan beskadige eller ødelægge yngle- eller rasteområder i det naturlige udbredelsesområde for bilag IV dyrearter eller ødelægge bilag IV plantearter i alle livsstadier. Det er samlet vurderet, at der ikke vil være væsentlige påvirkninger af miljøet som følge af projektet. Der er således ikke krav om miljøvurdering.

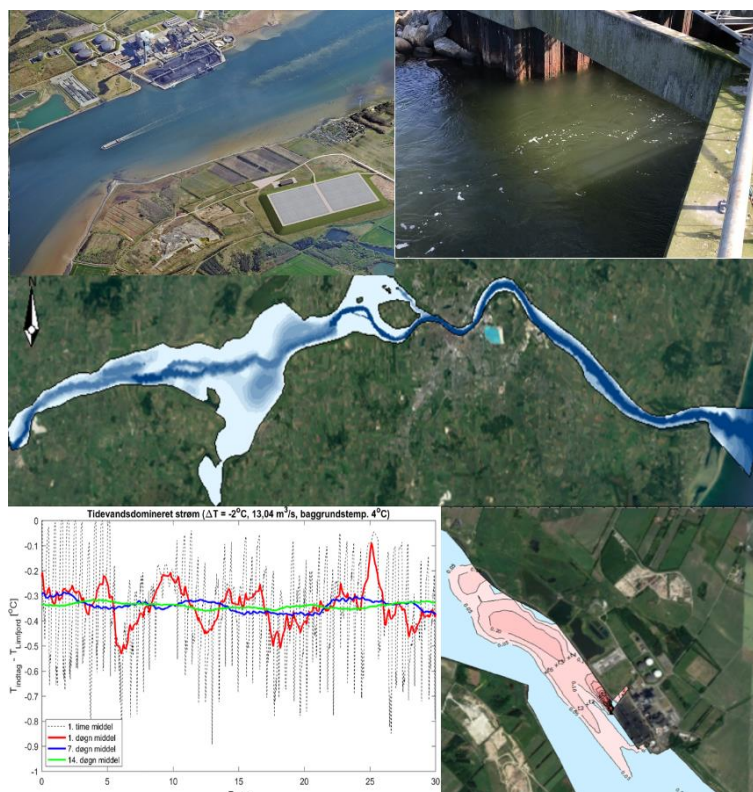
Dato: 14. december 2021 Sagsbehandler: Karsten Borg Jensen

Til
Aalborg Forsyning og INDDHEAT sekretariatet – Aalborg Kommune

Dokumenttype
Teknisk baggrundsrapport - Hydrauliske forhold

Dato
September 2021

HAVVANDSVARMEPUMPE TEKNISK BAGGRUNDSRAPPORT - HYDRAULISKE FORHOLD



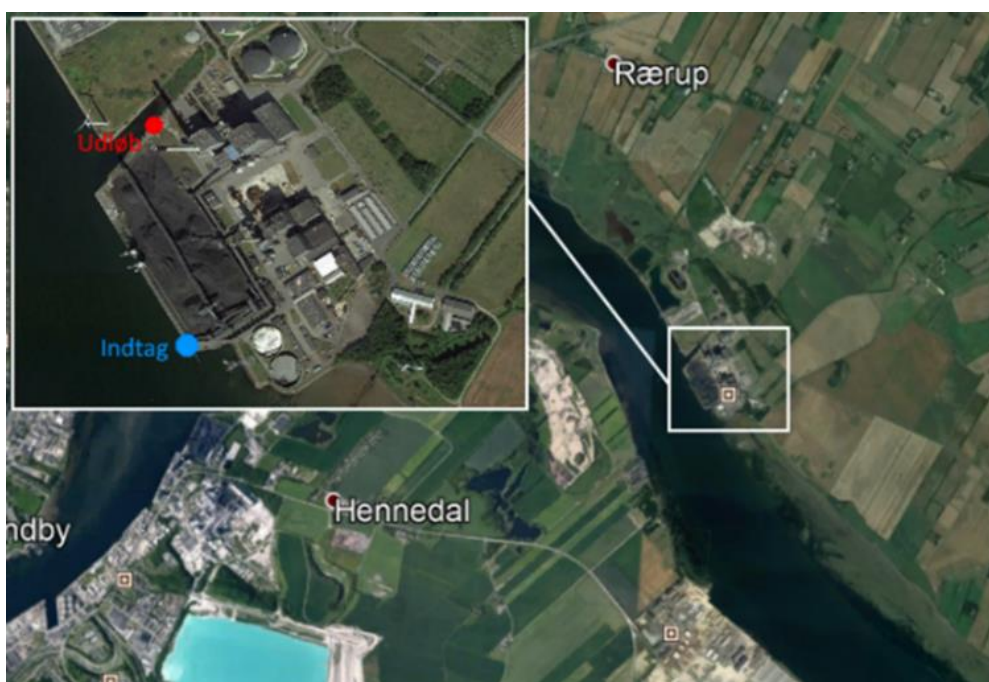
2.	Kanaler, temperaturforhold samt vandføringer for returvand ved blok 3	6
2.1	Temperaturforhold ved udløb og vandføring under eksisterende forhold	7
3.	Temperaturforhold og vandføring for den planlagte havvandsvarmepumpe	9
4.	Hydrodynamiske forhold samt temperatur-forhold i Limfjorden	11
4.1	Vandstandsforhold i Limfjorden	11
4.1.1	Lokal ekstremvandstand ved Nordjyllandsværket	12
4.2	Dybdeforhold i Limfjorden	13
4.3	Lokale strømforhold og vandudskiftning i Langerak	14
4.3.1	Projektspecifikke målinger af strøm ved Nordjyllandsværket	14
4.4	Vandtemperaturforhold ved Aalborg Havn	17
4.4.1	Projektspecifikke målinger af vandtemperatur ved Nordjyllandsværket	19
4.5	Lokale salinitetsforhold i Langerak	22
4.5.1	Projektspecifikke målinger af salinitet og densitet ved Nordjyllandsværket	23
4.6	Lokale vandføring i Stae bæk	24
5.	Opsætning og kalibrering/validering af hydraulisk model	25
5.1	Modelscenarier til analyse af udbredelse af returvand samt termisk kortslutning	26
5.1.1	Scenarier til analyse af udbredelse af returvand fra havvandsvarmepumpe	26
5.1.2	Scenarier til analyse af termisk kortslutning fra havvandsvarmepumpe	29
5.2	Randbetingelser i model	29
5.3	Modelkalibrering/validering	29
5.3.1	Kalibrering/validering af vandstande i modellen	29
5.3.2	Kalibrering/validering af vandføring og strømforhold i modellen	30
5.3.3	Kalibrering/validering af lokale vandtemperaturforhold	35
5.3.4	Opsummering: Modelkalibrering	40
6.	Vandtemperaturpåvirkning fra drift af hhv. blok 3 og havvandsvarmepumpen	41
6.1	Temperaturpåvirkning fra drift af blok 3	41
6.2	Temperaturpåvirkning fra havvandsvarmepumpen	47
6.3	Opsummering: Regional temperaturpåvirkning fra drift af Nordjyllandsværket	52
7.	Analyse af risiko for termisk Kortslutning	53
7.1	Indledende følsomhedsvurderinger ifm. kortslutningsanalyse	53
7.1.1	Følsomhed af temperaturreduktion ved havvandsindtag overfor forskellige strømforhold	53
7.1.2	Følsomhed af temperaturforholdene ved havvandsindtag overfor den vertikale termiske dispersion	57
7.1.3	Konklusioner fra indledende følsomhedsanalyser	57
7.2	Vandtemperaturreduktion ved havvandsindtag – baseret på den kalibrerede model	58
7.3	Reduktion af temperaturpåvirkning ved havvandsindtag	59
7.3.1	Hævning af havvandsindtag til øverste del af vandsøjle	59
7.3.2	Rørlægning af havvandsindtag	60

8.	Opsummering og diskussion/perspektivering af modelresultater og resultaternes videre anvendelse	63
8.1	Vurdering af videns- og datagrundlag for beskrivelse af udbredelse af returvand fra drift af hhv. blok 3 samt den nye planlagte havvandsvarmepumpe	64
8.2	Diskussion af konservatisme og usikkerheder ifm. analyser af den regionale udbredelsen af returvand (<i>Delformål 1</i>)	65
8.3	Diskussion af konservatisme og usikkerheder ifm. analyser for lokale termiske forhold samt anbefalinger til yderligere analyser (<i>Delformål 2</i>)	65
9.	Referencer	67
Bilag 1 –	Sammenligning imellem målte og modellerede strømhastigheder	68
Bilag 2 –	Sammenligning imellem målte og modellerede temperaturer	80
Marts – målt og modelleret temperatur opdelt i hhv. N, M og S.		80
Marts – målt og modelleret temperatur opdelt pr. transekt.		83
Bilag 3 –	Tidsserier af temperaturændringen i udvalgte punkter	85
Bilag 4 –	Følsomhed overfor vertikal diskretisering i model	93
Bilag 5 –	Følsomhedsanalyser - dispersion	94
Vertikal dispersion		94
Horisontal dispersion		95

1. BAGGRUND

Nordjyllandsværket udleder i dag opvarmet vand til Limfjorden fra varmeproduktion i blok 3, mens den nye planlagte havvandsvarmepumpe skal udlede nedkølet vand fra varmeproduktion (i det følgende anvendes betegnelsen "*returvand*" for det udledte enten opvarmede eller nedkølede vand). Dette medfører, at der, sammenlignet med den eksisterende situation, vil ske en reduktion af vandtemperaturen i det omkringliggende vandområde, hvilket er relevant ifm. driften af varmepumpen (lokalt) samt den potentielle miljøpåvirkning (regionalt).

Placering af indtag og udløb for Nordjyllandsværket er illustreret i figur 1-1. Den planlagte havvandsvarmepumpe påtænkes at anvende de eksisterende kølevandskanaler og således vil beliggenhed af indtag og udløb som udgangspunkt forblive uændret fremover.



Figur 1-1: Placering af indtag og udløb ved Nordjyllandsværket. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

Den lokale temperaturpåvirkning fra havvandsvarmepumpen er særligt relevant ift. at undersøge risiko for såkaldt termisk kortslutning, som forekommer hvis det nedkølede returvand fra udløbet ledes hen mod vandindtaget. En sådan kortslutning vil betyde, at vandtemperaturen ved indtaget er lavere end den naturlige vandtemperatur, hvilket i vinterperioden kan have en negativ påvirkning af driftsøkonomien for det nye varmepumpeanlæg.

1.1 Formål

Ift. at vurdere hhv. blok 3's og havvandsvarmepumpens påvirkning af vandtemperaturen regionalt og lokalt gennemføres modelsimuleringer med de to følgende delformål:

- **Delformål 1:** Estimering af den lokale/regionale relative temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 (eksisterende forhold) og fra drift af den nye planlagte havvandsvarmepumpe (fremtidige forhold). Resultaterne fra analysen anvendes videre ifm. miljøvurderinger. De specifikke miljøvurderinger er ikke indeholdt i nærværende rapport.

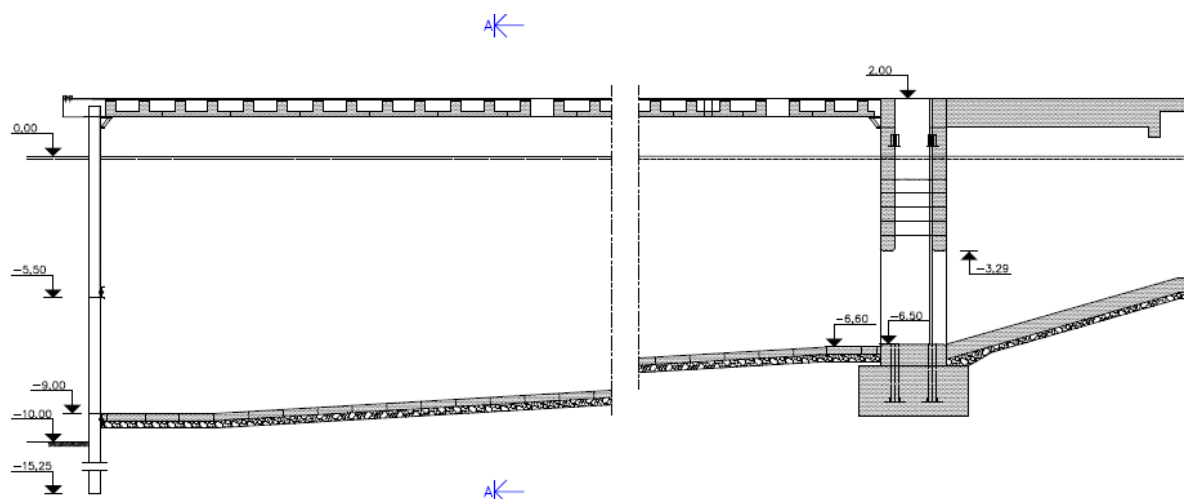
- **Delformål 2:** Analyse af risiko for termisk kortslutning ifm. drift af havvandsvarmepumpen. Formålet er at gennemføre indledende indikative vurderinger af hvorvidt der kan forventes reduceret vandtemperatur ved indtaget til havvandsvarmepumpen og herunder akkumuleret temperaturreduktion, samt give anbefalinger til potentielle konstruktionsmæssige ændringer eller anbefalede videre undersøgelser heraf.

1.2 Indhold i nærværende rapport

- Afsnit 2 – *“Kanaler, temperaturforhold samt vandføringer for returvand ved blok 3”*: Indledningsvist præsenteres de eksisterende forhold ved Nordjyllandsværket vedr. kølekanaler samt temperaturforhold (opvarmning af returvand) og vandføring.
- Afsnit 3 – *“Temperaturforhold og vandføring for den planlagte havvandsvarmepumpe”*: Temperaturforhold samt vandføring præsenteres for den nye planlagte havvandsvarmepumpe, dvs. driftsforhold (nedkøling af returvand samt vandføring).
- Afsnit 4 – *“Hydrodynamiske forhold samt temperatur-forhold i Limfjorden”*: De hydrodynamiske forhold samt temperatur- og salinitetsforhold præsenteres for Limfjorden. Formålet er at etablere et overblik over de drivende processer for temperaturspredning samt den potentielle kortslutning ved havvandsvarmepumpen. Desuden danner beskrivelsen et videre grundlag for opsætning af den hydrauliske model til analyse af temperaturpåvirkninger fra havvandsvarmepumpen.
- Afsnit 5 – *“Opsætning og kalibrering/validering af hydraulisk model”*: Den anvendte hydrauliske model beskrives (dvs. beskrivelse af anvendte randbetingelser samt kalibrering/validering). Desuden præsenteres de anvendte scenarier til den efterfølgende analyse af kølevandsspredning samt termisk kortslutning.
- Afsnit 6 – *“Vandtemperaturpåvirkning fra drift af hhv. blok 3 og havvandsvarmepumpe”*: Der foretages analyse af den lokale samt regionale temperaturpåvirkning i området nær Nordjyllandsværket som følge af etableringen af den planlagte havvandsvarmepumpe, samt nedlukningen af eksisterende blok 3.
- Afsnit 7 – *“Analyse af risiko for termisk Kortslutning”*: Der gennemføres en lokal analyse nær Nordjyllandsværket med formål at analysere omfanget af temperaturreduktion af havvand ved indtaget til havvandsvarmepumpen under drift.
- Afsnit 8 – *“Opsummering og diskussion/perspektivering af modelresultater og resultaternes videre anvendelse”*: Væsentlige konklusioner opsummeres, og der gives anbefalinger til potentielle videre detailanalyser vedr. termisk kortslutning.

2. KANALER, TEMPERATURFORHOLD SAMT VANDFØRINGER FOR RETURVAND VED BLOK 3

Et længdesnit af den eksisterende kølevandskanal ved indtaget ved Nordjyllandsværket er illustreret i figur 2-1. Som det fremgår af længdesnittet, er vandindtaget fra Limfjorden i den nedre del af kanalen (fra kote -5,5 til kote -9). Kølevandskanalen har en bredde på ca. 7,4 m.



Længdesnit i kølevandstilgangskanal

Figur 2-1: Længdesnit af kanal ved indtag. (Udsnit fra tegn. BH003a, Aalborg Forsyning)

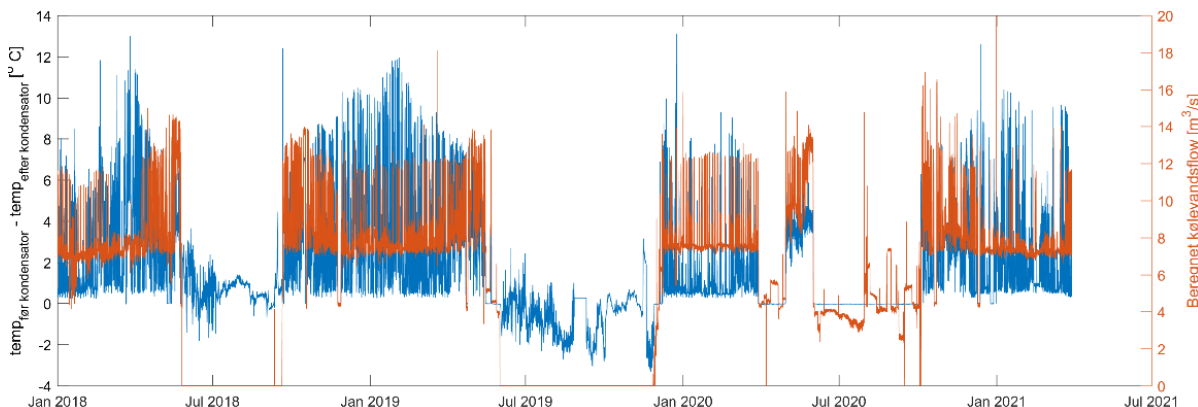
Et foto af udløbet ved Nordjyllandsværket er vist i figur 2-2. Som det fremgår af fotoet, foregår udløbet til hele vandsøjlen.



Figur 2-2: Foto taget ved udløbet for Nordjyllandsværkets blok 3. (Foto: Rambøll, 2021)

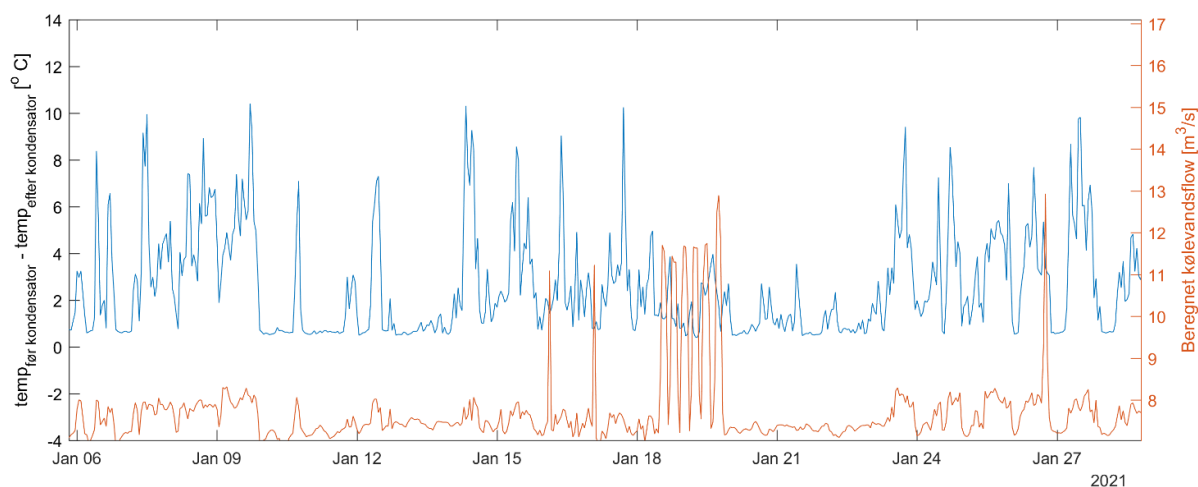
2.1 Temperaturforhold ved udløb og vandføring under eksisterende forhold

Forholdene for returvandet fra blok 3 (hhv. ΔT samt vandføringen) for de seneste ca. 3 år er vist i figur 2-3.



Figur 2-3: Historiske data for opvarmningen, ΔT , samt vandføring, af returvand fra blok 3 i perioden 2018 - 2021. (Data fremsendt af Aalborg Forsyning, 2021)

Figur 2-4 viser et zoom af data for returvandet fra blok 3 for perioden januar 2021. Som det fremgår af figuren, og som det i øvrigt fremgår af figur 2-3, er både temperaturen for returvandet samt vandføringen forholdsvis vekslende (vekslende med op til ca. 10°C for den viste periode og mellem ca. $7 - 13 \text{ m}^3/\text{s}$). Variationen sker indenfor få timer.



Figur 2-4: Zoom af ΔT samt kølevandsmængde for januar 2021. (Data fremsendt af Aalborg Forsyning, 2021)

Højeste udledning af opvarmet returvand sker ved overlast i fuld kondens op til ca. 425 MJ/s , hvor der forekommer en temperaturstigning på ca. $7,0 - 8,5^{\circ}\text{C}$ afhængigt af returvands-flowet som da er ca. 13.500 kg/s . Jf. figur 2-3 kan der dog i sjældne tilfælde forekommet opvarmning af returvandet på op til ca. $+12^{\circ}\text{C}$.

Tabel 1 viser den procentvise fordeling af opvarmningen af returvandet fra driften af blok 3 i perioden 2018 - 2021. Som det fremgår af tabellen, har der f.eks. i 2% af perioden (2018 - 2021) forekommet en opvarmning på mere end 8°C .

Forekomst [%]		
Temperaturdifferent	Hele perioden	Vinterhalvår (oktober - maj)
$\Delta t > 3^{\circ}\text{C}$	24.2	34.3
$\Delta t > 4^{\circ}\text{C}$	15.5	22.3
$\Delta t > 5^{\circ}\text{C}$	9.9	14.3
$\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	6.6	9.5
$\Delta t > 7^{\circ}\text{C}$	4.1	5.9
$\Delta t > 8^{\circ}\text{C}$	2.0	3.0
$\Delta t > 9^{\circ}\text{C}$	0.9	1.4
$\Delta t > 10^{\circ}\text{C}$	0.3	0.5
$\Delta t > 11^{\circ}\text{C}$	0.1	0.2
$\Delta t > 12^{\circ}\text{C}$	0.0	0.0

Tabel 1: Forekomster af absolutte temperaturforskelle imellem indtag og udløb for blok 3 i perioden 2018 - 2021.

Tabel 2 viser udvalgte fraktiler for temperaturforøgelsen af returvandet for blok 3 i perioden 2018 - 2021. Som det f.eks. fremgår af tabellen, er 99%-fraktilen $8,9^{\circ}\text{C}$ og $9,3^{\circ}\text{C}$ for hhv. hele perioden (2018 - 2021) og for perioden oktober - maj.

Periode	$\Delta t [^{\circ}\text{C}]$ (temperaturforøgelse)				
	99,9%-fraktil	99%-fraktil	95%-fraktil	90%-fraktil	50%-fraktil
Hele perioden	11,13	8,9	6,7	5,0	0,9
Oktober - maj	11,22	9,3	7,2	5,9	1,4

Tabel 2: Statistiske fraktiler for temperaturforøgelse for blok 3, baseret på data fra perioden 2018 - 2021.

3. TEMPERATURFORHOLD OG VANDFØRING FOR DEN PLANLAGTE HAVVANDSVARMEPUMPE

Effekten af den planlagte havvandsvarmepumpe er ikke endeligt fastlagt, men forventningerne/ønskerne er, at den skal ligge i spændet 100 – 150 MW. Scenarier for vandføring samt tilhørende ΔT (nedkøling) for både 100 MW og 150 MW havvandsvarmepumpen er således angivet i hhv. tabel 3 og tabel 4.

Som det fremgår af tabel 4, kan der for en 150 MW havvandsvarmepumpe forventes nedkøling af returvandet på op mod 6 °C, samt en vandføring på op mod ca. 13,04 m³/s (dog ikke samtidigt forekommende – da højere vandføring og lavere dT giver samme effekt for varmepumpen som lavere vandføring og højere dT).

100 MW

Q _c - KW	COP	Q ₀ - KW	dT - °C	V - m ³ /h	V - m ³ /s
100000	2,5	60000	2	26284	7,30
100000	3	66667	2	29205	8,11
100000	3,5	71429	2	31291	8,69
100000	2,5	60000	3	17523	4,87
100000	3	66667	3	19470	5,41
100000	3,5	71429	3	20861	5,79
100000	2,5	60000	4	13142	3,65
100000	3	66667	4	14602	4,06
100000	3,5	71429	4	15645	4,35
100000	2,5	60000	5	10514	2,92
100000	3	66667	5	11682	3,24
100000	3,5	71429	5	12516	3,48
100000	2,5	60000	6	8761	2,43
100000	3	66667	6	9735	2,70
100000	3,5	71429	6	10430	2,90

Tabel 3: Vandføring og ΔT (nedkøling) for 100 MW havvandsvarmepumpe.

150 MW

Q _c - KW	COP	Q ₀ - KW	dT - °C	V - m ³ /h	V - m ³ /s
150000	2,5	90000	2	39427	10,95
150000	3	100000	2	43807	12,17
150000	3,5	107143	2	46936	13,04
150000	2,5	90000	3	26284	7,30
150000	3	100000	3	29205	8,11
150000	3,5	107143	3	31291	8,69
150000	2,5	90000	4	19713	5,48
150000	3	100000	4	21904	6,08
150000	3,5	107143	4	23468	6,52
150000	2,5	90000	5	15771	4,38
150000	3	100000	5	17523	4,87
150000	3,5	107143	5	18775	5,22
150000	2,5	90000	6	13142	3,65
150000	3	100000	6	14602	4,06
150000	3,5	107143	6	15645	4,35

Tabel 4: Vandføring og ΔT (nedkøling) for 150 MW havvandsvarmepumpe.

Som tidligere nævnt forventes det, at den nye havvandsvarmepumpe kan anvende samme kanaler som blok 3. Dette er dog under forudsætning af at der ikke opstår signifikant termisk kortslutning imellem ind- og udløb.

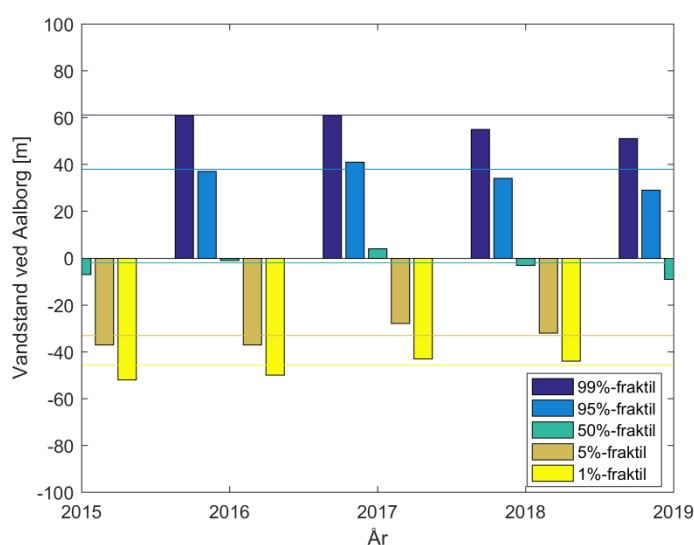
4. HYDRODYNAMISKE FORHOLD SAMT TEMPERATUR-FORHOLD I LIMFJORDEN

Ift. design og drift af den planlagte havvandsvarmepumpe er det væsentligt at have et overblik over de styrende hydrodynamiske processer i Limfjorden - både regionalt i Langerak, mellem Aalborg og Hals samt lokalt ved indtag og udløb til Nordjyllandsværket.

Overordnet set er vandstand og strømforhold i Limfjorden styret af tidevand samt vandstands-differens mellem Thyborøn og Hals. Herudover kan vindforholdene bidrage til lokal vindstuvning i fjorden, hvilket i perioder med kraftig vind, kan give anledning til forholdsvis høje lokale vandstande og kraftige strømhastigheder på vekslende lokaliteter i fjorden, afhængig af vindretning, vanddybde, og gennemstrømningsareal. Dette beskrives nærmere i det følgende.

4.1 Vandstandsforhold i Limfjorden

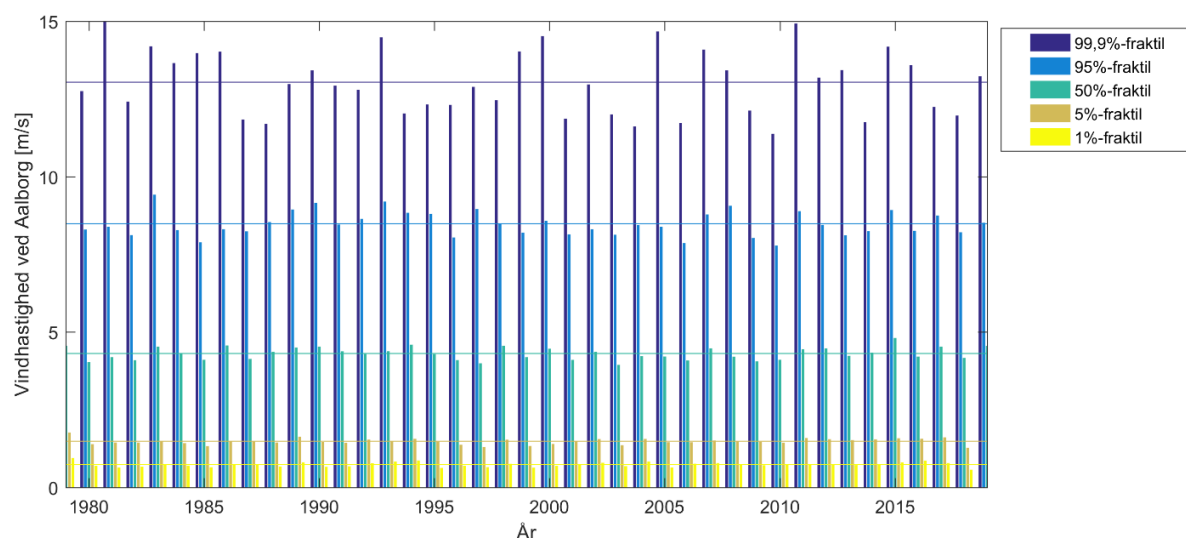
Vandstanden i Langerak er generelt domineret af tidevand. Årlig statistik for vandstandsmålinger fra Grønlandshavnen (Aalborg Havn, 2021), for perioden 2015 - 2019 er vist i figur 4-1. Som det fremgår af figuren, forekommer der en vis årlig variation i højeste- og laveste vandstande, hhv. 99%-fraktil og 1%-fraktil. Variationen af de lavere statistiske fraktiler (lavvande) er dog mere reduceret.



Figur 4-1: Årlig statistik for vandstandsmålinger ved Aalborg Havn i perioden 2015 - 2019. Vandrette streger viser gennemsnitlige hhv. 1%, 5%, 50%, 95%, 99%-fraktiler for hele perioden. (Aalborg Havn 2021)

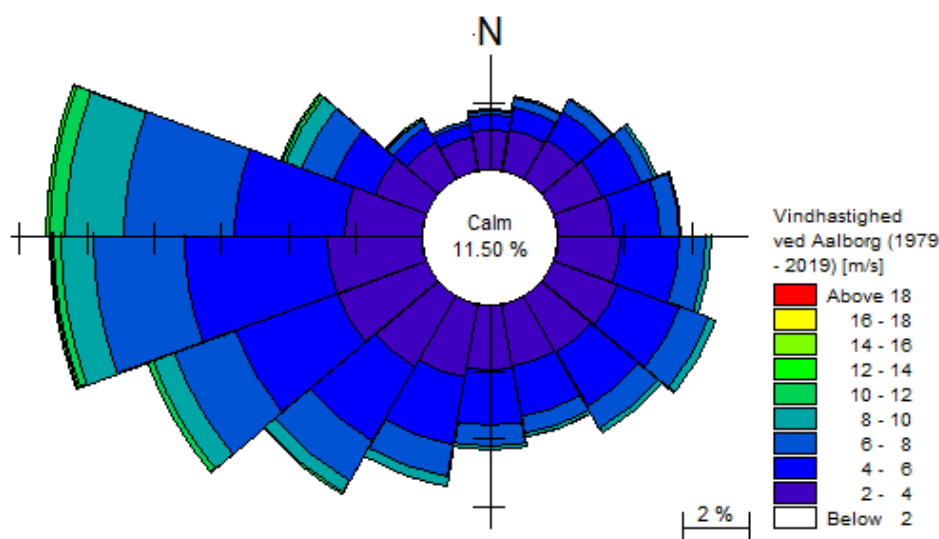
Som nævnt kan vindforholdene have indflydelse på de lokale vandstandsforhold i Limfjorden. Årlig statistik for vindhastighed ved Aalborg i perioden 1979 - 2019 er vist i figur 4-2, baseret på såkaldte hindcast data fra NOAA. Pga. den relativt grove geografiske diskretisering af hindcast-modellen i området, er dataene repræsentative for middelvindforhold over et større areal ved Aalborg.

Som det fremgår af figur 4-2, forekommer der, ligesom for vandstandsforholdene, en vis årlig variation i vindforholdene – specielt for de høje fraktiler (dvs. høje vindhastigheder) – hvilket er naturligt.



Figur 4-2: Årlig statistik for vindhastighed (1 times middel i 10 m højde) ved Aalborg, i perioden 1979 - 2019, baseret på data fra NOAA. Vandrette streger viser gennemsnitlige hhv. 1%, 5%, 50%, 95%, 99%-fraktiler for hele perioden. (NOAA, 2021)

En såkaldt vindrose, som viser retningsafhængige vindforekomster og -hastigheder for samme vinddata som anvendt i figur 4-2, er vist i figur 4-3. Som det fremgår af figuren, er den dominerende vindretning fra vestlige retninger, hvorfra også de højeste vindhastigheder forekommer.



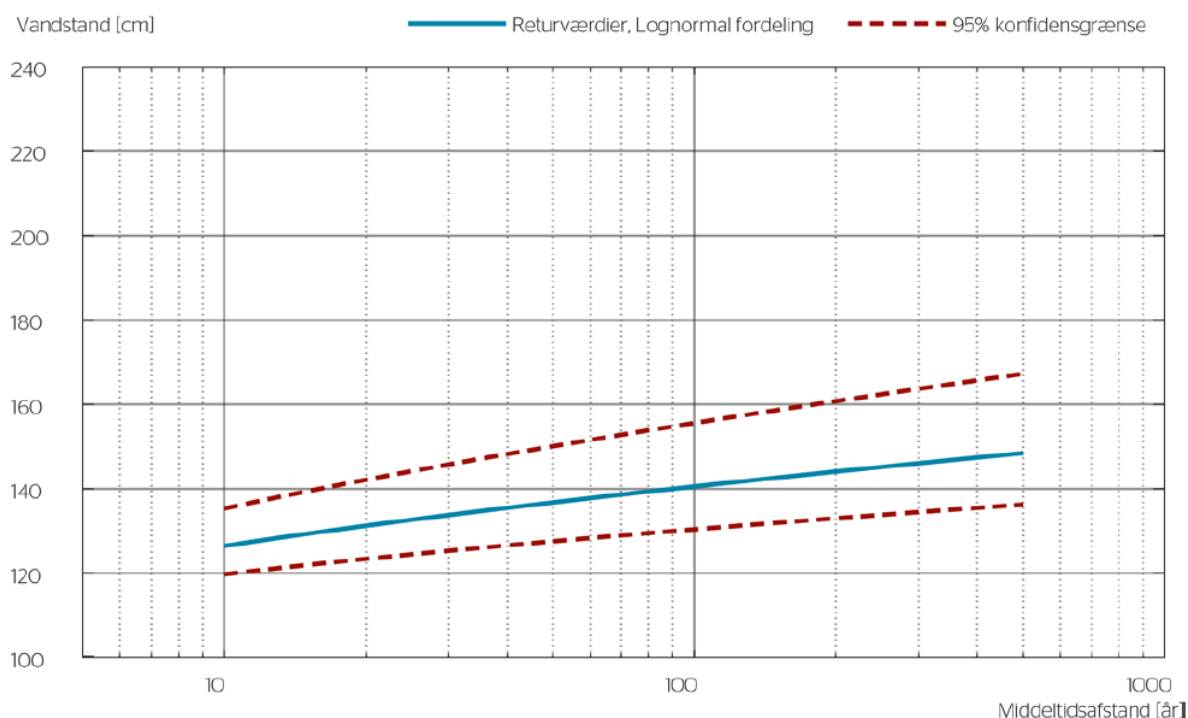
Figur 4-3: Vindrose for vindforhold ved Aalborg i perioden 1979 – 2019, baseret på hindcast-data fra NOAA. (NOAA, 2021)

4.1.1 Lokal ekstremvandstand ved Nordjyllandsværket

Ekstremvandstande i Limfjorden opstår typisk under vinterstorme, hvor vandstanden i Limfjorden i forvejen er høj (typisk som følge af en længerevarende blæsende periode), og hvor storme (typisk med vind fra vestlige retninger) i løbet af kort tid giver anledning til vindstuvning.

Jf. Kystdirektoratets højvandstatistik (Kystdirektoratet, Højvandstatistik, 2017) er 100-års vandstanden ved Nørresundby 141 cm DVR90 (figur 4-4).

Middeltidshændelser



Figur 4-4: Højvandstatistik for Nørresundby (pos. 57,1° nord, 9,9° øst). (Kystdirektoratet, Højvandstatistik, 2017)

Klimaændringer kan give anledning til fremtidig forhøjet middel- og ekstremvandstand (som følge af en generel havvandsstigning). Jf. (DMI, 2021) kan der i år 2100 forventes en forøgelse i 100-års vandstanden i den østlige Limfjord på ca. 49 cm – som følge af en generel ændring af middelvandstanden på 49 cm (ved antagelse af det konservative klimascenarie RCP8.5). Klimatiske ændringer af ekstreme stormhændelser med øget vindstyrke og deraf forhøjet lokale vandstandsforhold kan desuden give anledning til en yderligere forhøjelse af den ekstreme vandstand.

Udover indflydelse fra klimaændringer må der jf. (Kystdirektoratet, 2012) forventes en potentiel yderligere forøgelse af højvandstanden under storm, pga. den naturlige udvidelse af Thyborøn kanal, medmindre der kompenseres herfor.

Det anbefales at der ifm. projektering af højvandsbeskyttelse for tekniske installationer til den nye planlagte havvandsvarmepumpe inkluderes et væsentligt sikkerhedstillæg til design-højvandstanden, medmindre der gennemføres mere detaljeret modellering til klarlægning af denne (dvs. klarlægning af specifik indflydelse fra klimaændringer samt morfologiske ændringer i Thyborøn kanal).

4.2 Dybdeforhold i Limfjorden

De relativt smalle indsnævninger i Limfjorden medfører forholdsvis høje lokale strømhastigheder og har naturligt medført forholdsvis dybe render lokalt igennem Limfjorden.

Hydrodynamikken i Limfjorden er kompleks, da vandbevægelserne, som nævnt, drives af vandstandsændringer i Thyborøn og Hals samt vindpåvirkning af vandoverfladen i hele Limfjorden. Bevægelserne påvirkes/bremses dog af forhold som bundfriktionen, indsnævninger ved bl.a. Thyborøn kanal, Oddesund, Sallingsund og Aggersund samt energitab i den naturlige rende imellem Løgstør og Hals.

Lokalt ved Nordjyllandsværket haves vanddybder på op mod ca. 9 - 10 m lokalt ved kajen til Nordjyllandsværket, dvs. ved kølevandsindtaget, hvorimod udløbet i renden nord for værket forekommer på relativt lav vanddybde (ca. 1 - 2 m vanddybde).

4.3 Lokale strømforhold og vandudskiftning i Langerak

Strømforholdene samt vandføringen i Langerak er tidevandsdomineret. Således varierer vandføringen i Limfjorden ved Aalborg efter en sinusfunktion med en periode på ca. 12,5 timer og med en amplitude på ca. 1.100 m³/s. Den dominerende vestenvind samt den højere tidevandsvariation i Thyborøn, sammenlignet med Hals, medfører dog, at der i Limfjorden generelt forekommer en netto-vandføring mod øst på ca. 100 – 200 m³/s (årligt gennemsnit). (Burcharth & Larsen, 1977).

Netto-vandføringen er højere i vinterperioden sammenlignet med sommerperioden, hvor der i tilfælde af lange perioder med østenvind er dele af Limfjorden, hvor der stort set ikke forekommer vandudskiftning, da østenvinden modvirker den tidevandsgenererede vestgående strøm.

4.3.1 Projektspecifikke målinger af strøm ved Nordjyllandsværket

Der er gennemført lokale målinger af bl.a. strømforhold (ADCP) samt vandtemperaturforhold og salinitet (CTD) ifm. nærværende projekt. Målingerne er gennemført i vertikale profiler langs seks transekter, vist i figur 4-5, og er bl.a. anvendt til kalibrering/validering af den hydrauliske model.

Vanddybderne varierer langs de seks måletransekter, hvilket også fremgår af figur 4-5. De specifikke vanddybder er nærmere angivet i målerapporten samt bilag hertil (Nielsen, 2021).

En kort beskrivelse af strømmålinger fra måleprogrammet er givet i det følgende. Herudover evalueres data yderligere i afsnit 5 ifm. kalibrering af den hydrauliske model. En nærmere beskrivelse af måleudstyr mv. er givet i målerapporten (Nielsen, 2021).



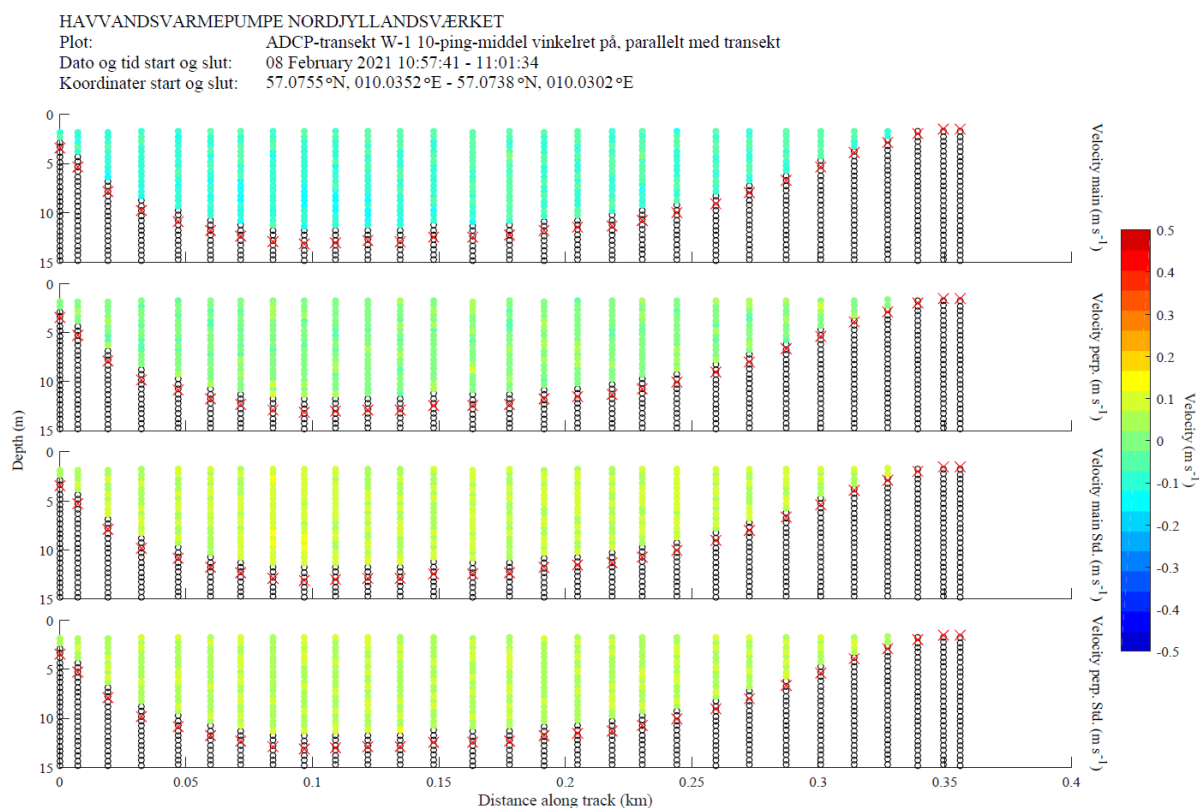
Figur 4-5: Transekter, hvor der er gennemført målinger af strøm- og temperaturforhold ifm. nærværende projekt. (Nielsen, 2021)

Feltarbejdet blev foretaget i to perioder, d. 8.-9. februar og d. 15.-17. marts 2021. I den første periode var det blæsende fra nordøst og koldt med lufttemperaturer på omkring -5 °C begge dage. Desuden var der kraftigt tiltagende isdannelse i området. I den anden periode var der primært fokus på måling af den opvarmede returvandsfane ifm. kondensdrift på blok 3. Feltmålingerne blev udført som tidsmæssige punktmålinger med op til to transekt-målinger pr. måledag. I begge perioder, dvs. både d. 8.-9. februar og d. 15.-17. marts, var strømningsforholdene præget af et tydeligt tidevandssignal. I den første periode var der ingen målbare tegn på ud-strømmende returvand som følge af drift af blok 3, mens der i løbet af perioden 15. – 17. marts blev registreret vertikal lagdeling. (Nielsen, 2021)

ADCP-data blev indsamlet som single pings, dvs. en water ping og en bottom ping pr. måling. Efter omregning til hastigheds-komponenter mod øst, nord og op vha. pitch, roll og heading samt fratrækning af bådens hastighed blev der beregnet middelværdi og standardafvigelse over 10 pings.

Isdannelsen d. 8.-9. februar vanskeliggjorde temperatur- og salinitetsmålingerne i denne periode, og har medført at data for enkelte profiler nær overfladen har været upålidelige. Derfor er disse data fra denne periode frasorteret. Strømmålinger fra d. 8.-9. februar vurderes ikke at være påvirket af isdannelsen, pga. de dominerende tidevandsforhold.

Figur 4-6 og figur 4-7 viser målte middelstrømhastigheder vinkelret og parallelt med ADCP-transekt W-1 (jf. figur 4-5) hhv. d. 8. februar samt d. 17. marts. Som det fremgår af figurerne, er der stort set ingen vertikal lagdeling d. 8. februar. D. 17. marts kan der spores en vis vertikal variation af strømmen. Således blev der d. 17. marts observeret højere strømhastigheder i den øvre del af vandsøjlen end i den nedre del i forbindelse med udadgående strømning (i retning mod Kattegat). Efter ændring af tidevandets retning ses større indadgående hastigheder i den nedre del af vandsøjlen end i den øvre del. (Nielsen, 2021)



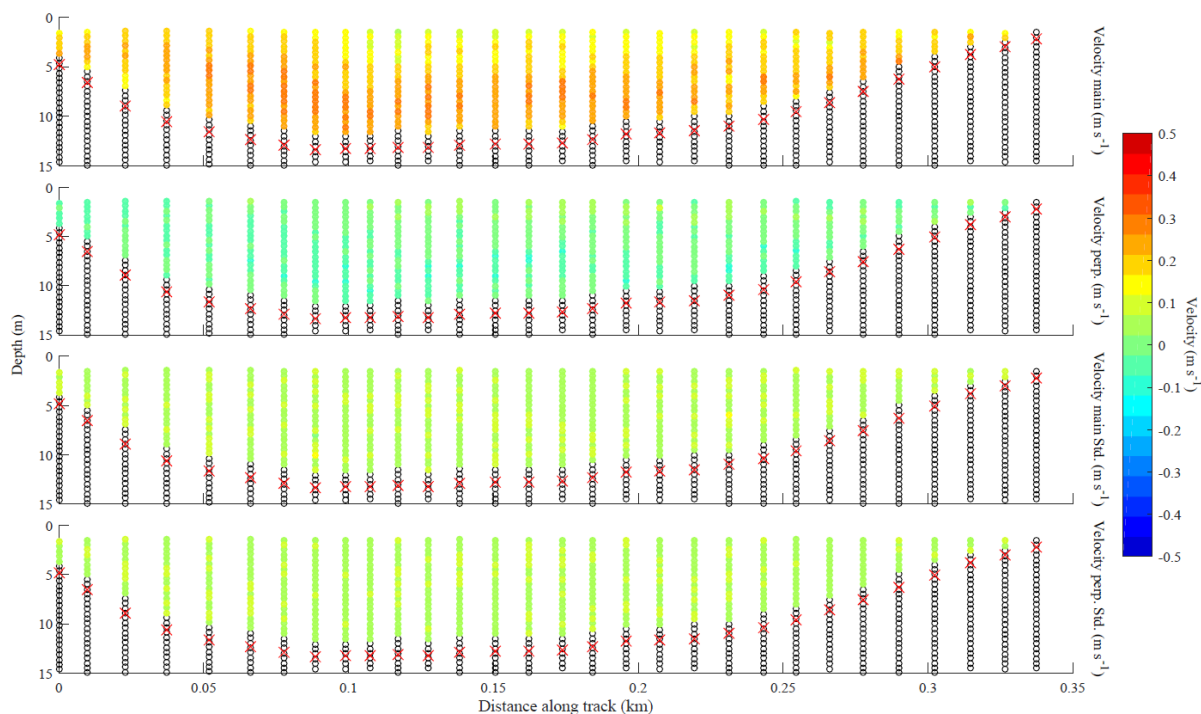
Figur 4-6: Målte strømhastigheder vinkelret ("main") og parallelt ("perp.") med ADCP-transekt W-1 d. 8. februar 2021 ca. kl. 11:00. (Nielsen, 2021)

HAVVANDSVARMEPUMPE NORDJYLLANDSVÆRKET

Plot: ADCP-transekt W-1 10-ping-middel vinkelret på, parallelt med transekt

Dato og tid start og slut: 17 March 2021 11:12:28 - 11:16:30

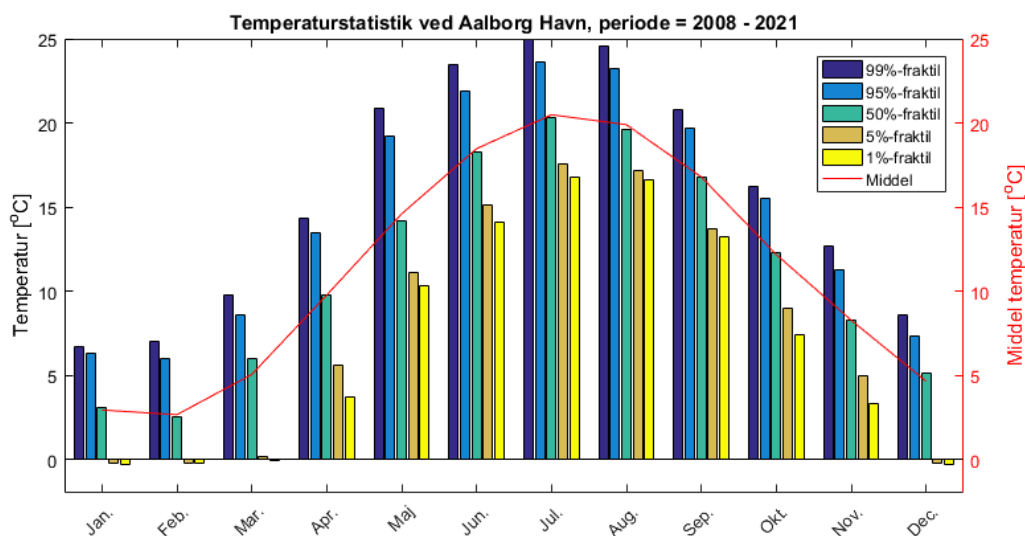
Koordinater start og slut: 57.0756°N, 010.0350°E - 57.0739°N, 010.0304°E



Figur 4-7: Målte strømhastigheder vinkelret ("main") og parallelt ("perp.") med ADCP-transekt W-1 d. 17. marts 2021 ca. kl. 11:15. (Nielsen, 2021)

4.4 Vandtemperaturforhold ved Aalborg Havn

Statistik for årsvariationer for målte vandtemperaturer i perioden 2008 - 2021 ved Aalborg havn, stations nr. 20302, er vist i figur 4-8 samt angivet i tabel 5. Måleren er placeret på ca. 5 m vanddybde. Af statistikken fremgår det, at der i vinterhalvåret kan forekomme vandtemperaturer på ned til omkring -0,3°C (1%-fraktil for måleperioden i månederne december, januar, februar).

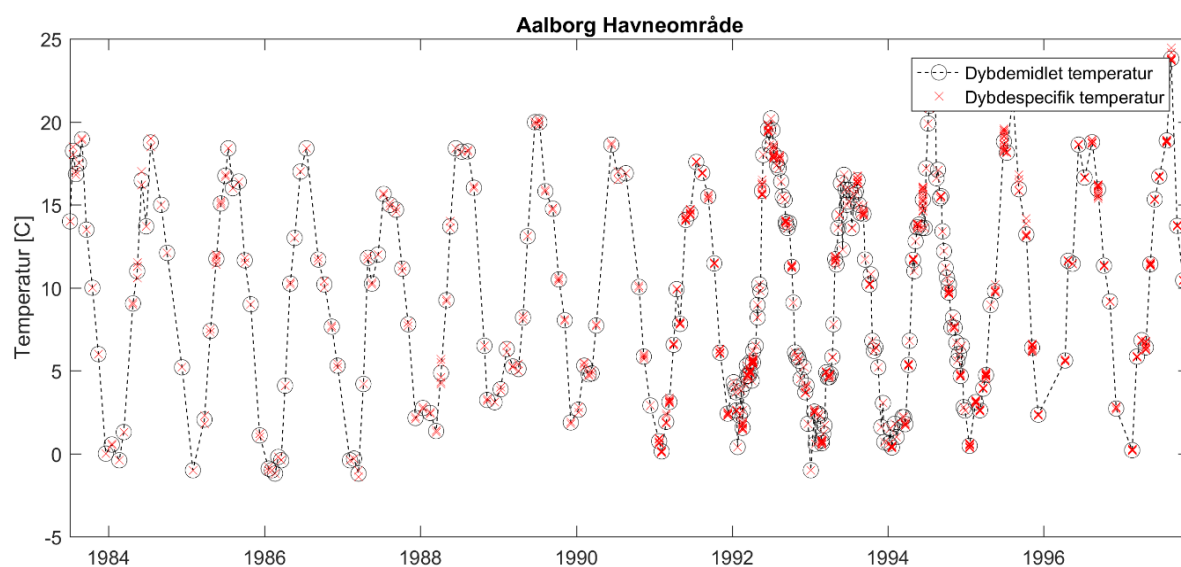


Figur 4-8: Årsvariation for vandtemperatur ved Aalborg Havn i perioden 2008 – 2021, stations nr. 20302. (Aalborg Havn, 2021)

Måned\Fraktiler	99 %	95 %	50 %	5 %	1 %	Middel
Jan.	6.7	6.3	3.1	-0.2	-0.3	2.9
Feb.	7.0	6.0	2.5	-0.2	-0.2	2.7
Mar.	9.8	8.6	6.0	0.2	-0.1	5.0
Apr.	14.3	13.5	9.8	5.6	3.7	9.8
Maj	20.9	19.2	14.2	11.1	10.3	14.6
Jun.	23.5	21.9	18.3	15.1	14.1	18.5
Jul.	25.1	23.6	20.3	17.6	16.8	20.5
Aug.	24.6	23.2	19.6	17.2	16.6	19.9
Sep.	20.8	19.7	16.8	13.7	13.2	16.8
Okt.	16.2	15.5	12.3	9.0	7.4	12.2
Nov.	12.7	11.3	8.3	5.0	3.3	8.3
Dec.	8.6	7.3	5.1	-0.2	-0.3	4.6

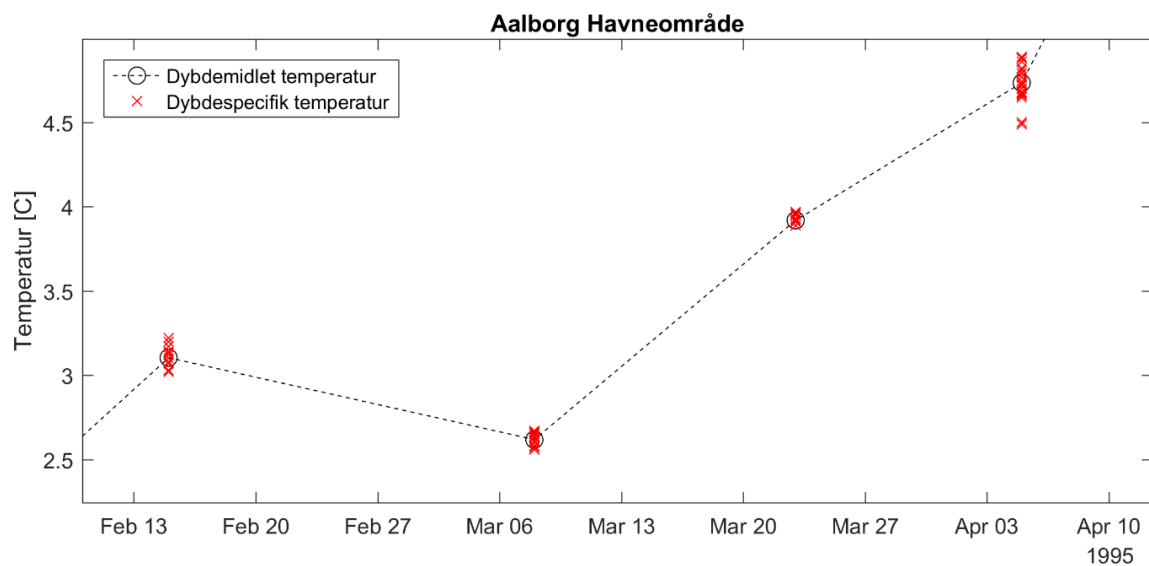
Tabel 5: Årsvariation for vandtemperatur ved Aalborg Havn i perioden 2008 – 2021, stations nr. 20302.

Dybdespecifikke- samt dybdemidlede temperaturmålinger ved Aalborg havn fra (Danmarks Miljøportal, 2020) i perioden fra 1983 – 1997 er vist i figur 4-9. Den specifikke vanddybde for målelokaliteten kendes ikke med sikkerhed. Af dataene fremgår det generelt, at der kun forekommer en mindre forskel i vandtemperaturen ved bund og overflade, og stort set ingen temperaturlagdeling, hvilket formentlig skyldes den forholdsvis høje vandføring, og dermed store vertikal opblanding, i Langerak (jf. afsnit 0).



Figur 4-9: Tidsserie for temperaturmålinger fra Danmarks Miljøportal i perioden 1983 - 1997. (Danmarks Miljøportal, 2020)

Figur 4-10 viser et zoom af dybdespecifikke vandtemperaturer samt dybdemidlede temperaturer. I februar/marts måned er forskellen i vandtemperaturen ned igennem vandsøjlen ca. 0,2 °C. I sommerperioden er temperaturforskellen igennem vandsøjlen lidt højere (ca. 1 – 1,5 °C).



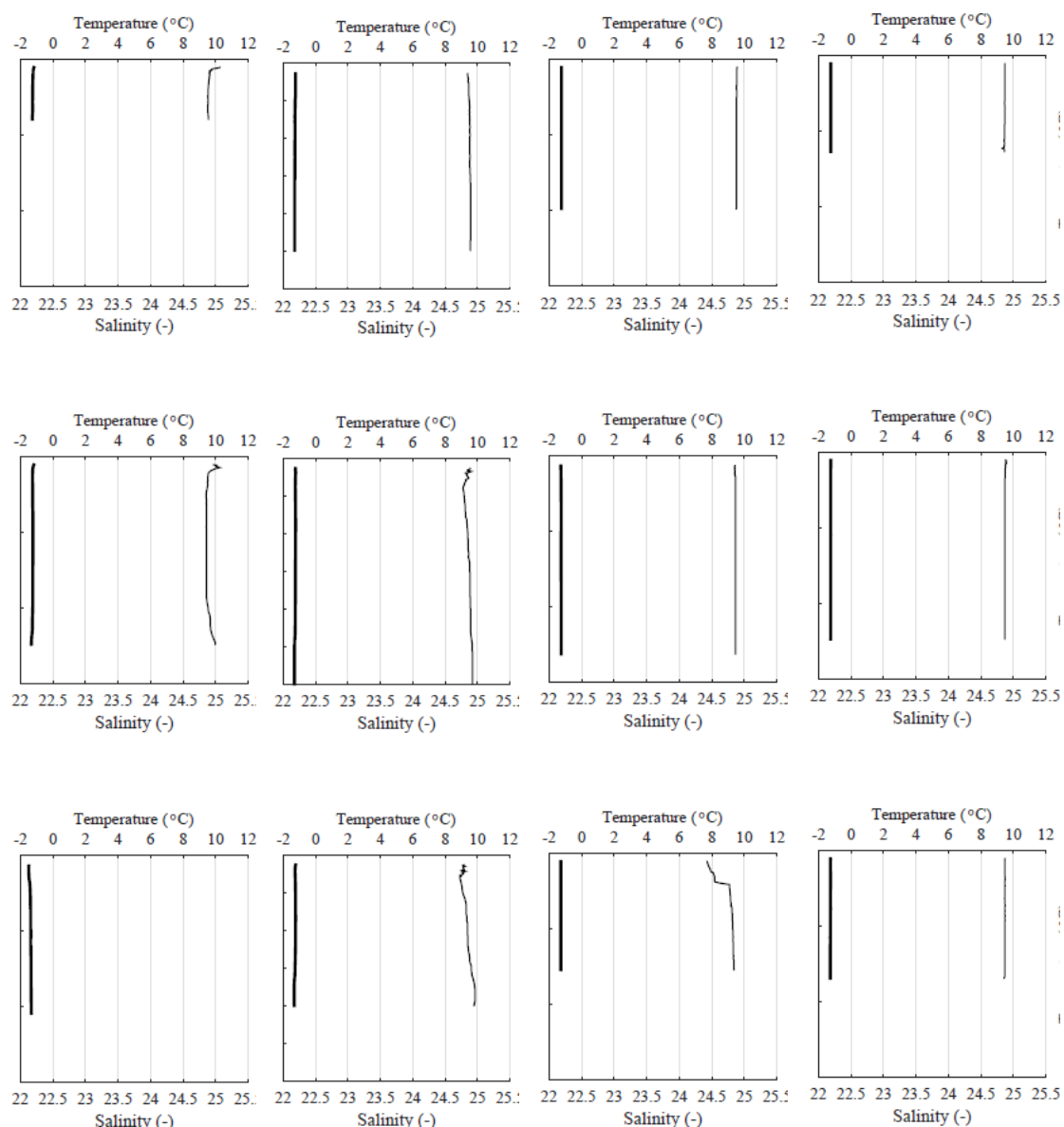
Figur 4-10: Zoom af tidsserie for temperaturmålinger fra Danmarks Miljøportal i perioden 1983 - 1997. (Danmarks Miljøportal, 2020)

4.4.1 Projektspecifikke målinger af vandtemperatur ved Nordjyllandsværket

Vertikale temperaturmålinger i tre punkter langs de udvalgte transekter understøtter, at der kun er minimale forskelle af temperaturen ned gennem vandsøjlen, se målinger fra udvalgte tidspunkter og transekter i figur 4-11 og figur 4-12. Bemærk at vanddybden varierer i de tre målepunkter langs transekterne. De specifikke dybder er angivet i målerapporten (Nielsen, 2021). Generelt er vanddybden ca. 10 – 12 m midt i transektet, hvorimod vanddybden reduceres til ca. 4 – 6 m nærmere kysterne.

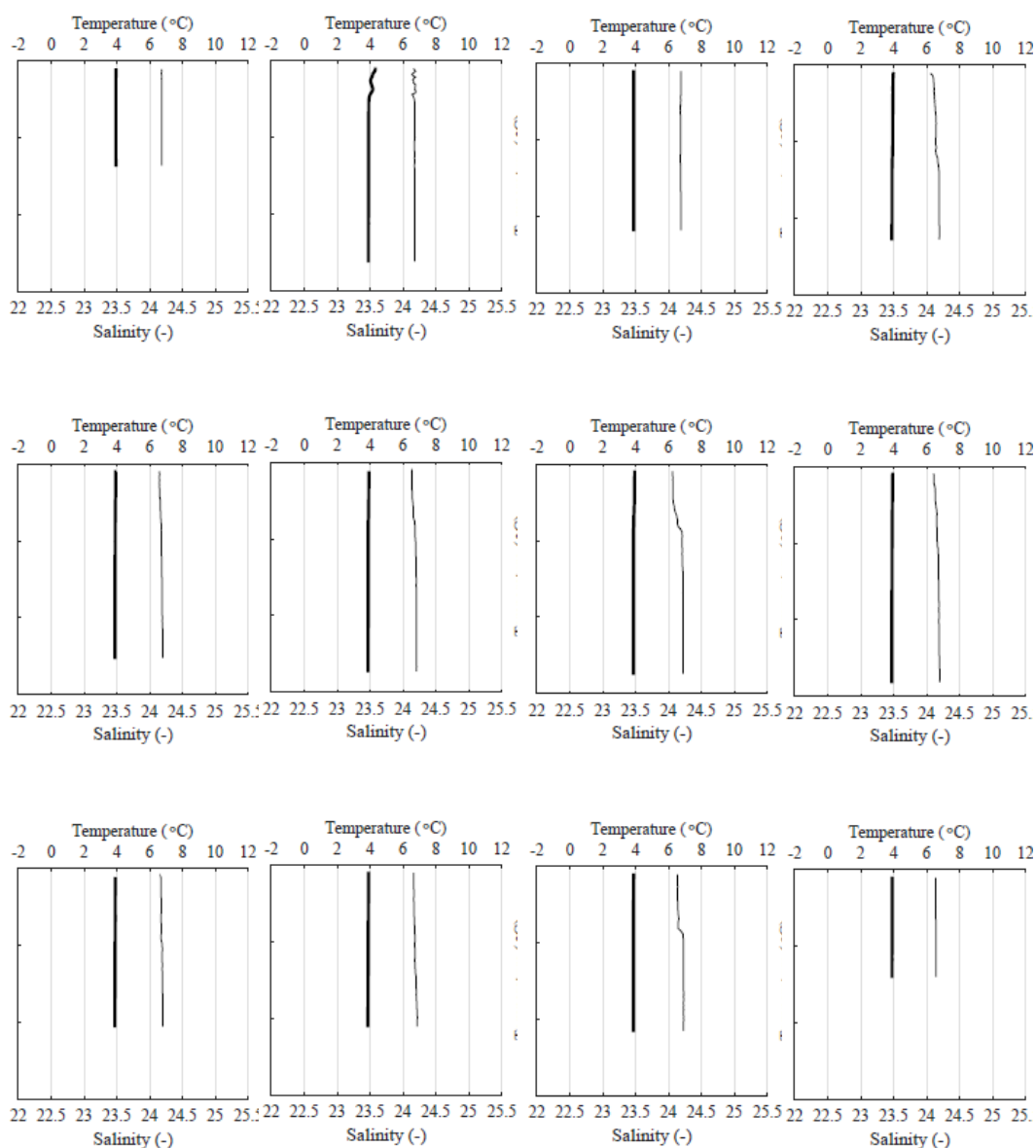
Transekt E2 og E1 d. 09.02.21 kl. ca. 8

Transekt W1 og W2 d. 09.02.21 kl. ca. 12



Figur 4-11: Vertikale temperatur- og salinitetsmålinger fra tre punkter, N (øverst), M (midten) og S (nederst) på udvalgte transekter fra 9. februar 2021. Den tykke streg er temperaturmålinger og den tynde er salinitetsmålinger. (Nielsen, 2021)

Transekt E2 og E1 d. 15.03.21 kl ca. 9:30 Transekt W1 og W3 d. 15.03.21 kl ca. 8:30



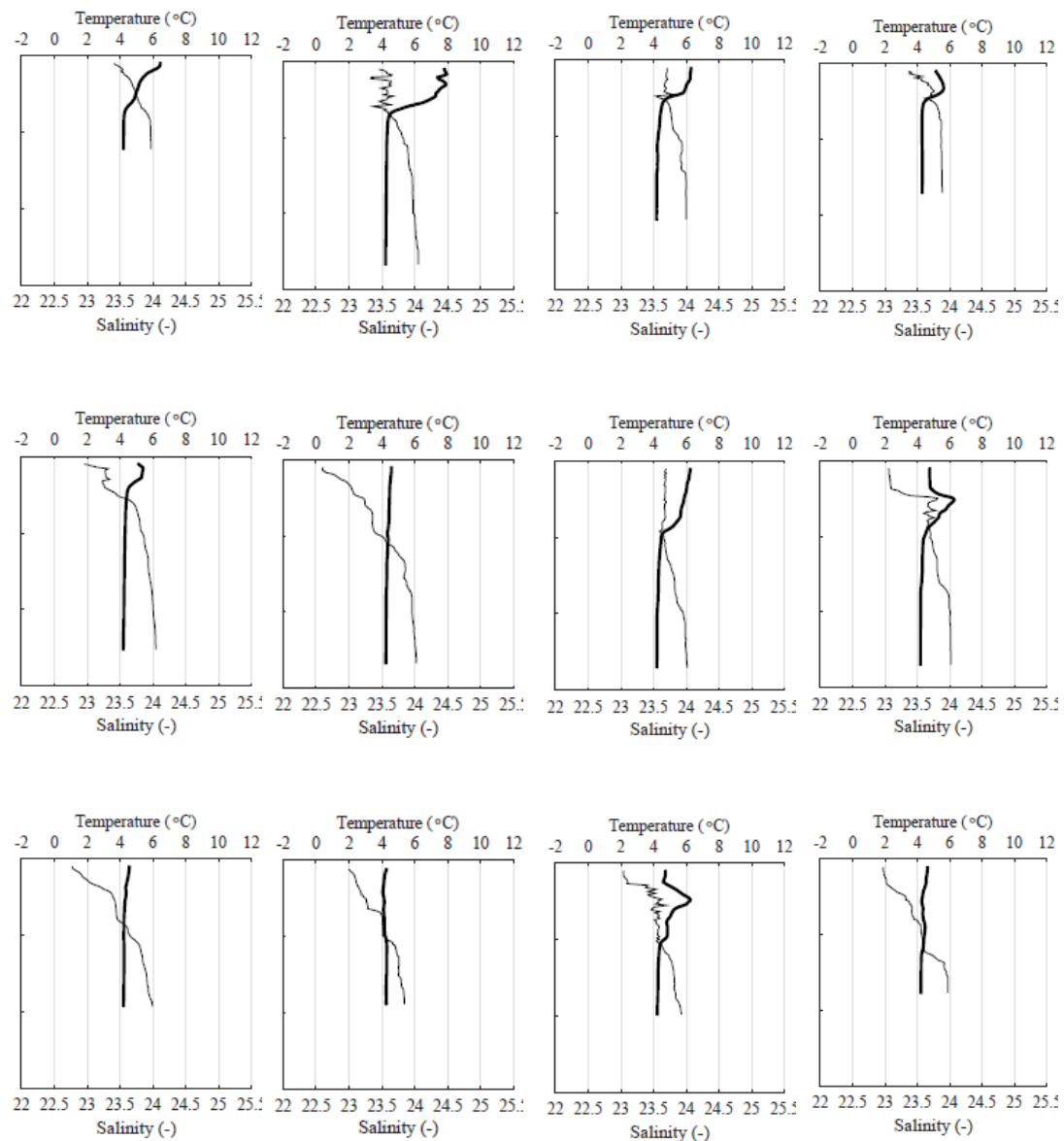
Figur 4-12: Vertikale temperatur- og salinitetsmålinger fra tre punkter N (øverst), M (midten) og S (nederst) på udvalgte transekter fra 15. marts 2021. Den tykke streg er temperaturmålinger og den tynde er salinitetsmålinger. (Nielsen, 2021)

D. 16. - 17. marts blev der foretaget målinger med det specifikke formål at identificere temperaturpåvirkningen i Limfjorden som følge af kondensdrift af blok 3.

D. 16. marts blev der observeret svage tegn på udstrømmende opvarmet returvand fra kraftværket i nogle af transekterne, bl.a. E-1 kl. 09:09-09:15 og W-1 kl. 11:17-11:24. D. 17. marts, i perioden mellem kl. 7 og kl. 11 lokal tid, blev der udledt store mængder opvarmet returvand fra Nordjyllandsværket. Således blev der opnået tydelige observationer af returvand i flere af transekterne. (Nielsen, 2021).

Udvalgte målinger fra 17. marts fremgår af figur 4-13, hvoraf det kan ses at der forekommer en højere temperatur i den øvre del af vandsøjlen, mest udtalt i de nordlige målepunkter.

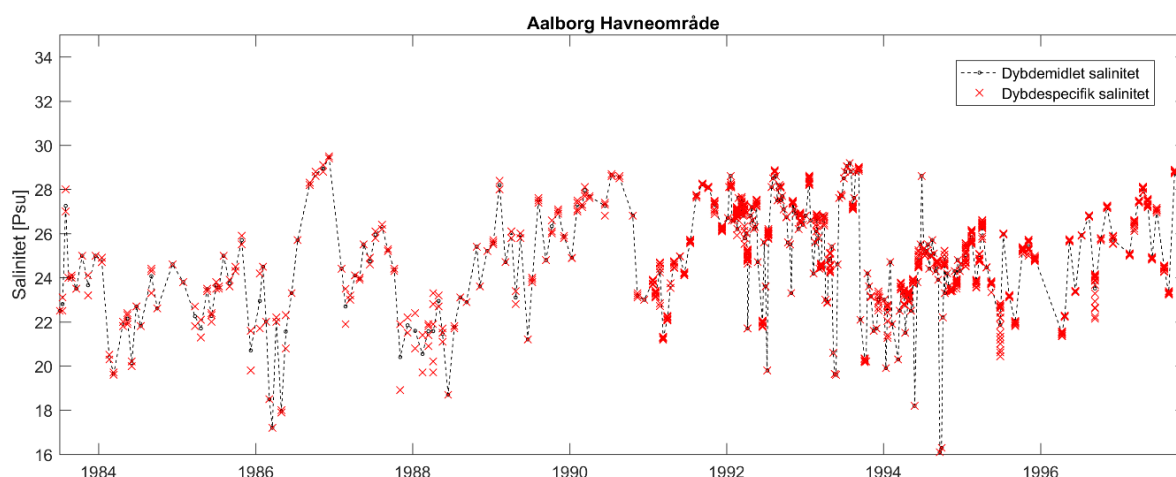
Transekt E2 og E1 d. 17.03.21 kl. ca. 8:45 Transekt W1 og W2 d. 17.03.21 kl. ca. 11:30



Figur 4-13: Vertikale temperatur- og salinitetsmålinger fra tre punkter N (øverst), M (midten) og S (nederst) på udvalgte transekter fra 17. marts 2021. Den tykke streg er temperaturmålinger og den tynde er salinitetsmålinger. (Nielsen, 2021)

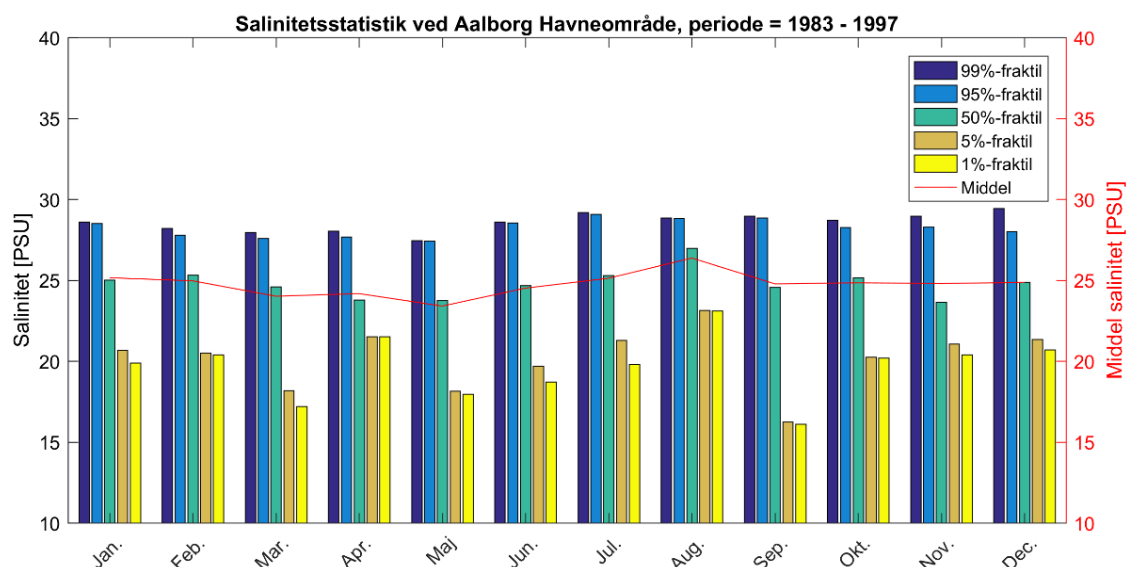
4.5 Lokale salinitetsforhold i Langerak

Dybdespecifikke samt dybdemidlede salinitetsmålinger ved Aalborg havn fra (Danmarks Miljøportal, 2020) i perioden fra 1983 – 1997 er vist i figur 4-14. På samme vis som for vandtemperaturen kan det generelt konkluderes, at der kun i et meget lille omfang forekommer forskelle i saliniteten ned igennem vandsøjlen, og at der således kun i meget begrænset omfang forekommer salinitetslagdeling.



Figur 4-14: Tidsserie for salinitetsmålinger fra (Danmarks Miljøportal, 2020) i perioden 1983 - 1997.

Statistik for årsvariationer for målte saliniteter i perioden 1983 - 1997 ved Aalborg havn er vist i figur 4-15. Som det fremgår af figuren, forekommer der stort set ingen sæsonvariation af saliniteten. Til gengæld kan der for hele året forventes en variation i saliniteten på imellem ca. 20 PSU (1%-fraktil) – ca. 29 PSU (99%-fraktil).



Figur 4-15: Årsvariation for salinitet ved Aalborg Havn i perioden 1983 - 1997 baseret på data fra (Danmarks Miljøportal, 2020).

4.5.1 Projektspecifikke målinger af salinitet og densitet ved Nordjyllandsværket

Feltundersøgelserne understøtter, at der ikke forekommer en signifikant forskel i saliniteten mellem den øvre og nedre del af vandsøjlen. Dette fremgår af figur 4-11 og figur 4-12, der viser dybdevarierende salinitetsmålinger i udvalgte transekter for perioden 9. februar og 15. marts. I figurene ses tendens til minimal lavere salinitet i toppen af vandsøjlen men variationen mellem top og bund af vandsøjlen ligger indenfor ca. 0,5 PSU.

I perioden med kondensdrift fra blok 3, hvor der udledes store mængder af opvarmet returvand, ses det, at salinitetsniveauet i den øvre del af vandsøjlen er lavere end i de omgivende vandmasser, her ses generelt en dybdevariation på 0,5 - 1 PSU og enkelte op til ca. 1.5 PSU.

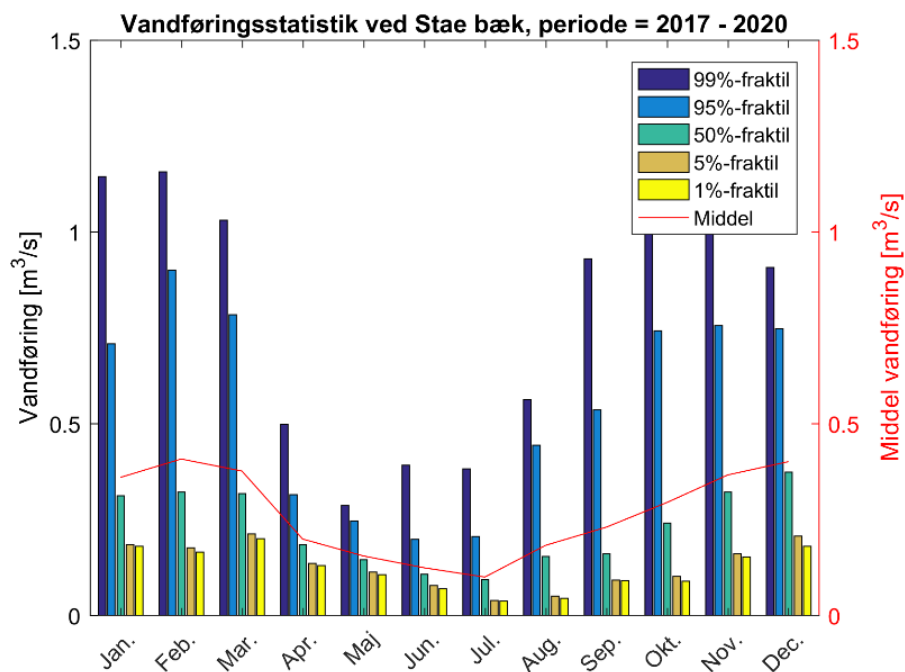
4.6 Lokale vandføring i Stae bæk

Lokalt, øst for Nordjyllandsværket, forekommer der et udløb fra Stae Bæk, som potentielt kan påvirke de lokale strømforhold. Se placeringen af Stae Bæk i figur 4-16.



Figur 4-16: Placering af udløbet fra Stae bæk. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021)

Statistik for årsvariationer for målte tilgængelige målte vandføringer fra Stae Bæk er vist i figur 4-17. Som det fremgår af figuren, haves den største vandføring fra bækken i vinterhalvåret, hvilket er naturligt. Vandføringen er dog meget begrænset.



Figur 4-17: Årsvariation for vandføring fra Stae Bæk i perioden 2017 – 2020 baseret på data fra (Danmarks Miljøportal, 2020).

5. OPSÆTNING OG KALIBRERING/VALIDERING AF HYDRAULISK MODEL

Vurderinger af påvirkningen af vandtemperaturen, både lokalt og regionalt, er baseret på numeriske simuleringer med state-of-art modellen; MIKE3-FM, udviklet af DHI. Samme model er anvendt til simulering af risiko for termisk kortslutning mellem indtag og udløb af havvands-varmepumpeanlægget.

MIKE3-FM er et tredimensionelt (3D) modulbaseret modelleringsværktøj udviklet til at simulere f.eks. hydrodynamiske forhold (strøm og vandstand), vandtemperatur og salinitet, sedimenttransport og -spredning, spredning af partikler eller opløst stof, afhængig af hvilke moduler, der anvendes eller kobles. I dette projekt anvendes det hydrodynamiske modul MIKE3 HD FM til simulering af strømforhold, vandstandsvariationer samt temperaturudbredelse.

Det hydrodynamiske modul, MIKE3 HD FM, er udviklet til anvendelse ved offshore og kystnære områder, hvor der hersker en fri overfladestrømning. Strømmen i modellen vil blive genereret af de påførte forceringsdata, herunder randbetingelser. I beregningerne kan der tages højde for effekten fra:

- J Vindpåvirkning
- J Dybdeforhold
- J Bundruheder
- J Udtørring og/eller oversvømmelse af områder
- J Havvandsind- og udtag fra eksisterende og fremtidige varmforsyning, å-udløb, overfladetilstrømning mv.
- J Densiteten af fjordvandet simuleres som en funktion af salinitet og vandtemperatur.

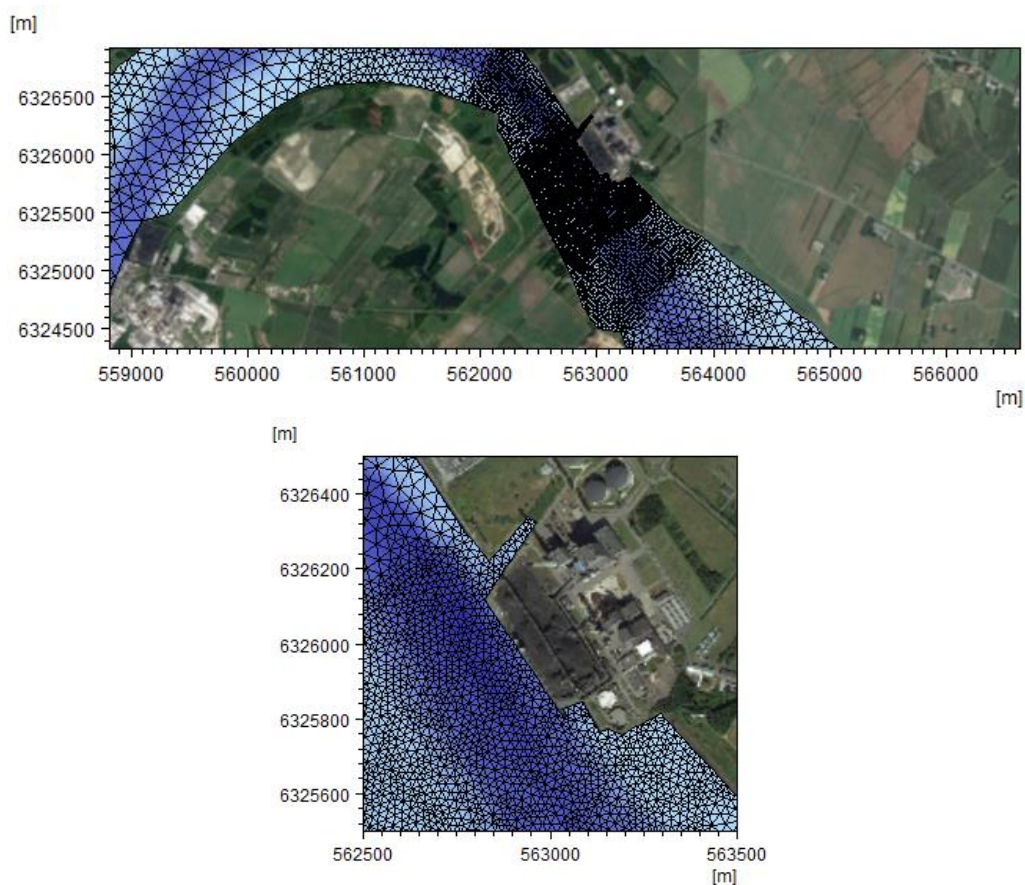
Som tidligere nævnt er de overordnede hydrodynamiske forhold i Langerak generelt domineret af de tidevandsgenererede strømninger, og der er dermed ikke inkluderet bidrag fra bølgegenereret strøm. Herudover er der i modellen ikke inkluderet temperaturudveksling med atmosfæren, pga. den relativt høje naturlige vandudskiftning i Langerak.

I forbindelse med dette projekt er der opstillet to numeriske modeller:

- J Model af eksisterende forhold, dvs. situationen hvor blok 3 er i drift
- J Model af fremtidige forhold, dvs. situationen hvor havvandsvarmepumpen er i drift

Modellerne af eksisterende- og fremtidige forhold er identiske på alle områder med undtagelse af de implementerede temperaturforhold samt vandføringer ved indtag og udløb.

Et udsnit af modeldomæne samt vanddybder (bathymetri) og beregningsnet i MIKE3-modellen er vist figur 5-1.



Figur 5-1: Illustration af beregningsnettet regionalt (øverst) samt lokalt ved Nordjyllandsværket (nederst) i anvendte model. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

Modellen er opstillet med et finere beregningsnet lokalt omkring Nordjyllandsværket, hvor højere detailgrad for strøm/temperatur er ønsket. Ift. at simulere potentiel lagdeling af strøm og temperatur er der inkluderet to lag i modellen (til simulering af hhv. øvre- og nedre del af vandsøjlen). Tykkelsen af de to lag varierer afhængig af vanddybden. Der er desuden kørt følsomhedssimuleringer for udvalgte drifts og hydrodynamiske scenarier med en finere vertikal inddeling af vandsøjlen.

5.1 Modelscenarier til analyse af udbredelse af returvand samt termisk kortslutning

Som nævnt i afsnit 1.1 haves to delformål med nærværende analyser, hhv. udbredelse af returvandet samt undersøgelse af risiko for termisk kortslutning. Derfor opdeles modelanalysen i to dele, med specifikke hydrodynamiske- samt driftsscenarier til undersøgelse af hvert delformål.

5.1.1 Scenarier til analyse af udbredelse af returvand fra havvandsvarmepumpe

Anvendte scenarier til analyse af udbredelsen af returvandet fra hhv. blok 3 og den planlagte havvandsvarmepumpe beskrives i det følgende.

Analysen ift. udbredelse af returfanen er gennemført for hhv. drift af blok 3 eller drift af havvandsvarmepumpen. Den samlede påvirkning som følge af kombinationen af nedlukning af blok 3 og drift af havvandsvarmepumpeanlægget vil således være virkningen fra nedlukningen af blok 3 og driften af havvandsvarmepumpen.

5.1.1.1 Hydrodynamiske modelscenarier til kølespredningsanalyser

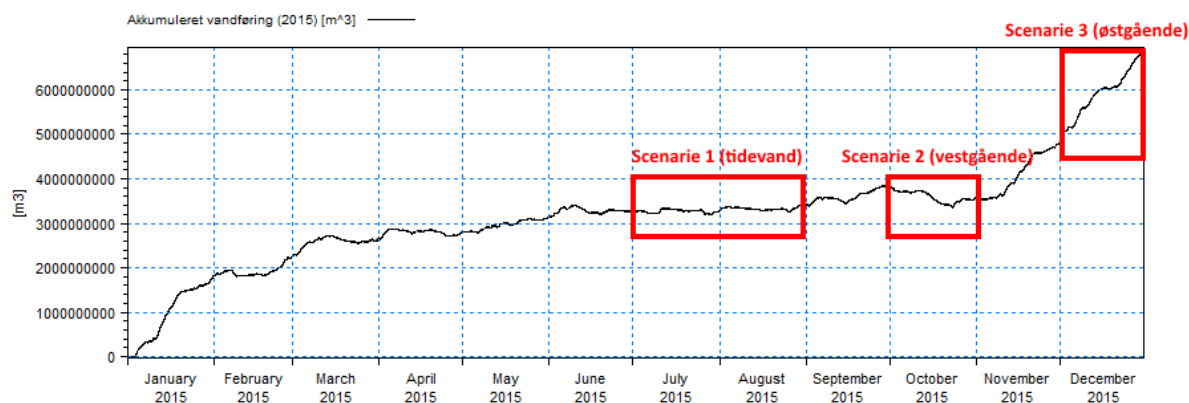
Udbredelsen af returvandsfanen fra drift af Nordjyllandsværket afhænger af de faktiske hydrodynamiske forhold på udledningstidspunktet. F.eks. medfører høj strømhastighed i Limfjorden en større udbredelse af returvandsfanen, hvorimod mere stillestående vand medfører mindre udbredelse, men højere lokal temperaturpåvirkning.

Til modelleringen af udbredelsen af returvandet (påvirkningsområdet) er der i modelanalyserne taget udgangspunkt i de tre nedenstående hydrodynamiske scenarier:

- Hydrodynamisk scenarie 1: Periode med tidevandsdomineret strøm (repræsentativt for stor temperaturpåvirkning lokalt ved Nordjyllandsværket)
- Hydrodynamisk scenarie 2: Periode med dominerende vestgående strøm (repræsentativt for maks. udbredelse af kølevandsfanen i Langerak til området vest for Nordjyllandsværket)
- Hydrodynamisk scenarie 3: Periode med dominerende østgående strøm (repræsentativt for maks. udbredelse af kølevandsfanen i Langerak til området øst for Nordjyllandsværket)

Til udvælgelse af de specifikke perioder, som repræsenterer de tre ovenfor nævnte scenarier, er der taget udgangspunkt i år 2015 idet dette år inkluderer vekslende perioder med repræsentative strøm- og vandstandsforhold i Limfjorden i området omkring Nordjyllandsværket. Det bør bemærkes, at der ikke anvendes ekstreme perioder i modelberegningerne, men perioder, der er repræsentative for normalt forekommen hydrodynamiske forhold med hhv. tidevandsdomineret strøm, dominerende øst eller vestgående strøm.

Figur 5-2 viser den modellerede netto-vandføring for år 2015 i Limfjorden igennem et snit, umiddelbart ved Nordjyllandsværket, hvor østgående vandføring præsenteres med positivt fortegn. Positiv hældning i figuren repræsenterer perioder med netto-østgående strøm/vandføring, og negativ hældning repræsenterer perioder med netto-vestgående strøm/vandføring. Perioder med dominerende tidevand er repræsenteret ved en flad kurve (dvs. netto-vandføring er ca. 0 m³/t). Som det fremgår af figuren, baseres de tre ovenfor nævnte scenarier på modellering af månederne; juli/august (scenarie 1), oktober (scenarie 2), og december (scenarie 3).



Figur 5-2: Modelleret netto-vandføring i Limfjorden for år 2015. Vandføring med positivt fortegn er østgående.

Hver af de tre hydrodynamiske scenarier har i modellen en varighed på en måned (tidevandsdomineret strømning er gennemført for juli måned). Således medtages også den naturlige hydrodynamiske variation hen over måneden.

5.1.1.2 Driftsscenarier til simulering af udbredelse af returvand

I en overgangsperiode vil der sandsynligvis forekomme kombineret drift af blok 3 og havvandsvarmepumpeanlægget. I den periode kan der således opstå vekslende temperaturpåvirkninger, idet blok 3 udleder opvarmet vand, mens havvandsvarmepumpeanlægget udleder afkølet vand. Således kan den højeste absolutte temperaturpåvirkning i denne periode være præget af differensen imellem maks. opvarmning fra eksisterende blok 3 og maks. nedkøling fra havvandsvarmepumpen.

Ift. driftsscenarier for blok 3 antages det konservativt, at opvarmningen af returvandet er $\Delta t = +8,5^\circ\text{C}$ samt en vandføring på 13.500 kg/s . Jf. figur 2-3 har der i sjældne tilfælde forekommet temperaturopvarmning på op til ca. $\Delta t = +12^\circ\text{C}$, men her har vandføringen været signifikant lavere end det forudsatte 13.500 kg/s , hvormed effekten under disse forhold har været den samme, eller lavere end forudsat i modellen. $\Delta t = +8,5^\circ\text{C}$ svarer jf. afsnit 2.1 til mellem 95% - 99% fraktilen for temperaturforøgelsen fra Nordjyllandsværket, baseret på data fra 2018 - 2021.

Desuden gennemføres udvalgte modelberegninger for et driftsscenarie for blok 3 der repræsenterer mere normale driftsforhold, med en opvarmning af returvandet på $\Delta t = +2,72^\circ\text{C}$ samt en vandføring på 8.984 kg/s (svarende til gennemsnit for 2020).

Ift. driftsscenarier for havvandsvarmepumpen er der taget udgangspunkt i 150 MW pumpen. Indledende følsomhedsstudier viser, at temperaturpåvirkningen fra returvandet fra havvandsvarmepumpen stort set er uafhængig af hvorvidt der forudsættes høj vandføring og lav Δt eller vice versa, da effekten for de analyserede kombinationer er uændret. Derfor vises blot udbredelsen af returvandet for det driftsscenarie, der har $\text{COP}=3,5$, hvilket medfører en afkøling af returvandet på $\Delta t = -2^\circ\text{C}$ samt en vandføring på $13,04\text{ m}^3/\text{s}$ jf. afsnit 3. for 150 MW havvandsvarmepumpen.

Ift. at inkludere konservatisme i modellerne, er det forudsat, at ovenfor nævnte Δt samt vandføringer er konstant forekommende i hele simuleringsperioden for hver af de hydrodynamiske scenarier (hhv. netto- vestgående og østgående strøm samt tidevandsdominans).

5.1.2 Scenarier til analyse af termisk kortslutning fra havvandsvarmepumpe

Til analyse af risiko for termisk kortslutning tages der på samme vis som for udbredelsen af returvandet udgangspunkt i repræsentative scenarier for de lokale hydrodynamiske forhold samt for driften.

5.1.2.1 Hydrodynamiske modelscenarier til analyse af termisk kortslutning

Da havvandsindtaget er beliggende øst for udløbet, er der til analysen af termisk kortslutning ikke fokuseret på hydrodynamiske forhold med netto-vestgående strøm. I stedet er det hydrodynamisk scenarie 1 (*tidevand*) og scenarie 3 (*østgående nettostrøm*) anvendt. Disse scenarier er de samme som beskrevet ved udbredelsen af returvandet, jf. afsnit 5.1.1.

5.1.2.2 Driftsscenarier til analyse af termisk kortslutning

Ift. driftsscenarier til analyse af termisk kortslutning under drift af havvandsvarmepumpen er der taget udgangspunkt i 150 MW pumpen. Modelberegningerne er gennemført for 150 MW havvandsvarmepumpen, der f.ek.s har en afkøling af returvandet på $\Delta t = -2^\circ\text{C}$ samt en vandføring på 13,04 m³/s.

Ift. at inkludere konservatisme i modellerne, er det forudsat, at ovenfor nævnte Δt samt vandføringer er konstant forekommende i hele simuleringsperioden (en hel måned) for hver af de hydrodynamiske scenarier (hhv. netto- vestgående og østgående strøm samt tidevandsdominans).

5.2 Randbetingelser i model

Den hydrauliske forceres med følgende randbetingelser:

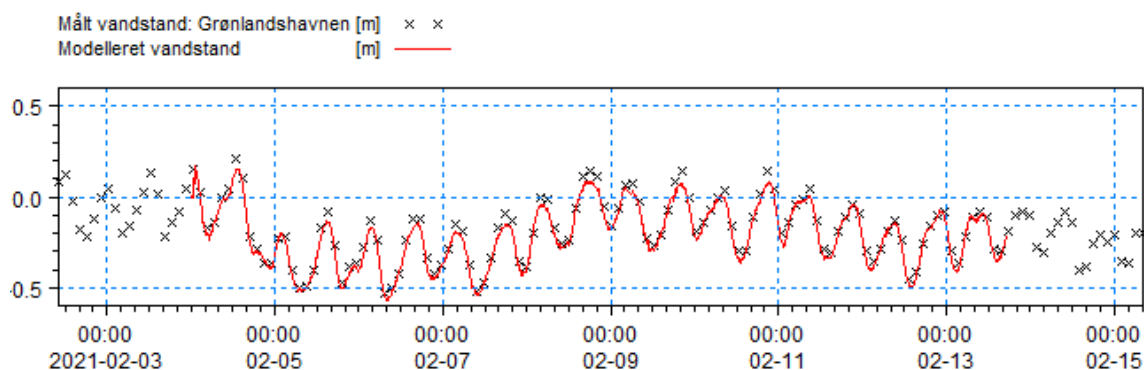
- J **Vandtemperatur:** Ift. baggrundsvandtemperaturen tages der udgangspunkt i lave vandtemperaturer på 4°C, som jf. afsnit 4.4 er forekommende i januar/februar måned. Følsomhedsanalyser har vist, at temperaturpåvirkningen er højere i tilfældet med lav temperatur af baggrundsvandet. Der er i modelberegningerne taget udgangspunkt i konstant temperatur i hele vandsøjlen, selvom historiske målinger viser, at der periodisk kan forekomme mindre temperaturforskelle imellem top og bund af vandsøjlen.
- J **Salinitet:** Der antages i modellen generelt 25 PSU, som er den gennemsnitlige salinitet i Langerak jf. afsnit 4.5.
- J **Vind:** Modellen forceres med målte vinddata fra DMI (Tylstrup-måleren ved Aalborg).
- J **Vandstand:** Modellen forceres med målte vandstande ved hhv. Thyborøn samt Hals.
- J **Stae Bæk:** Vandføringen for Stae Bæk følger den opgjorte vandføring pr. måned som angivet i figur 4-17.
- J **Temperatur og vandføring fra blok 3 og havvandsvarmepumpe:** Temperatur og vandføring fra drift af hhv. blok 3 og havvandsvarmepumpen angives på de specifikke vanddybder samt på de specifikke placeringer for hhv. indtag og udløb. Ifm. kalibreringen af modellen anvendes målt tidsserie for temperatur og vandføring for blok 3, og ift. scenariemodelleringen anvendes angivne scenarier i afsnit 5.1. Tidsserien indeholder dog beregnet vandføring (ikke målt) og er derfor behæftet med nogen usikkerhed.

5.3 Modelkalibrering/validering

Kalibreringen og valideringen af den hydrodynamiske model er gennemført baseret på sammenligninger med både vandstande samt strømhastigheder.

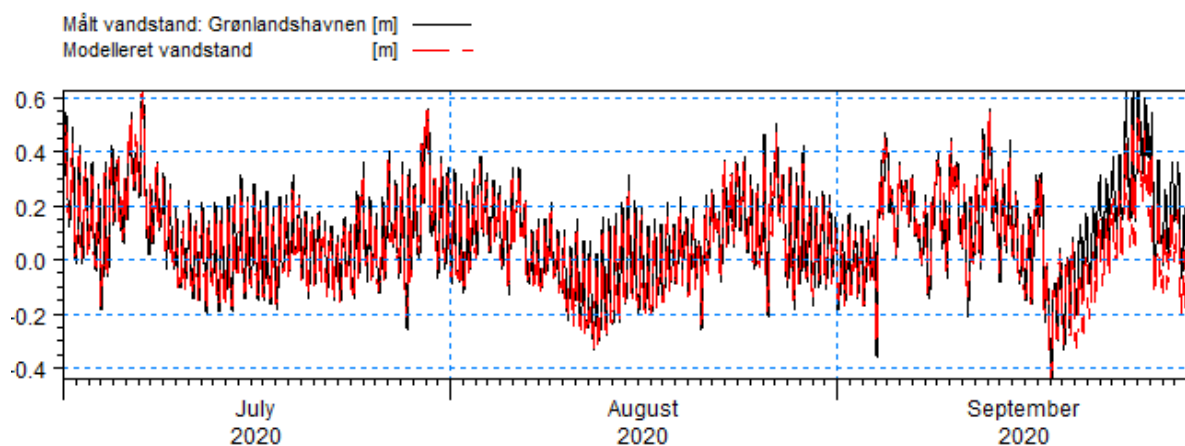
5.3.1 Kalibrering/validering af vandstande i modellen

Indledningsvist foretages kalibrering af modellen ift. målte tidsserier af vandstande ved Grønlandshavnen i Aalborg for en periode med primært tidevandsdominerede forhold. Sammenligning imellem modellerede- og målte vandstande kan ses i figur 5-3.



Figur 5-3: Modelleret og målt vandstand ved Grønlandshavnen i Aalborg for den første del af februar måned 2021. Måledata fra (Aalborg Havn, 2021)

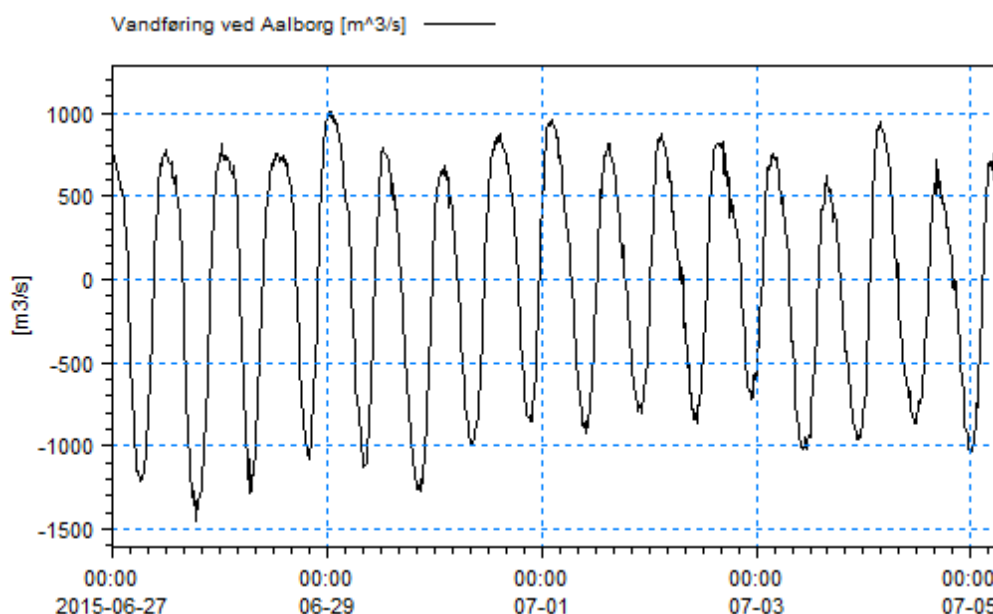
Modellen er efterfølgende valideret for en periode med både tidevands- (juli og august) samt vind-domineret (september) vandstandsforhold, se figur 5-4. Som det fremgår af figur 5-4 have der en acceptabel overensstemmelse imellem målte- og modellerede vandstande.



Figur 5-4: Modelleret og målt vandstand ved Grønlandshavnen i Aalborg for juli, august, september 2020. Måledata fra (Aalborg Havn, 2021)

5.3.2 Kalibrering/validering af vandføring og strømforhold i modellen

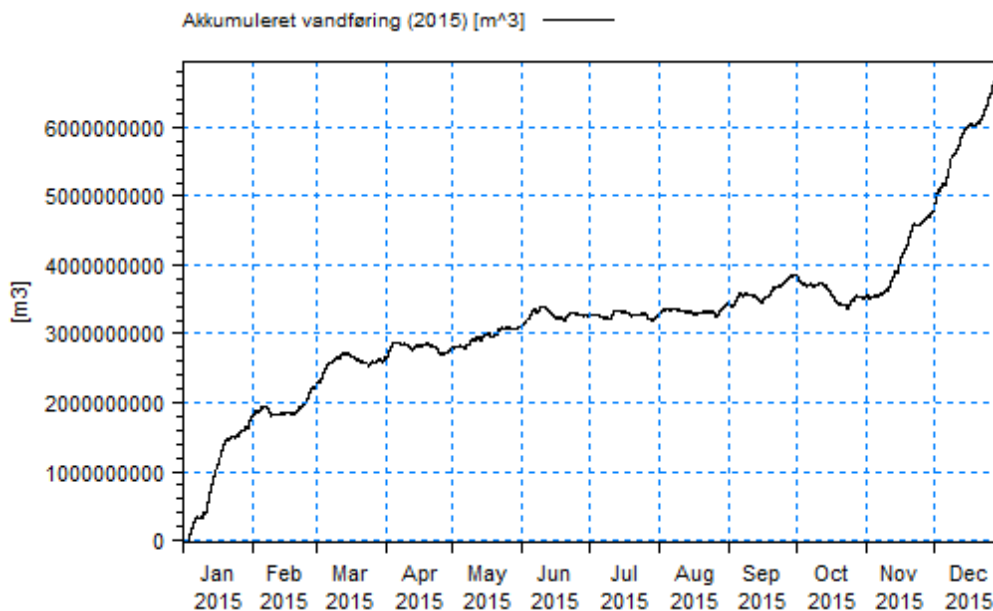
Jf. afsnit 4 varierer vandføringen under rolige forhold i Limfjorden ved Aalborg efter en sinusfunktion med en amplitude på ca. $1.100 \text{ m}^3/\text{s}$, og som det fremgår af figur 5-5 er denne vandføring relativt godt gengivet i modellen.



Figur 5-5: Modelleret vandføring under relativt rolige forhold, ved den tidligere planlagte Lindholmlinje ved Aalborg. Vandføring med positivt fortegn er østgående.

Desuden er det i afsnit 4 nævnt, at der i Limfjorden forekommer en netto-vandføring mod øst på ca. 100 – 200 m³/s (årligt gennemsnit), som dog er størst i vinterperioden.

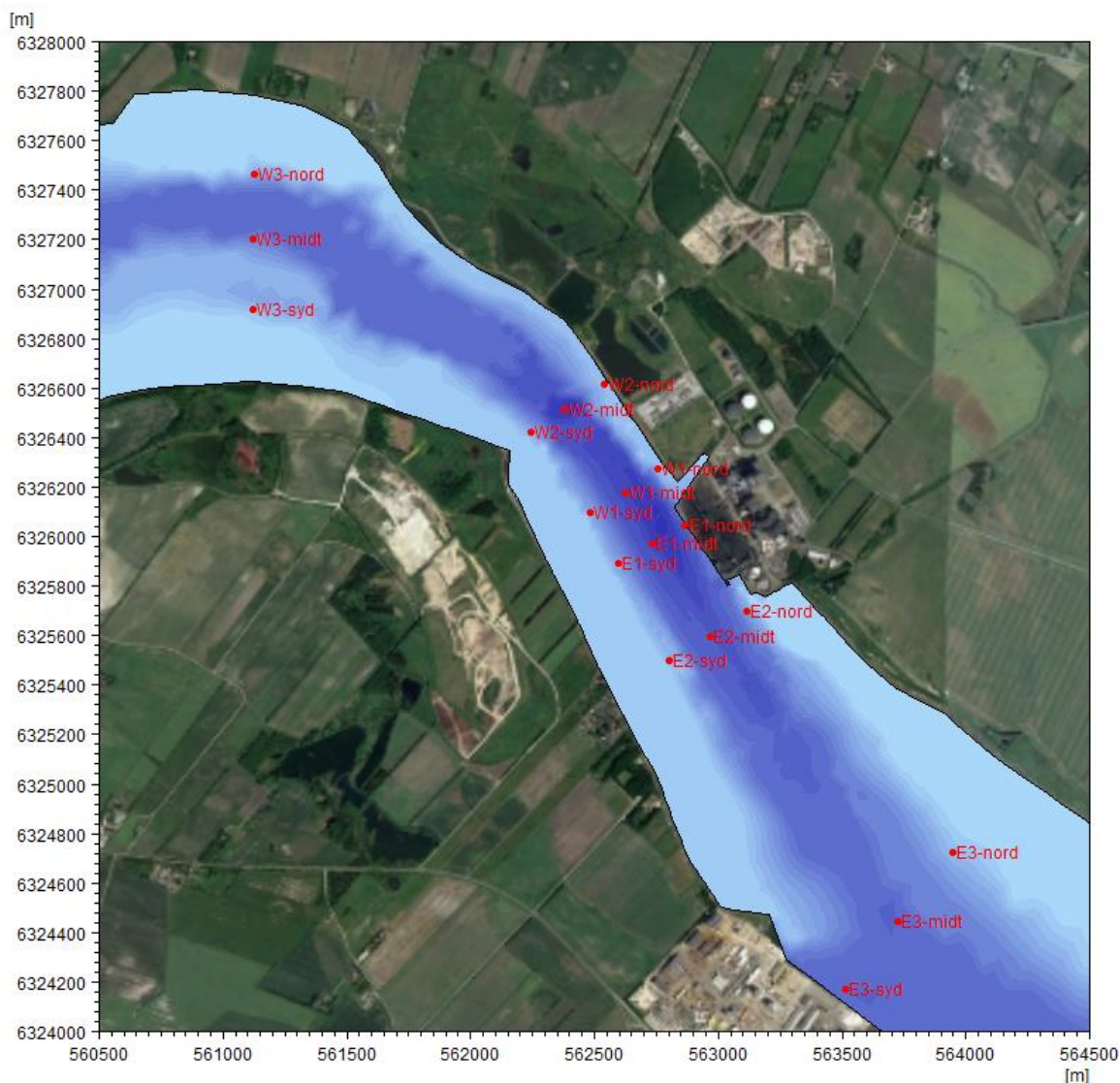
Den modellerede østgående netto-vandtransport i Limfjorden for år 2015 har været 6.953.085.440 m³ (se figur 5-6), hvilket betyder, at netto- vandføringen i perioden gennemsnitligt set har været ca. 220 m³/s. Af figuren fremgår det yderligere, at netto-transporten er størst udenfor sommerperioden, hvilket er i overensstemmelse med forventningerne.



Figur 5-6: Modelleret netto-vandtransport i Limfjorden for år 2015. Vandtransport med positivt fortegn er østgående.

Kalibrering/validering af strømforhold i modellen er baseret på data fra feltundersøgelserne, hvor der blev målt strømhastigheder i punkter beliggende hhv. nord, midt og syd i hvert af seks måle-

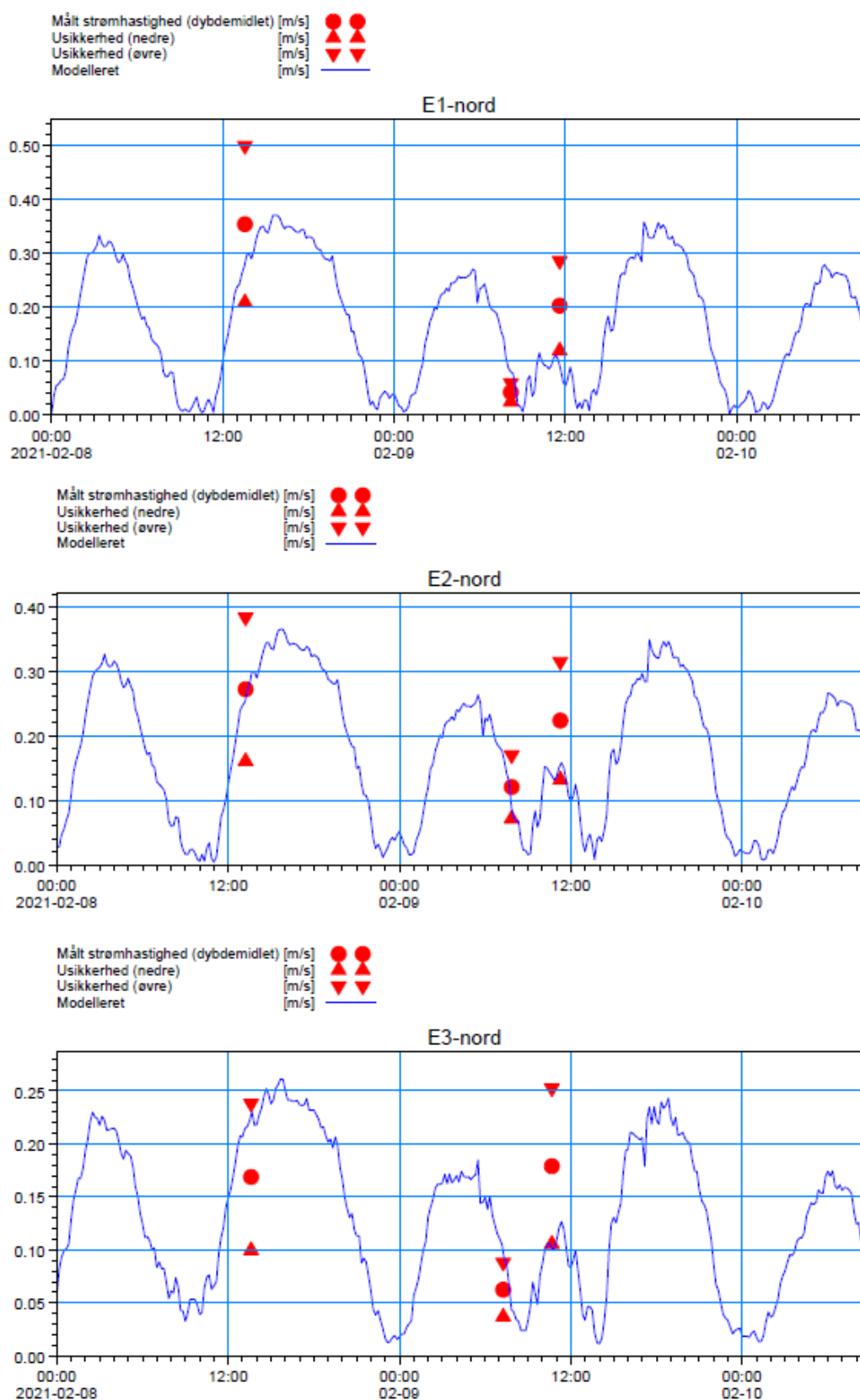
transekter (tre transekter på hver side af havvandsudløbet). En illustration af kalibrerings-/validerings-punkterne er illustreret i figur 5-7.



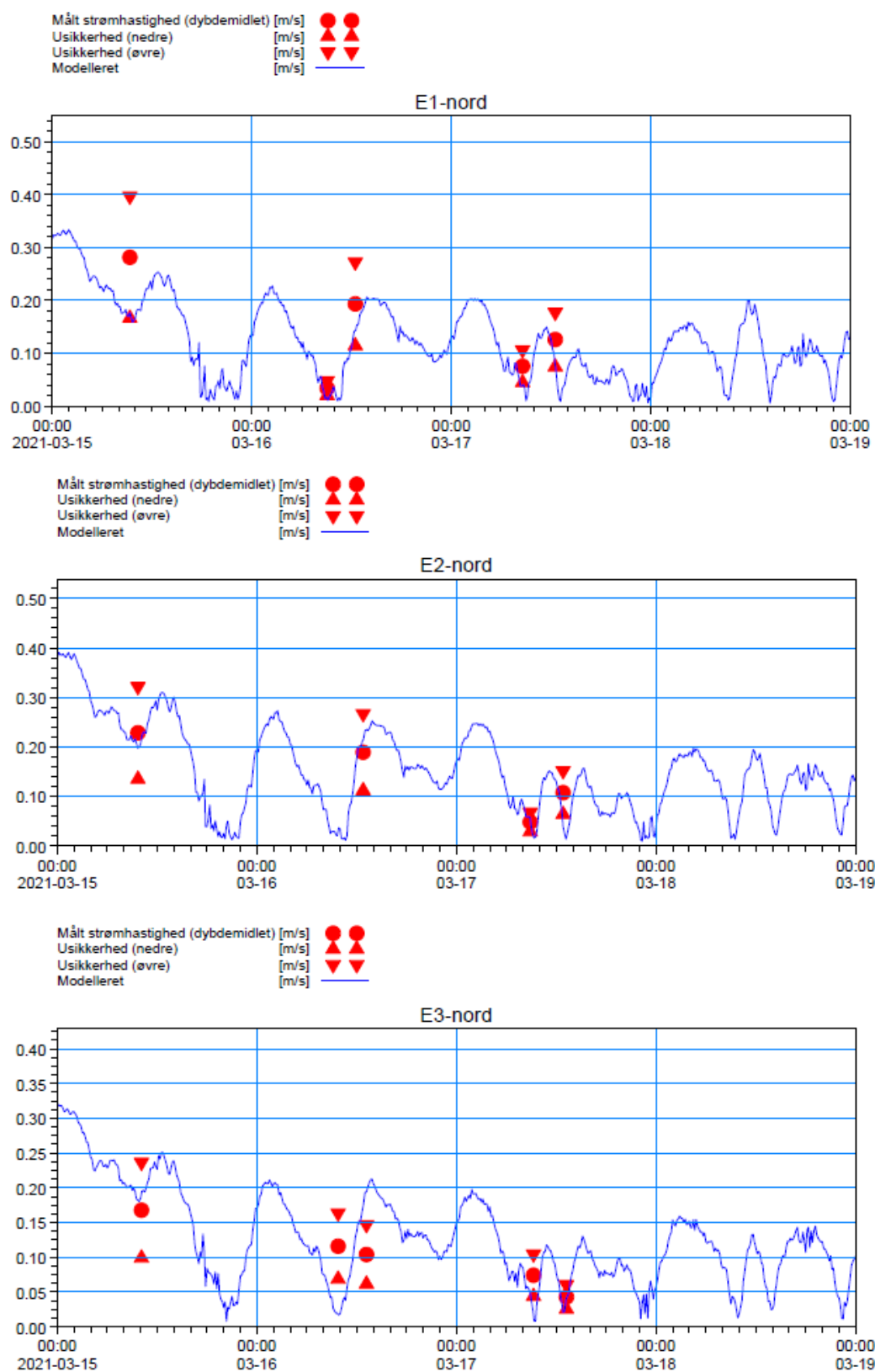
Figur 5-7: Kalibrering- og valideringspunkter for strømforhold i modellen. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

Pga. relativt høje usikkerheder i strømmålingerne, og relativt små forskelle i strømhastigheder ved top/bund af vandsøjlen, er strømforholdene i modellen kalibreret baseret på de dybde-midlede strømforhold, under hensyntagen til punkternes varierende vanddybde.

Kalibreringen er foretaget baseret på målte strømhastigheder i februar, og valideringen er foretaget baseret på målte strømhastigheder i marts. En sammenligning imellem målte- og modellerede strømhastigheder for hhv. kalibrerings- og valideringsperioden i transekt E1, E2, E3 (nord) er vist i figur 5-8 samt figur 5-9. Resterende sammenligninger for de resterende målepunkter i figur 5-7 er vist i bilag 1. I figurerne fremgår de oplyste usikkerheder for målingerne, hvilket således definerer "øvre-/nedre-grænser" for målte strømhastigheder. Usikkerhederne svarer til gennemsnitlige måleusikkerheder for samtlige transekter (ca. 41%).



Figur 5-8: Sammenligning imellem målte- og modellerede dybdemidlede strømshastigheder i februar.



Figur 5-9: Sammenligning imellem målte- og modellerede dybdemidlede strømshastigheder i februar marts.

Som det fremgår af figur 5-8 samt figur 5-9, samt sammenligningerne i bilag 1, ligger de modellerede strømshastigheder overordnet set indenfor øvre-/nedre måleusikkerheder, og desuden

haves modellerede strømhastigheder som ligger relativt tæt på gennemsnitlige målte dybdemidlede strømhastigheder.

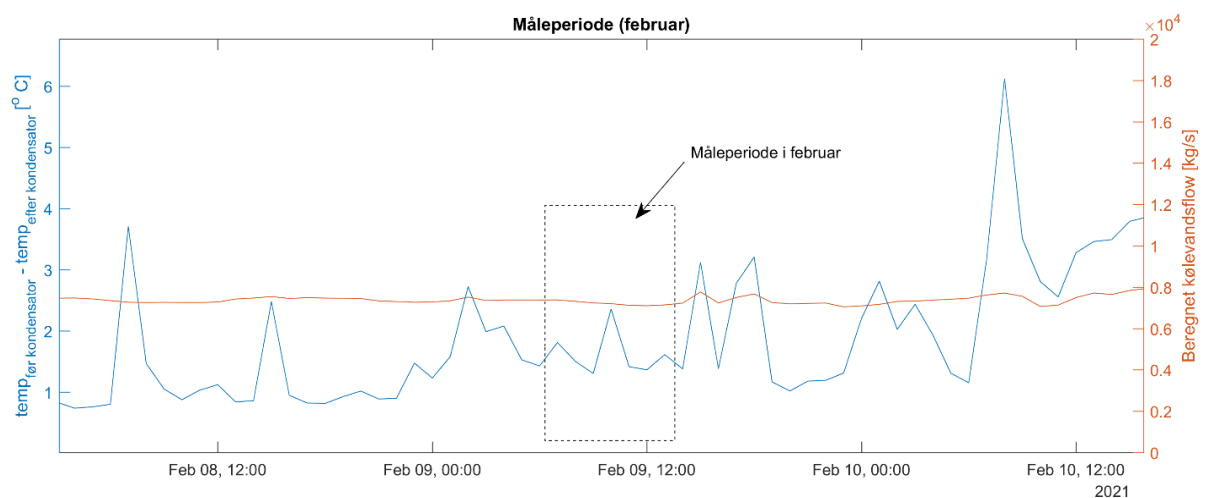
Med udgangspunkt i gengivelsen af vandstandsvariationer jf. afsnit 5.3.1, som bl.a. er styrende for strømforholdene, samt vandudskiftningen og strømforhold, vurderes det, at modellen er tilstrækkelig i stand til at estimere de lokale strømforhold ved Nordjyllandsværket.

5.3.3 Kalibrering/validering af lokale vandtemperaturforhold

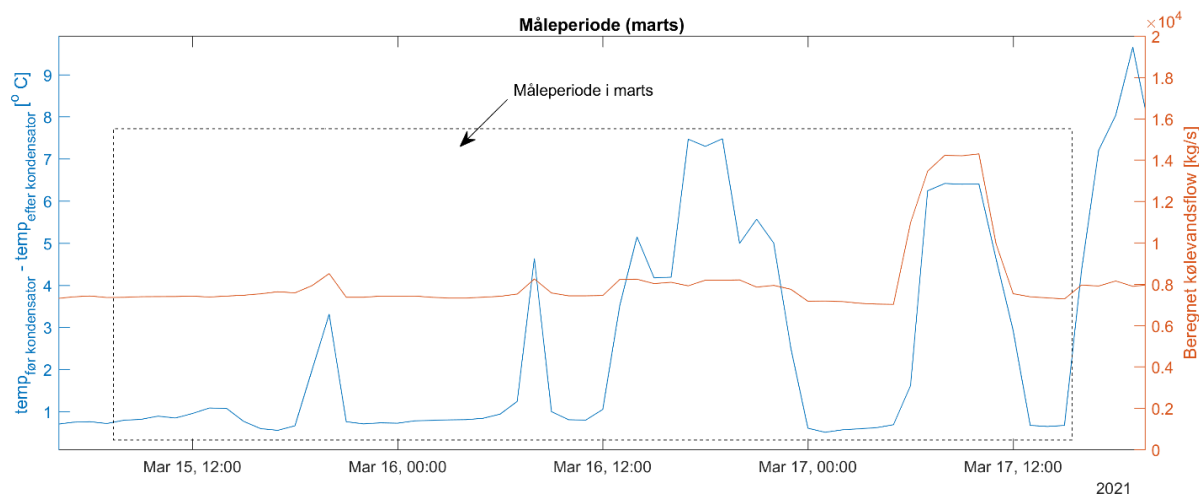
Der tages udgangspunkt i den hydrauliske model og modelopsætning, der er kalibreret og valideret ift. vandstand, vandføring og strømforhold jf. afsnit 5.3.1 og 5.3.2.

Modelberegningerne ift. kalibrering/ -validering af temperaturforholdene er generelt gennemført med en konstant baggrundstemperatur i hele Limfjorden, dvs. der er ikke inkluderet dybde- eller lokalitetsvarierende temperaturer i de anvendte rand-forceringsdata. Den eneste "kilde", der har en anden temperatur, er returvandet fra Nordjyllandsværket. Dette vurderes i overvejende grad at være i overensstemmelse med de faktiske forhold idet temperaturvariationen ned gennem vandsøjlen og mellem de to yder-transekter E3 og W3 er lille jf. afsnit 4.4. Lokalt omkring Nordjyllandsværket vil nogle driftsforhold dog kunne give anledning til lokale temperaturfaner, hvilket fremgår af afsnit 4.4.1 og specifikt figur 4-13.

Modelkalibreringen ift. at kunne gengive lokale temperaturforhold er gennemført for perioden, hvor der køres kondensdrift og hvor der forekommer projektspecifikke måledata. Sammenhæng mellem driftsdata for blok 3 samt måleperioder er vist på figur 5-10 og figur 5-11.



Figur 5-10: Driftsdata for blok 3 i perioden 08.02.2021 – 10.02.2021, hvor der den 9. februar 2021 blev gennemført målinger af temperaturen i hele vandsøjlen i udvalgte punkter. Målingerne er ikke gennemført som tidsseriemålinger, men blot punktmålinger indenfor det angivne tidsrum.

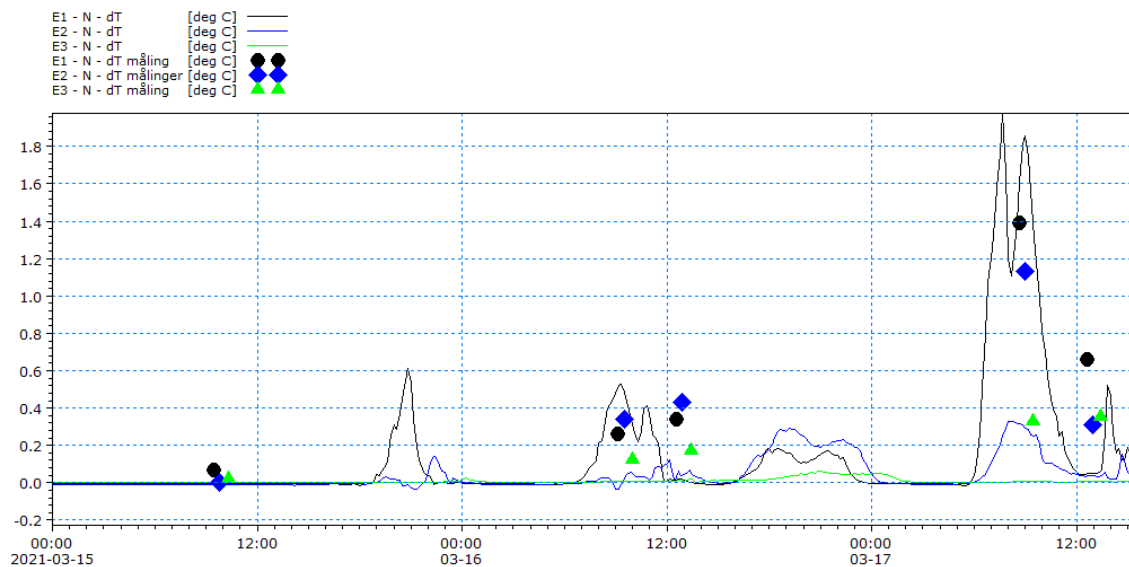


Figur 5-11: Driftsdata for blok 3 i perioden 15.03.2021 – 18.03.2021, hvor der i perioden den 15. marts – 17. marts er gennemført 5 måleserier i udvalgte punkter langs transekterne. Målingerne er ikke gennemført som tidsseriemålinger men blot punktmålinger indenfor det angivne tidsrum.

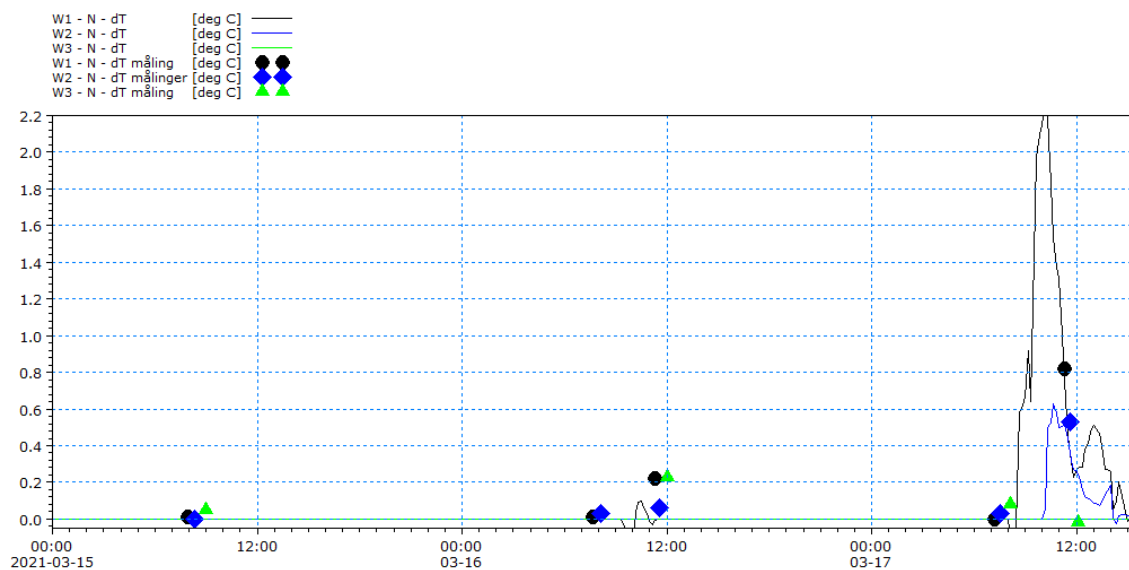
Kalibrering/validering af temperaturforhold i modellen er foretaget for punkter beliggende hhv. nord, midt, og syd i hvert af de seks måle-transekter (tre transekter på hver side af havvandsudløbet). En illustration af de omtrentlige kalibrerings-/validerings-punkter fremgår af figur 5-7. Temperaturmålingerne er overvejende gennemført for hele vandsøjlen, hvormed evt. dybdevariation kan detekteres. Idet måledata har vist, at det primært er for perioden, hvor blok 3 har kørt kondensdrift, at der kan registreres temperaturforskel ned gennem vandsøjlen, er kalibrering/validering primært gennemført for denne periode.

Modellen ift. gengivelse af temperaturforholdene ned gennem vandsøjlen er kalibreret baseret på temperaturforskellen, dT , mellem den øvre og den nedre del af vandsøjlen, hermed opnås grundlag for en relativ sammenligning af temperaturvariationen uafhængig af baggrunds-temperaturen, der ikke kendes med sikkerhed. De målte vandtemperaturer er dermed efterbehandlet således at der er bestemt forskelle i vandtemperaturer imellem den øverste halvdel- og den nederste halvdel af vandsøjlen. Det samme er gjort for de modellerede data. Der er således ikke foretaget en "korrektion" af målte eller modellerede data ift. at tage hensyn til en evt. naturlig temperaturvariation jf. afsnit 4.4, idet der ikke haves tilstrækkeligt datagrundlag herfor.

Hhv. målte og modellerede temperaturforskelle for transekt E1, E2, E3 (målepunkt nord) er vist i figur 5-12 og tilsvarende for de vestlige transekter i figur 5-13. Resterende sammenligninger er vist i bilag 2.



Figur 5-12: Sammenligning imellem målte- og modellerede temperaturforskelle mellem øvre og nedre lag for det nordligste målepunkt i hver af de tre østlige transekter E1, E2 og E3.



Figur 5-13: Sammenligning imellem målte- og modellerede temperaturforskelle mellem øvre og nedre lag for det nordligste målepunkt i hver af de tre vestlige transekter W1, W2 og W3.

Ved at sammenligne figur 5-11 med figur 5-12 fremgår det, at modellen generelt er i stand til, med relativ god nøjagtighed, at gengive udsving i temperaturforskelle i vandsøjlen tæt ved udløbet.

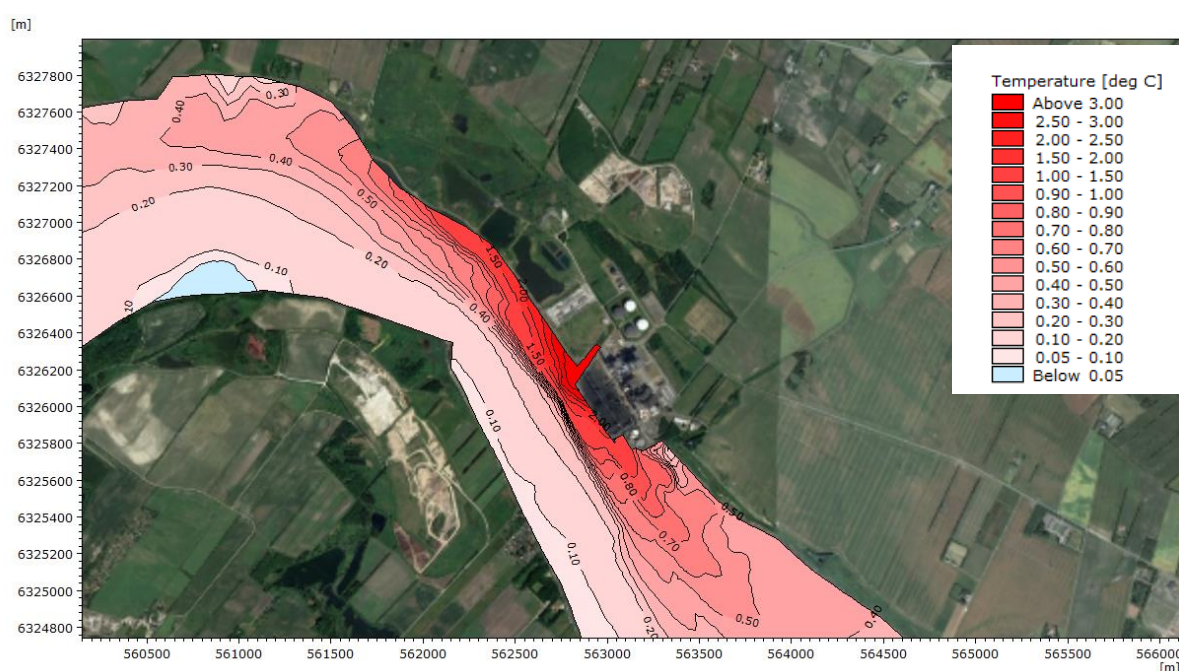
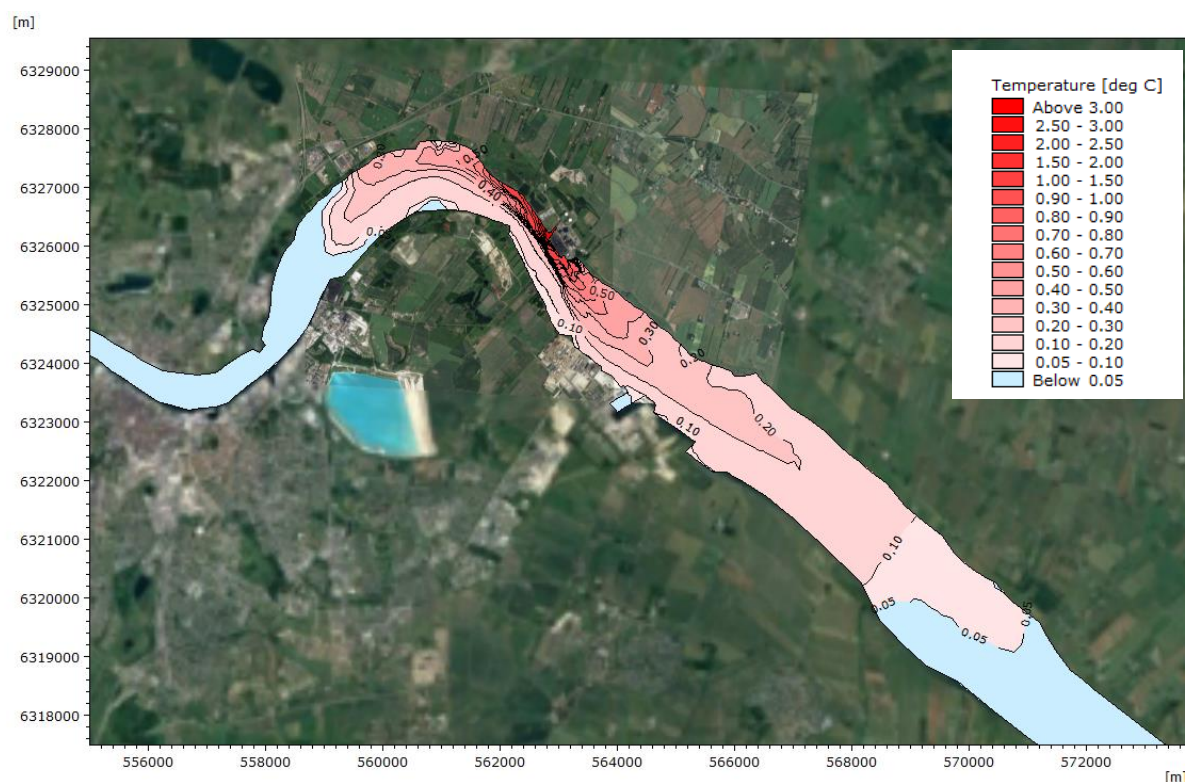
Ved sammenligning imellem målte- og modellerede temperaturforskelle mellem øvre og nedre vandmasser, dT, (figur 5-12 og figur 5-13 samt tilsvarende figurer i bilag 2) fremgår det, at der i overvejende grad er overensstemmelse mellem modellerede og målte temperaturforskelle for de perioder, hvor der udledes store mængder opvarmet returvand (kondensdrift) og hvor der således opstår denne dybdeviation.

I perioder med normal drift og/eller i områder med større afstand til Nordjyllandsværket viser både modelresultater og målinger at temperaturen i overvejende grad svarer til den naturlige baggrundstemperatur, dvs. nogenlunde ensartet i hele vandsøjlen med $dT \sim 0^{\circ}\text{C} - 0,3^{\circ}\text{C}$, jf.

afsnit 4.4. F.eks. fremgår det af figur 5-12 at $dT = 0,3^{\circ}\text{C}$ ved E3-N, hvorimod modelresultaterne viser $dT=0^{\circ}\text{C}$. Dette vurderes overvejende at skyldes forudsætningen om, at anvende konstant baggrundstemperatur i hele modelområdet.

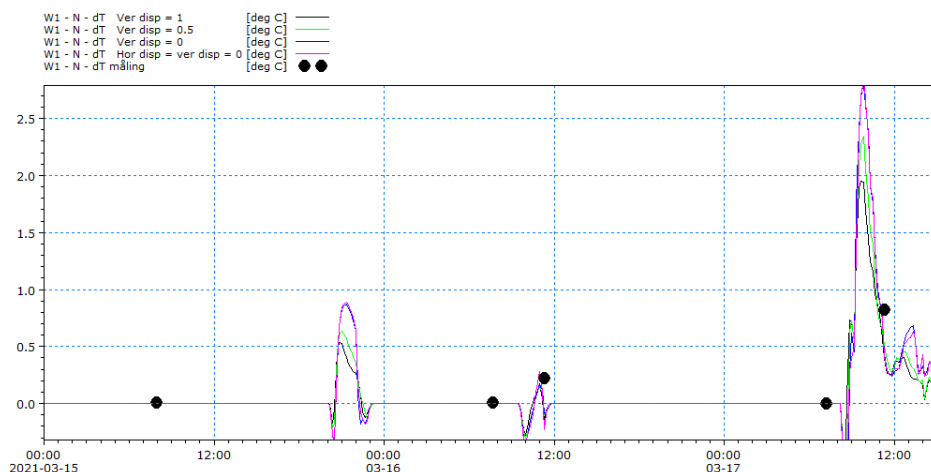
Det anbefales, til evt. videre analyser, at der opnås yderligere temperaturmålinger meget lokalt i området imellem indtag og udløb ift. at sikre, at modellen ikke dæmper vandtemperaturen. Hvorvidt dette er tilfældet, er der med det tilgængelige data ikke grundlag for at analysere yderligere.

Figur 5-14 viser den modellerede maksimale udbredelse af det opvarmede returvand for perioden 10. marts – 18. marts, hvor blok 3 i dele af perioden kørte kondensdrift med udledning af store mængder ekstra opvarmet returvand. Som det fremgår af figuren, strækker påvirkningsområdet sig i hele Limfjordens bredde i området omkring Nordjyllandsværket, men den største temperaturpåvirkning forekommer dog i den nordlige del af Limfjorden lokalt omkring Nordjyllandsværket.



Figur 5-14: Den maksimale udbredelse af det opvarmede returvand fra drift af blok 3 i simuleringsperioden 10.-18. marts 2021 (øverst) og zoom af området omkring Nordjyllandsværket (nederst). Temperaturpåvirkningen er for den øverste halvdel af vandsøjlen. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

Modelkalibreringen har vist, at de modellerede temperaturvariationer ikke er følsomme overfor den horisontale dispersion og kun i mindre grad overfor den vertikale dispersion, se figur 5-15. Det vurderes dermed at temperaturforholdene og -spredning primært hovedsageligt skyldes advektion (strømning) og ikke dispersion.



Figur 5-15: Sammenligning imellem målte- og modellerede temperaturforskelle mellem øvre og nedre lag for det nordligste målepunkt i hver af de tre vestlige transekter W1, W2 og W3 for forskellige modelindstillinger af hhv. horizontal og vertikal dispersion.

5.3.4 Opsummering: Modelkalibrering

Der er opstillet en numerisk MIKE 3 model til simulering af strøm-, vandstands- og temperaturforhold i Limfjorden generelt og regionalt/lokalt omkring Nordjyllandsværket specifikt. Det vurderes, at den kalibrerede/validerede model stadig kan være behæftet med nogen usikkerhed, men at modellen (inkl. anvendte scenarier) er tilstrækkelig repræsentativ ift. at opnå resultater/tendenser/konklusioner jf. de præsenterede formål i afsnit 1.

Modellens usikkerheder ift. formålet med at vurdere på påvirkningen af vandtemperaturen (lokalt og regionalt), som følge af driften af Nordjyllandsværket (blok 3/ havvandsvarmepumpen) imødekommes i høj grad ved (nærmere beskrevet i afsnit 6):

- At gennemføre relativt konservative modelscenarier, med høje og langvarige temperaturdifferenser for både blok 3 og havvandsvarmepumpe.
- At gennemføre supplerende robusthedsmodelberegninger ift. udvalgte parametre.
- At anvende en relativt lav baggrundsvandtemperatur (svarende til vinterperioden), som vil give anledning til højere temperaturdifferenser i udbredelsen af returvandsfanen.

Estimerede temperaturpåvirkninger fra havvandsvarmepumpen og blok 3 bør desuden betragtes relativt ift. hinanden, og således vil sammenligningen være mindre følsom overfor modelusikkerheder, da disse potentielt er inkluderet i begge scenarier.

Der er i modellen ikke inkluderet temperaturudveksling med atmosfæren. Denne effekt er dog indledningsvist vurderet til at være af lille betydning, grundet den høje vandudskiftning i Langerak. Desuden er effekten ikke inkluderet i hverken eksisterende- og fremtidige situation, hvormed potentielle usikkerheder til en vis grad udlignes.

Modellens egenskaber ift. formålet med at vurdere om der er tendens til/risiko for kortslutning vurderes at være tilfredsstillende, da modelvalideringen har vist, at modellen i højere grad er i stand til at genskabe temperaturpåvirkningerne lokalt omkring Nordjyllandsværket (dvs. omkring transekt E1 nord og W1 nord). Desuden er kortslutningsanalyserne gennemført for et vurderet konservativt driftsscenario samt suppleret med udvalgte følsomhedsanalyser (dette beskrives nærmere i afsnit 7).

6. VANDTEMPERATURPÅVIRKNING FRA DRIFT AF HHV. BLOK 3 OG HAVVANDSVARMEPUMPEN

Formålet med analysen af udbredelse af returvand er, som tidligere nævnt, at undersøge den relative temperaturpåvirkning af Limfjorden både lokalt omkring Nordjyllandsværket samt hhv. øst- og vest herfor, som følge af drift af blok 3 og/eller havvandsvarmepumpeanlægget. Output fra analysen anvendes videre som en del af grundlaget for efterfølgende miljøvurderinger.

I det følgende præsenteres temperaturpåvirkninger som følge af driften af Nordjyllandsværk for blok 3 (eksisterende forhold) og havvandsvarmepumpen (fremtidige forhold). Til analysen af spredning af returvand tages der udgangspunkt i de beskrevne hydrodynamiske- samt driftsscenarier beskrevet i afsnit 5.1.1.

Resultaterne fra analyse af udbredelsen af returvandet vises som dybdemidlede arealplots for de udvalgte hydrodynamiske scenarier. Areal-plottene viser statistiske temperaturændringer i en given periode for:

1. Drift af blok 3
2. Drift af havvandsvarmepumpen

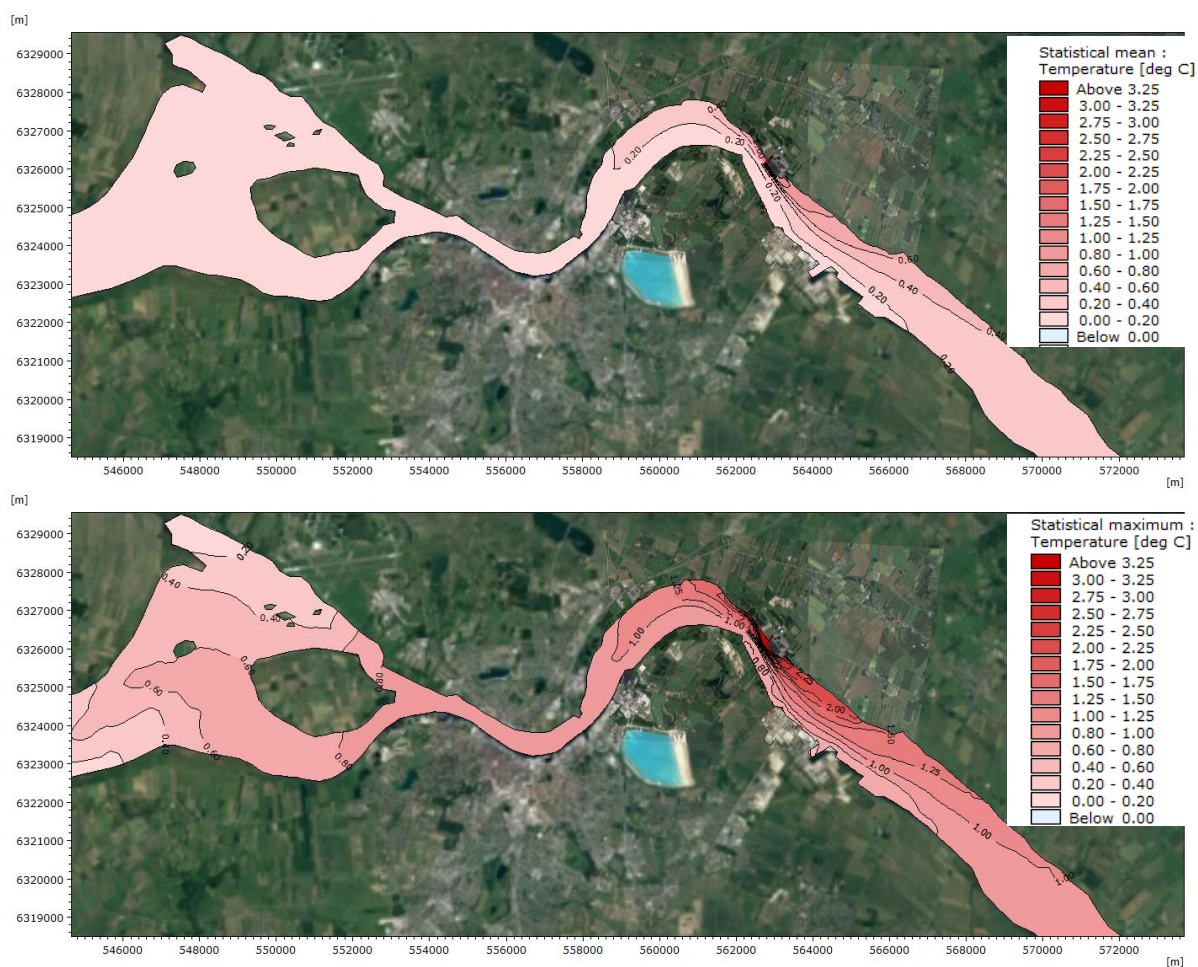
6.1 Temperaturpåvirkning fra drift af blok 3

Figur 6-1 – figur 6-3 viser den estimerede temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 under konservative driftsforhold (høj udledningstemperatur i en længere periode) og for hydrodynamiske scenarier med hhv. dominerende tidevandsforhold, samt forhold med netto-østgående strøm og netto-vestgående strøm. Hvert af de hydrodynamiske scenarier har en varighed på en måned. Det er vigtigt at forstå, at hverken middel- eller maksimum temperaturpåvirkningerne forekommer samtidigt i hele området, men er derimod et udtryk for statistiske resultater hen over måneden.

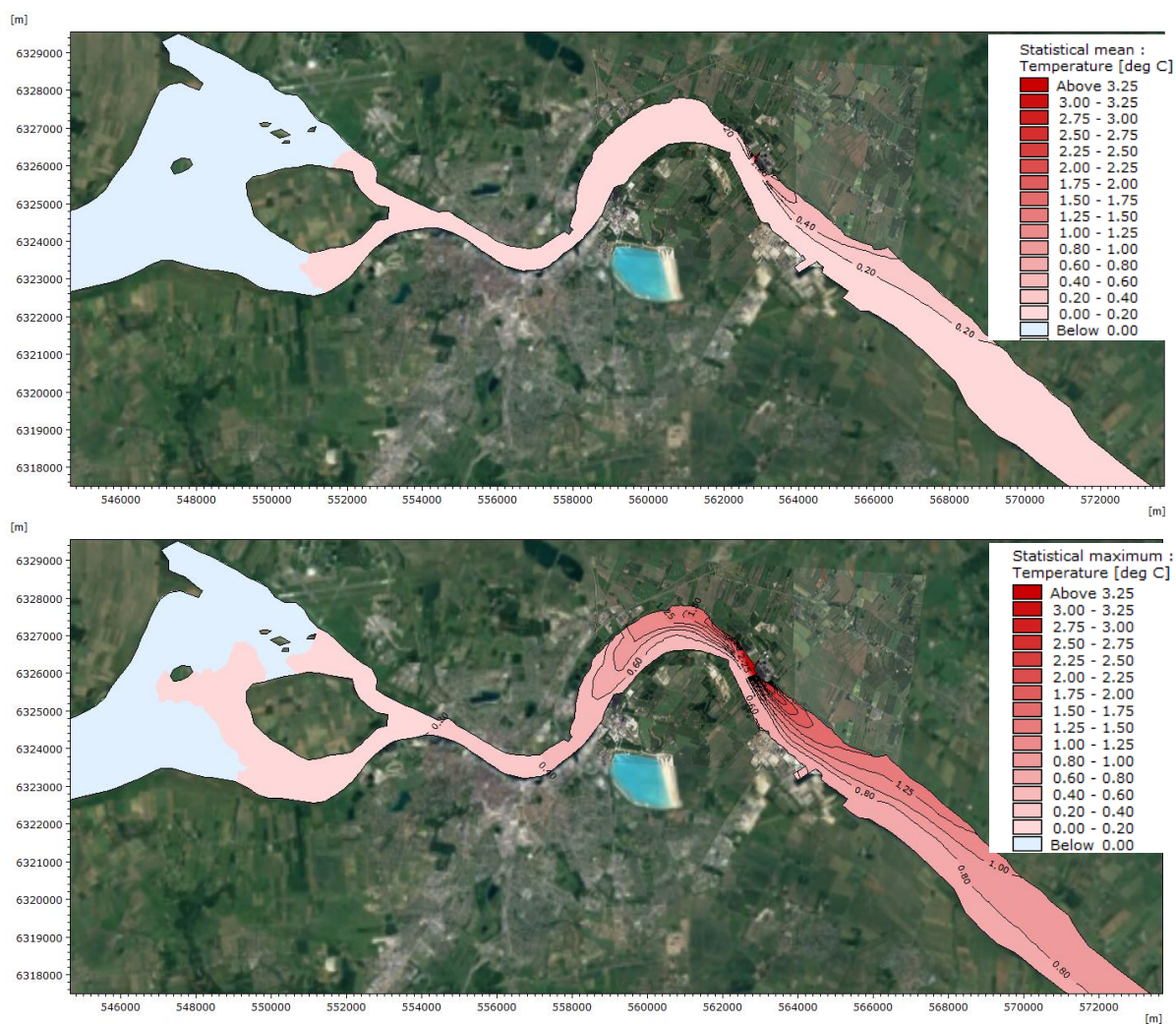
I figur 6-4 er tilsvarende estimater for det driftsscenarie, der repræsenterer mere normal drift af blok 3 vist.

Scenarierne med hhv. dominerende tidevandsforhold og netto-østgående strøm giver anledning til, at temperaturpåvirkningen centrerer omkring Nordjyllandsværket, hvor en estimeret temperaturpåvirkning på $+1^{\circ}\text{C}$ (statistisk maksimum) strækker sig ca. 10 km mod øst og ca. 5 km mod vest, og en estimeret middelændring på $+0,5^{\circ}\text{C}$ forekommer i området omkring Nordjyllandsværket og op til ca. 5 km mod øst. Temperaturpåvirkningen er relativ ift. til baggrundsvandtemperaturen, dvs. ændring ift. den "naturlige" baggrundstemperatur. Ved netto-vestgående strøm kan $+1^{\circ}\text{C}$ (statistisk maksimum) forekomme i en afstand på mere end 10 km fra Nordjyllandsværket, mens en middelændring på op til ca. $0,5^{\circ}\text{C}$ kun forekommer lokalt omkring Nordjyllandsværket.

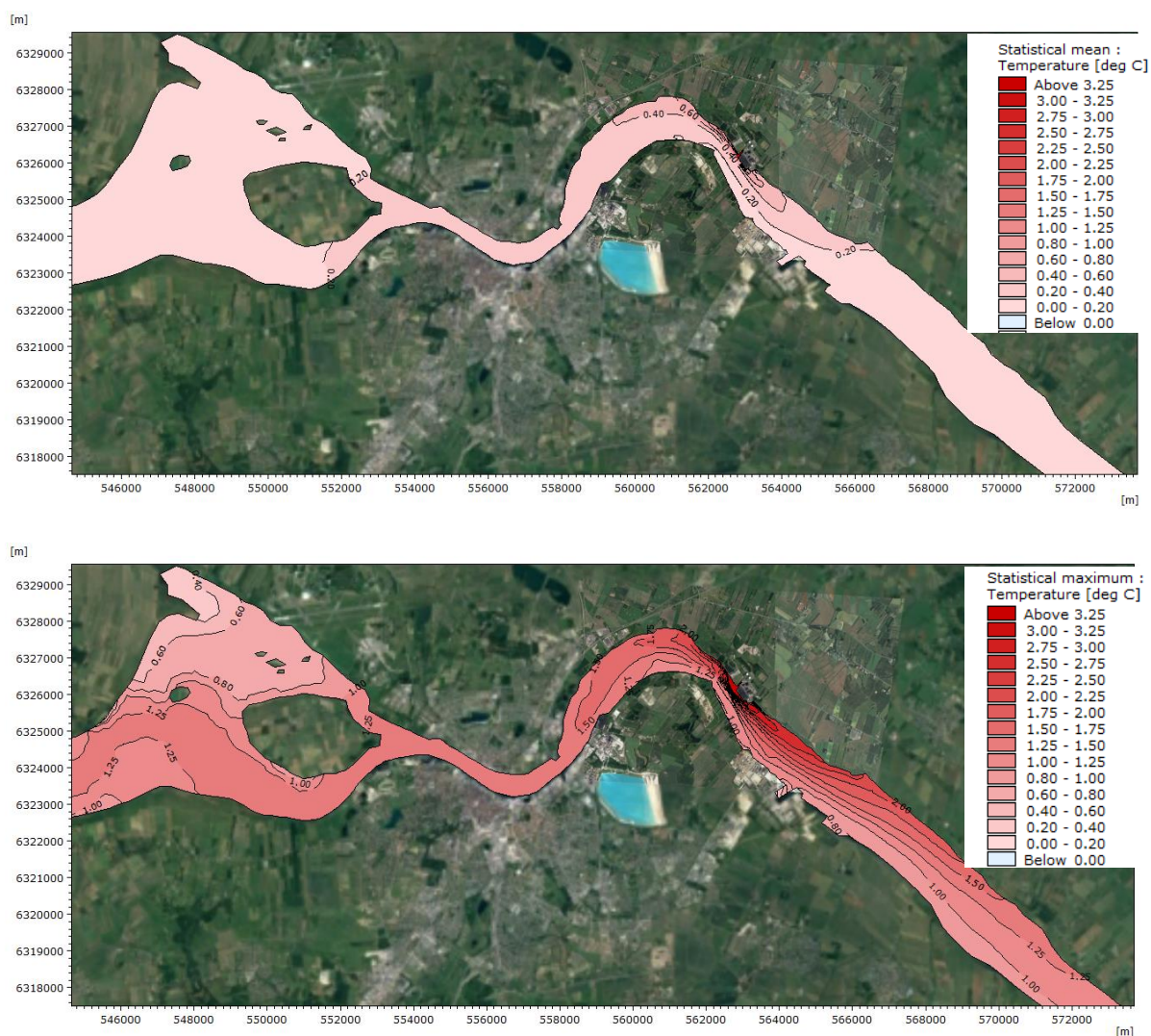
For scenariet med netto-vestgående strøm og normale driftsforhold er påvirkningsområdet signifikant mindre idet både en temperaturændring på 1°C (statistisk maksimum) og en estimeret middelændring af temperaturen på $0,5^{\circ}\text{C}$ kun forekommer lokalt omkring Nordjyllandsværket.



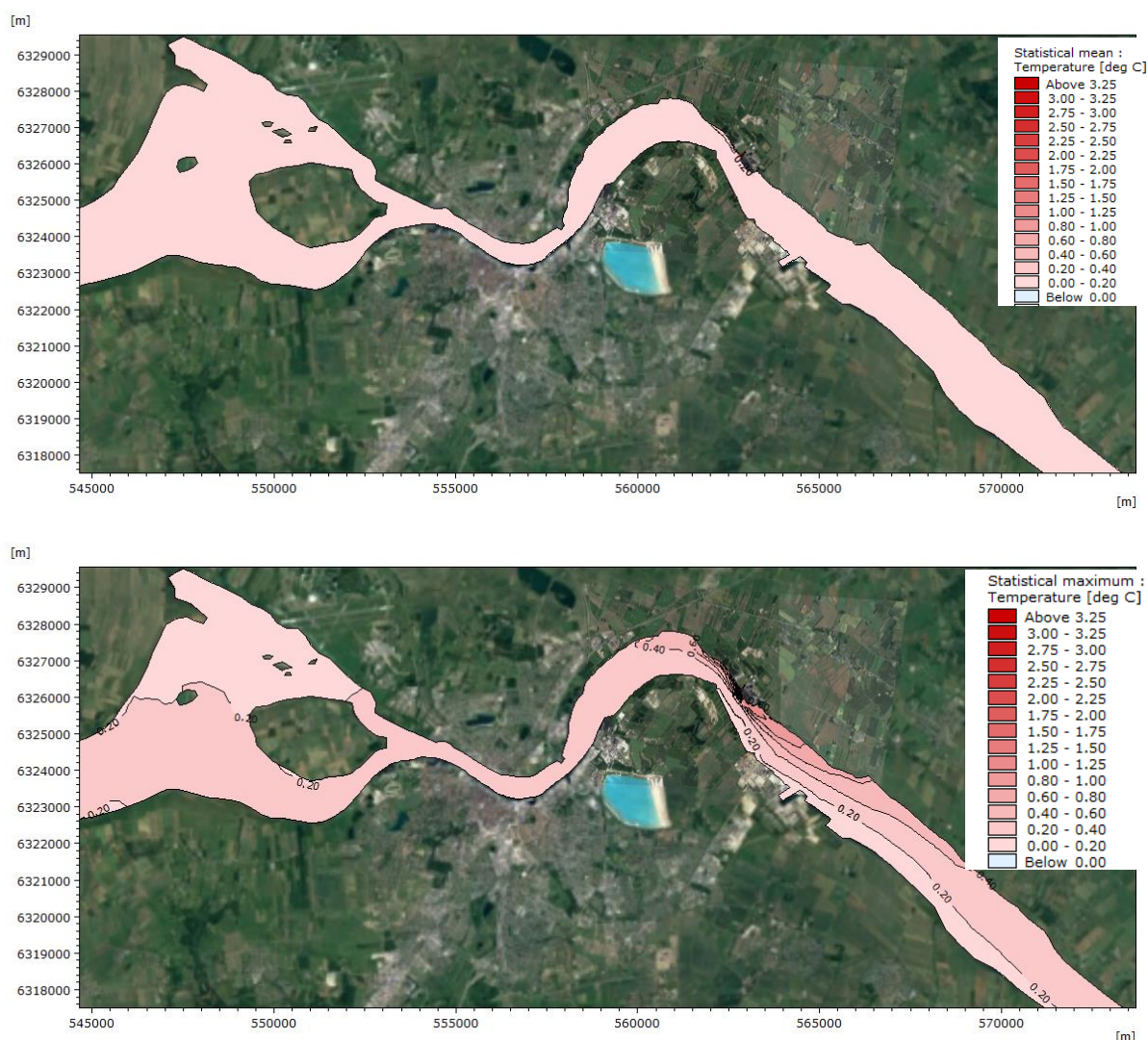
Figur 6-1: Estimeret middel (øvre) og estimeret statistisk maksimum (nedre) temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 for tilfældet med tidevandsdominerede strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere røde farver indikerer varmere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).



Figur 6-2: Estimeret middel (øvre) og estimeret statistisk maksimum (nedre) temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 for tilfældet med netto-østgående strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere røde farver indikerer varmere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).



Figur 6-3: Estimeret middel (øvre) og estimeret statistisk maksimum (nedre) temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 for tilfældet med netto-vestgående strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere røde farver indikerer varmere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

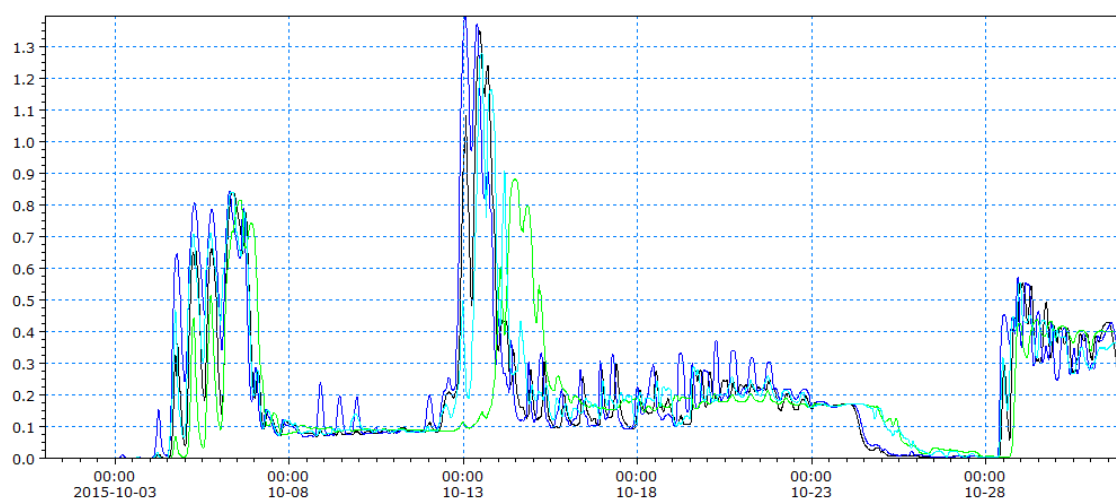


Figur 6-4: Estimeret middel (øvre) og estimeret statistisk maksimum (nedre) temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 for et scenarie der repræsenterer drift under normale forhold for et tilfælde med netto-vestgående strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere røde farver indikerer varmere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

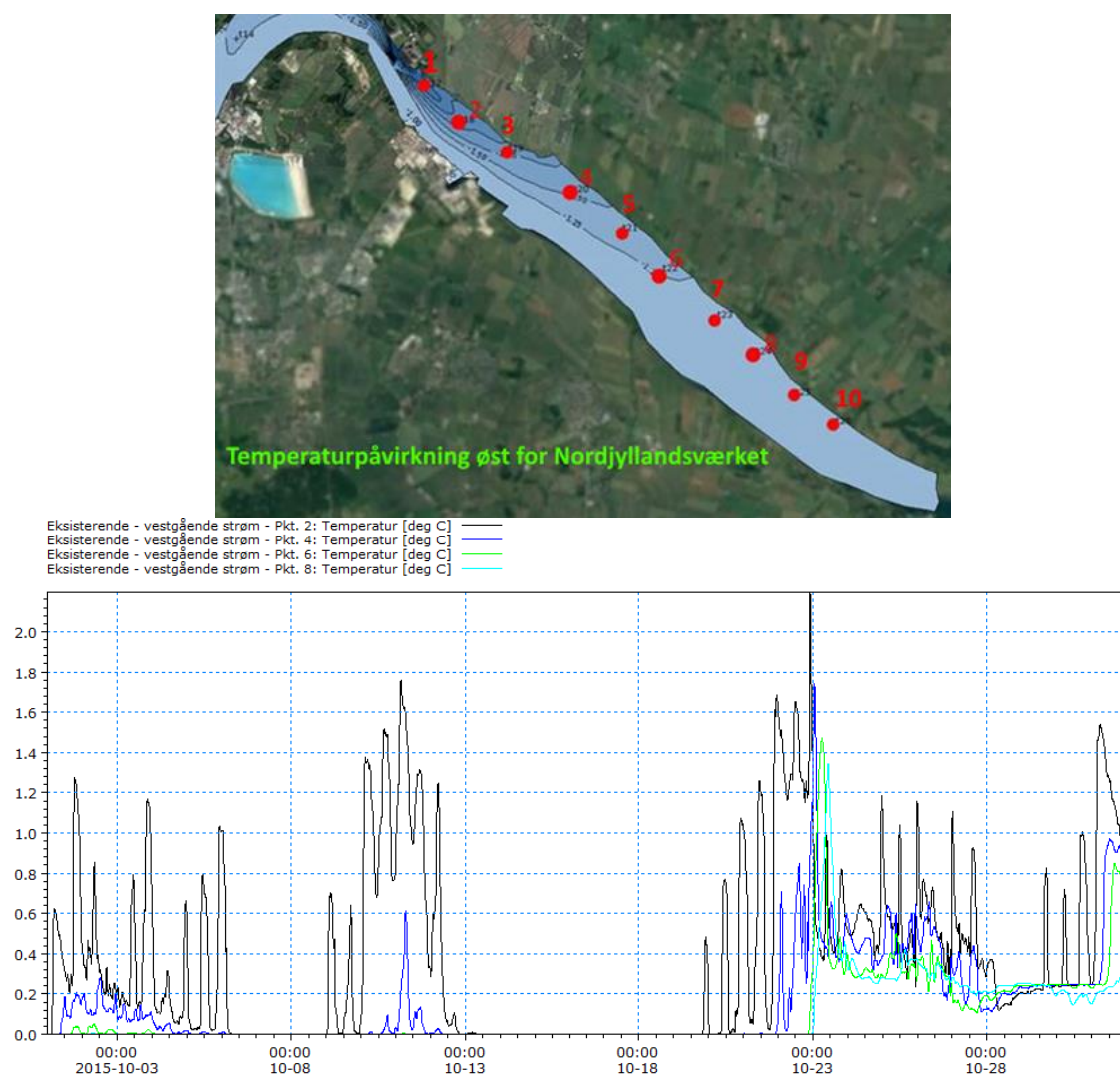
Som det fremgår af figur 6-1 - figur 6-4, er der forholdsvis stor forskel på gennemsnitlige- og maksimale estimerede temperaturpåvirkninger. Således er opvarmningen af returvandet relativt dynamisk, og maks.-opvarmningen er relativt momentan. Dette fremgår videre af figur 6-5 og figur 6-6, som viser et udtræk af estimerede temperaturpåvirkninger hhv. øst og vest for Nordjyllandsværket. Vær opmærksom på at inddelingen på y-akserne i figur 6-5 og figur 6-6 er forskellige. Af figurerne fremgår det, at den estimerede temperaturpåvirkning kun momentant er høj, hvorimod den gennemsnitlige påvirkning er langt mere reduceret. Tidsserier for de resterende hydrodynamiske scenarier fremgår af bilag 3.



Eksisterende - vestgående strøm - Pkt 6: Temperatur [deg C]
 Eksisterende - vestgående strøm - Pkt 7: Temperatur [deg C]
 Eksisterende - vestgående strøm - Pkt 8: Temperatur [deg C]
 Eksisterende - vestgående strøm - Pkt 9: Temperatur [deg C]



Figur 6-5: Udtræk af estimerede temperaturvariationer vest for Nordjyllandsværket (*nederst*) i angivne udtrækspunkter (*øverst*) for det konservative driftsscenarie kombineret med dominerende vestgående strøm. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).



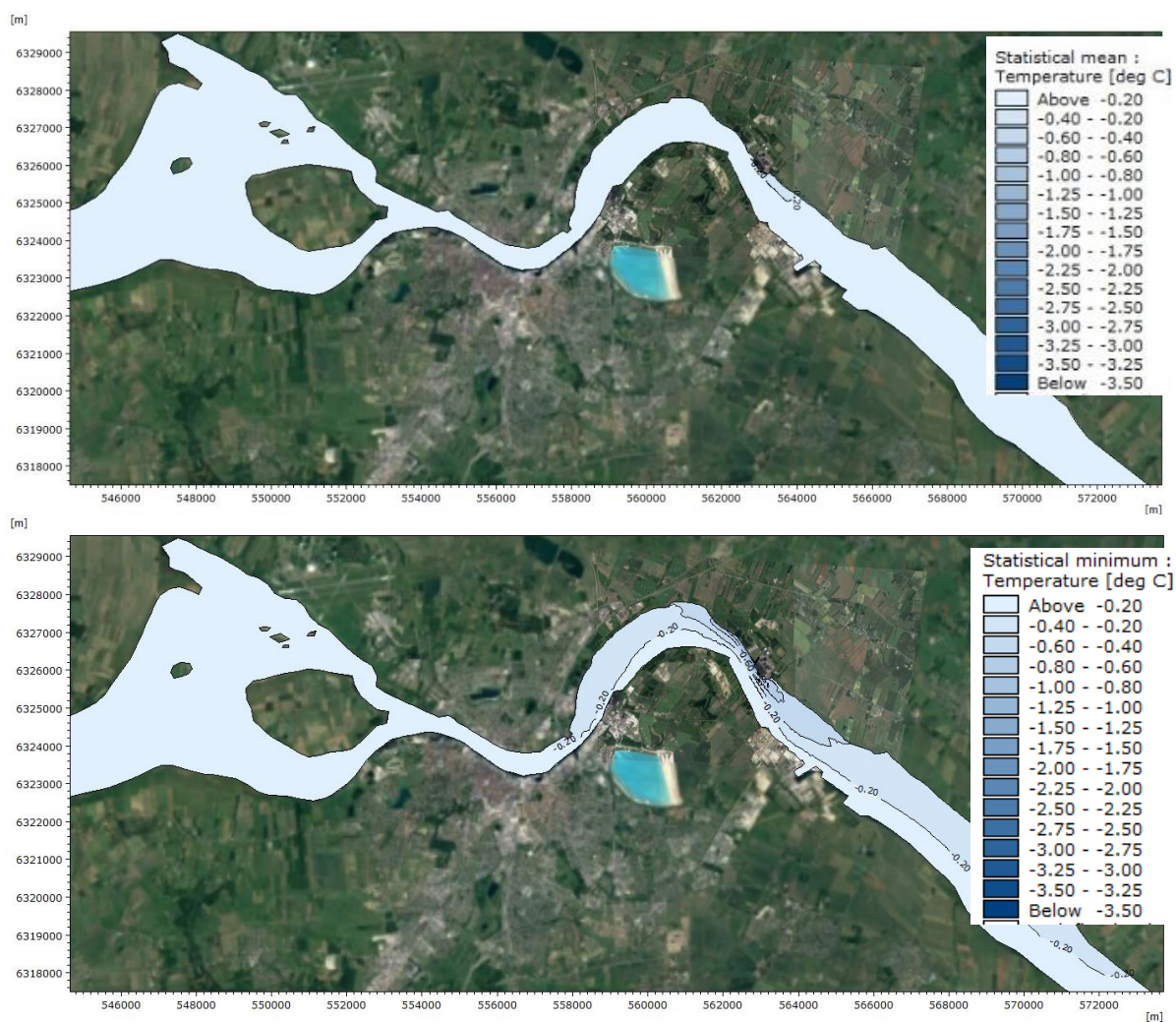
Figur 6-6: Udtræk af estimerede temperaturvariationer øst for Nordjyllandsværket (nederst) i angivne udtrækspunkter (øverst) for det konservative driftsscenario kombineret med dominerende vestgående strøm. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

6.2 Temperaturpåvirkning fra havvandsvarmepumpen

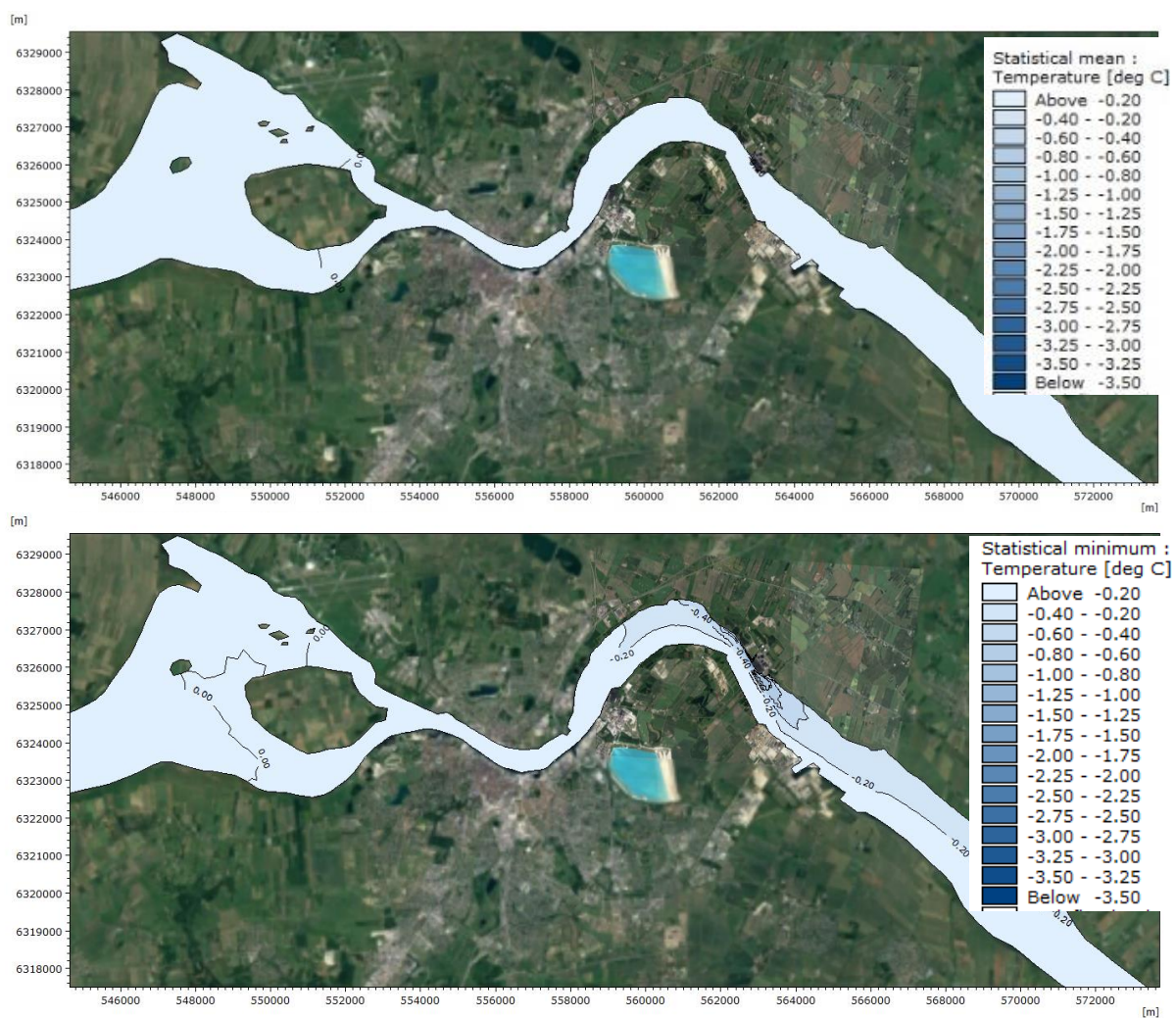
På samme vis som for analyserne af temperaturpåvirkningen for drift af blok 3 viser figur 6-7 – figur 6-9 den estimerede temperaturpåvirkning fra den planlagte havvandsvarmepumpe (150 MW) for de hydrodynamiske scenarier med hhv. dominerende tidevandsforhold, samt forhold med netto- østgående strøm og netto-vestgående strøm. Hvert af de hydrodynamiske scenarier har en varighed på en måned.

Det er vigtigt at forstå, at hverken middel- eller maksimum temperaturpåvirkningerne forekommer samtidigt i hele området, men derimod er et udtryk for statistiske resultater for den pågældende måned.

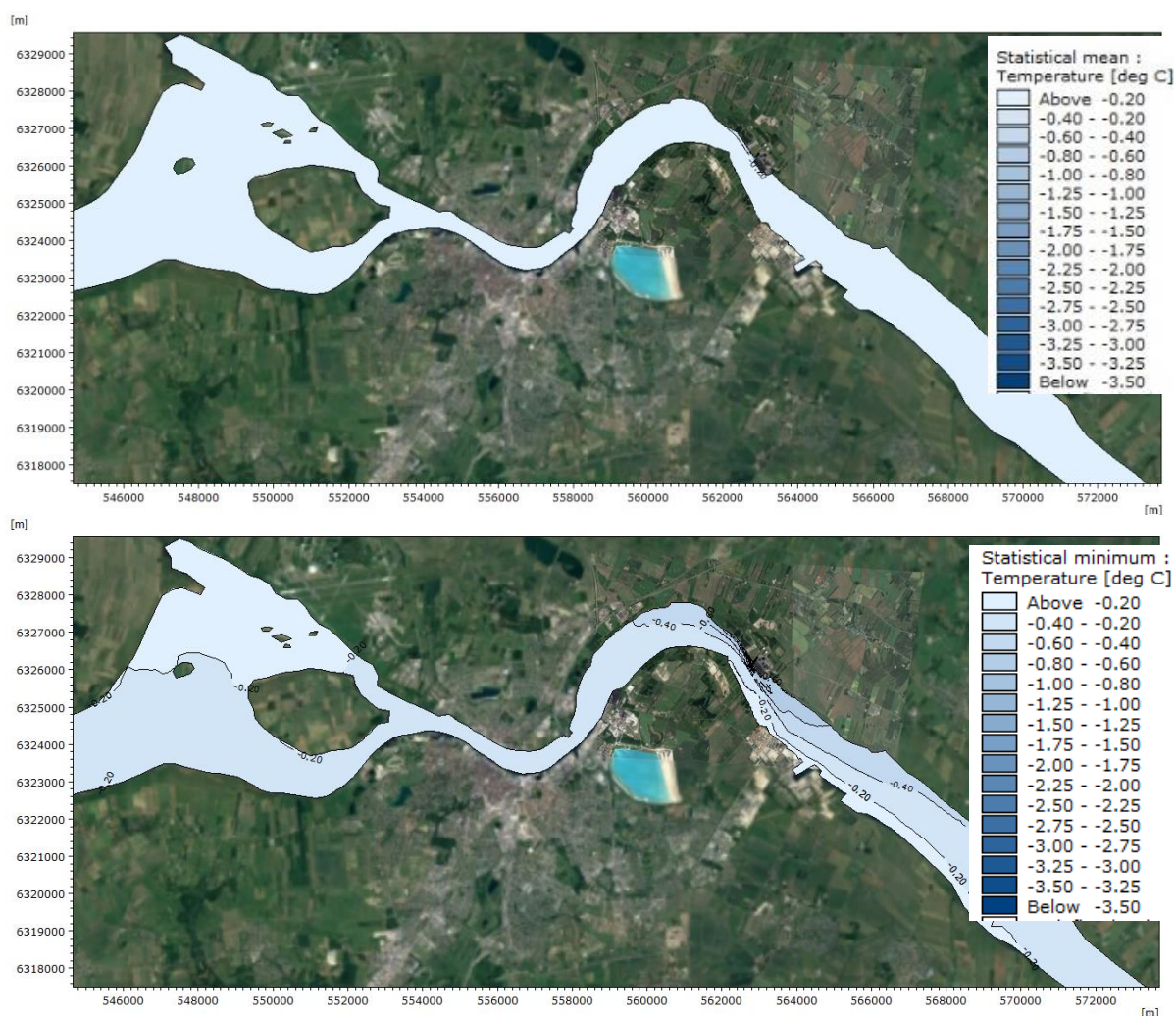
Som forventet, medfører driftsscenerierne for havvandsvarmepumpeanlægget, at temperaturpåvirkningen primært er lokal omkring Nordjyllandsværket, hvor en ændring af temperaturen på 1 °C (statistisk maksimum) er helt lokal og 0,2 °C (middel) ikke har en udstrækning på mere end 1,5 km fra Nordjyllandsværket. Temperaturpåvirkningen er relativt ift. til baggrundsvandtemperaturen, dvs. ændring ift. den "naturlige" vandtemperatur.



Figur 6-7: Estimeret middel (øvre) og estimeret statistisk minimum (nedre) temperaturpåvirkning fra den fremtidige planlagte havvandsvarmepumpe (150 MW) for tilfældet med tidevandsdominerede strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere blå farver indikerer koldere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).



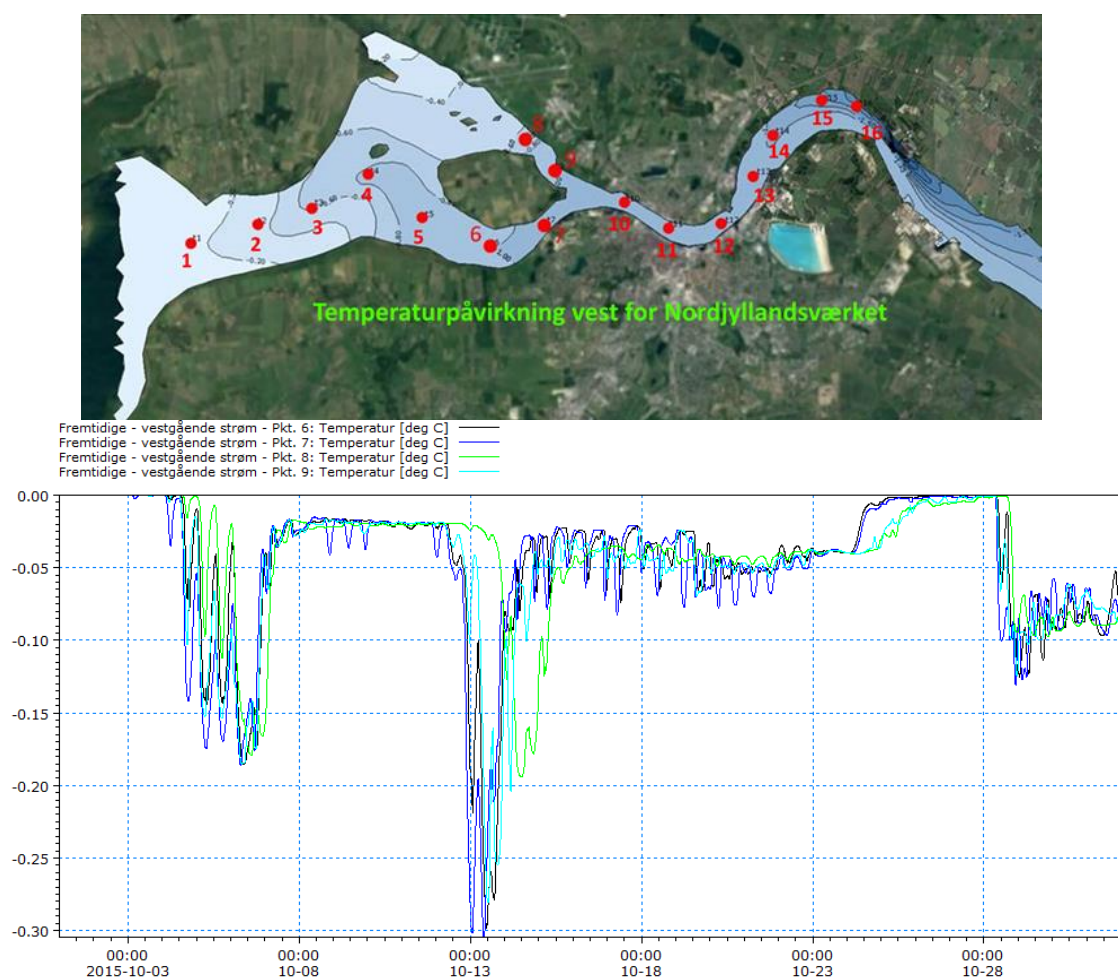
Figur 6-8: Estimeret middel (øvre) og estimeret statistisk minimum (nedre) temperaturpåvirkning fra den fremtidige planlagte havvandsvarmepumpe (150 MW) for tilfældet med dominerende østgående strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere blå farver indikerer koldere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).



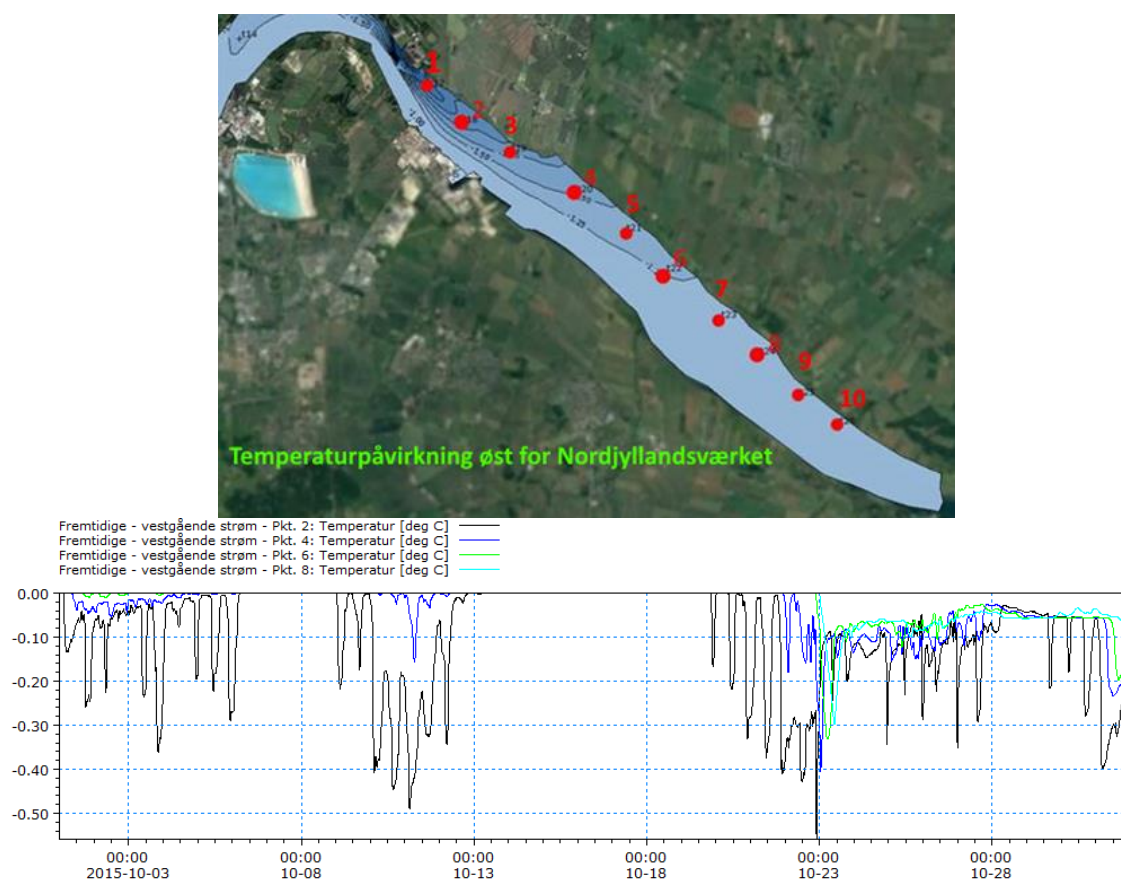
Figur 6-9: Estimeret middel (øvre) og estimeret statistisk minimum (nedre) temperaturpåvirkning fra den fremtidige planlagte havvandsvarmepumpe (150 MW) for tilfældet med dominerende vestgående strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere blå farver indikerer koldere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

Som det var gældende for drift af blok 3 og udledning af opvarmet returvand fremgår det af figur 6-7 – figur 6-9, at der er forholdsvis stor forskel på gennemsnitlige- og maksimale temperaturpåvirkninger. Nedkølingen fra havvandsvarmepumpen er relativt dynamisk og maks.- nedkølingen fra havvandsvarmepumpen er relativt momentan. Dette fremgår af figur 6-10 og figur 6-11, som viser et udtræk af temperaturpåvirkninger hhv. øst og vest for Nordjyllandsværket. Af figurerne fremgår det, at temperaturpåvirkningen kun momentant er høje, hvorimod den gennemsnitlige påvirkning er langt mere reduceret.

Tidsserier for de resterende hydrodynamiske scenarier fremgår af bilag 3.



Figur 6-10: Udtræk af estimerede temperaturvariationer vest for Nordjyllandsværket (*nederst*) i angivne udtrækspunkter (*øverst*) for scenariet med dominerende vestgående strøm. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).



Figur 6-11: Udtræk af estimerede temperaturvariationer øst for Nordjyllandsværket (nederst) i angivne udtrækspunkter (øverst) for scenariet med dominerende vestgående strøm. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

6.3 Opsummering: Regional temperaturpåvirkning fra drift af Nordjyllandsværket

Den relative påvirkning fra drift af Nordjyllandsværket skal ses i relation til den naturlige temperaturvariation i Limfjorden hen over året, som jf. figur 4-8 gennemsnitligt er ca. 7 – 8 °C (forskel imellem 99%-fraktil og 1%-fraktil).

Påvirkningen som følge af etableringen af en havvandsvarmepumpe skal desuden ses i relation til den historiske variation i udledning af opvarmet returvand fra blok 3, som jf. figur 2 3 har været signifikant. Limfjorden er således generelt påvirket af store temperaturvariationer hen over året og området omkring Nordjyllandsværket specifikt er desuden påvirket af kortvarige og mere eller mindre momentane temperaturudsving, der ved drift af blok 3 har betydet en lokal opvarmning af vandet, men som ved drift af havvarmepumpeanlægget vil betyde lokale nedkølinger eller temperatursænkninger af vandet.

7. ANALYSE AF RISIKO FOR TERMISK KORTSLUTNING

For at sikre optimal drift af havvandsvarmepumpen er det vigtigt, at indtag og udløb ikke har en sådan placering, at der sker termisk kortslutning. Dvs. at det kolde returvand fra udløbet helt eller delvist strømmer direkte hen imod indtaget, så det vand der tages ind, har en signifikant lavere temperatur end den generelle vandtemperatur.

At vandet omkring havvandsindtaget har en signifikant lavere temperatur, kan opstå som følge af følgende to bidrag, samt potentielt kombinationen af disse, som således undersøges nærmere i det følgende:

1. Konstant strømning af afkølet returvand fra udløb mod indtag (direkte termisk kortslutning):

- Jf. afsnit 4 er nettostrømningen i Limfjorden østgående, og da vandindtaget er beliggende øst for udløbet, er der således en betydende risiko for at det nedkølede returvand fra udløbet i en stor del af tiden løber direkte mod havvandsindtaget.
- Vandindtaget er nedsænket i vandsøjlen, som beskrevet i afsnit 2, hvilket potentielt kan være uhensigtsmæssigt pga. den højere densitet af det koldere vand fra udløbet.

2. Regional nedkøling af vand i området, hvilket medfører nedkølet vand ved havvandsindtag:

- Jf. afsnit 4 er vandstrømningen i Limfjorden, på trods af en generel netto-østgående strøm, styret af tidevand. Dvs. at det nedkølede vand fra udløbet af havvandsvarmepumpen periodisk strømmer både øst/vest. Således kan det nedkølede vand fra udløbet f.eks. indledningsvist strømme mod vest, hvor der sker en vis opblanding, hvorefter strømmen vender og det afkølede vand føres mod øst og op mod indtaget.

7.1 Indledende følsomhedsvurderinger ifm. kortslutningsanalyse

Til analysen af temperaturforholdene ved havvandsindtaget er der indledningsvist gennemført følgende følsomhedsanalyser ift. at sikre "konservative" forudsætninger for modelberegningerne:

- Vurdering af mest kritiske strømforhold ift. potentiel termisk kortslutning.
- Betydningen af den vertikale termisk opblanding.

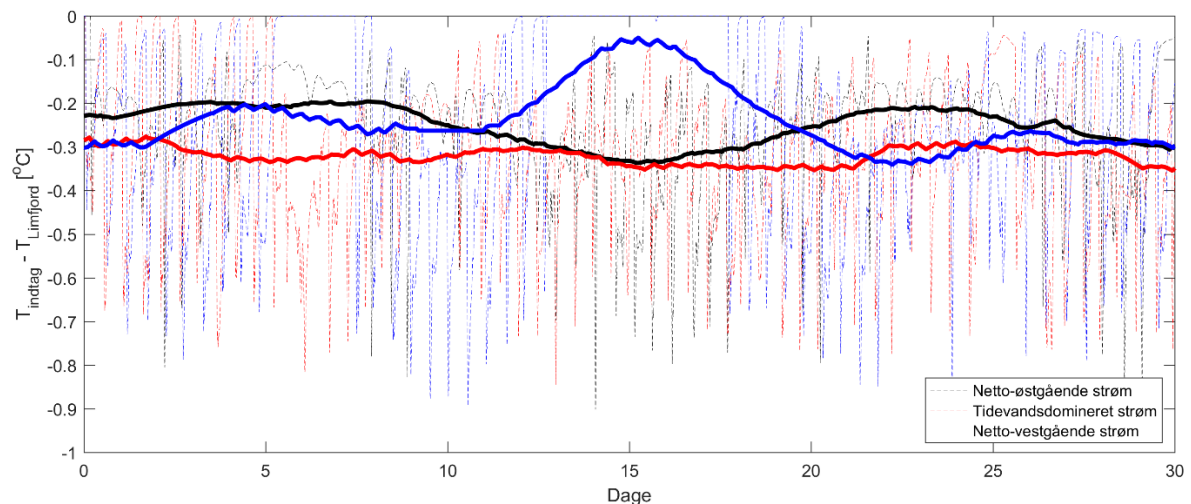
Der tages udgangspunkt i de hydrodynamiske- og driftsscenarier, der er præsenteret i afsnit 5.1.2. Efterfølgende (i afsnit 7.2) præsenteres estimer for den potentielle termiske kortslutning, for udvalgte scenarier, baseret på den kalibrerede model jf. afsnit 5.3.

7.1.1 Følsomhed af temperaturreduktion ved havvandsindtag overfor forskellige strømforhold

Følsomhedsanalysen sammenligner temperaturforhold ved havvandsindtaget (på en vanddybde svarende til koten for indtaget) for de tre strømscenarier, der er præsenteret i afsnit 5.1.1.

En sammenligning af temperaturen ved indtaget er illustreret i figur 7-1. Følsomhedsanalysen er baseret på den kalibrerede model jf. afsnit 5.3, dog med lidt grovere beregningsnet, hvilket medfører, at temperaturforholdene for scenarierne i figur 7-1 alene kan anvendes til relative sammenligninger (dvs. sammenligninger af de forskellige strømscenarier).

Til simuleringerne forudsættes en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4°C (hvilket ca. svarer til den gennemsnitlige vandtemperatur i månederne december, januar, februar). Som det fremgår af figur 7-1, medfører den tidevandsdominerede periode umiddelbart den største reduktion af vandtemperaturen ved indtaget.

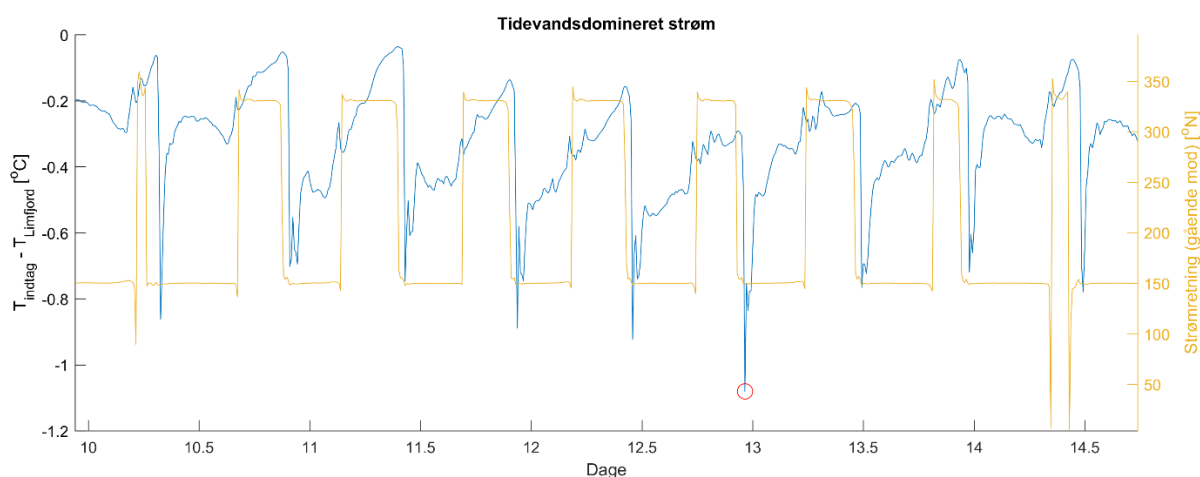


Figur 7-1: Indledende sammenligning af temperatur ved indtag (relativt ift. baggrundstemperaturen i Limfjorden) for vekslende strømscenarier. Stiplede linjer er med en løbende tidsmidling på en time, og fuldt optrukne linjer er med en løbende tidsmidling på en uge. Bemærk at temperaturreduktioner i figuren udelukkende kan betragtes relativt.

Med henblik på at opnå en bedre forståelse af dynamikken ift. temperaturreduktionen ved vandindtaget er den relative temperaturreduktion samt strømretning for scenarierne med hhv. tidevandsdomineret strøm samt netto-østgående strøm vist i figur 7-2 samt figur 7-3.

Simuleringerne er gennemført med samme forudsætninger som nævnt ovenfor dvs. en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4°C og med en $\Delta t = -2^\circ\text{C}$ og vandføring 13,04 m³/s, svarende til COP=3,5 for 150 MW havvandsvarmepumpen.

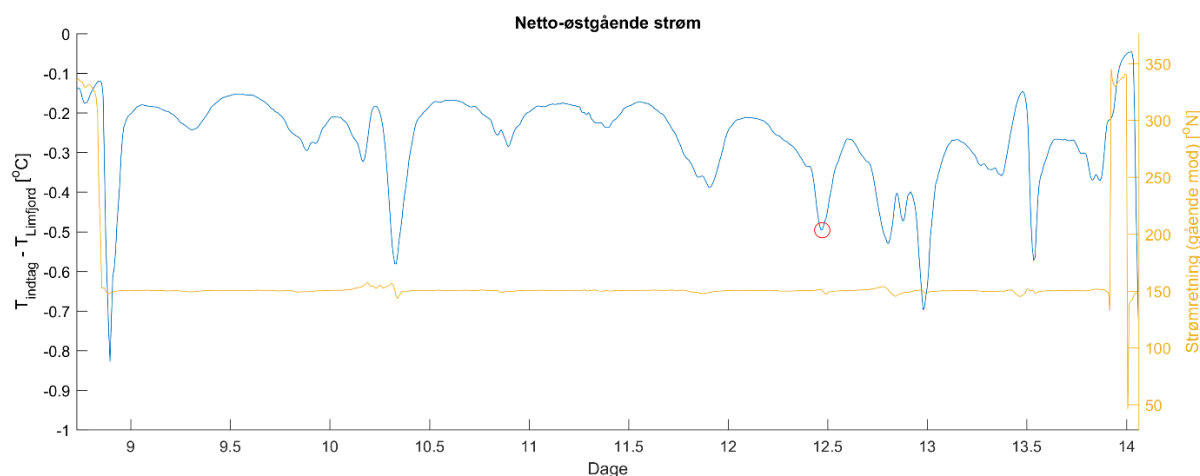
Som det fremgår af figur 7-2, sker der et dyk i vandtemperaturen ved havvandsindtaget, når strømmen vender fra vestgående til østgående, hvorefter den langsomt stiger. Dette indikerer, at det ikke er den østgående strøm, der i sig selv medfører den største temperaturreduktion ved indtaget, men derimod, at der er tale om en kombination af den forudgående nedkøling af vand, som tidligere er løbet mod vest, og som efterfølgende (når strømmen vender) returnerer mod havvandsindtaget og således nedkøler vandet her (dvs. kombination imellem lokal og regional nedkøling). I takt med at det nedkølede vand opstrøms (vest for indtaget) er løbet forbi havvandsindtaget, opvarmes vandet langsomt ved indtaget.



Figur 7-2: Variation af relativ temperaturreduktion ved havvandsindtag, samt strømretning ved havvandsindtag, i tilfælde med tidevandsdomineret strøm.

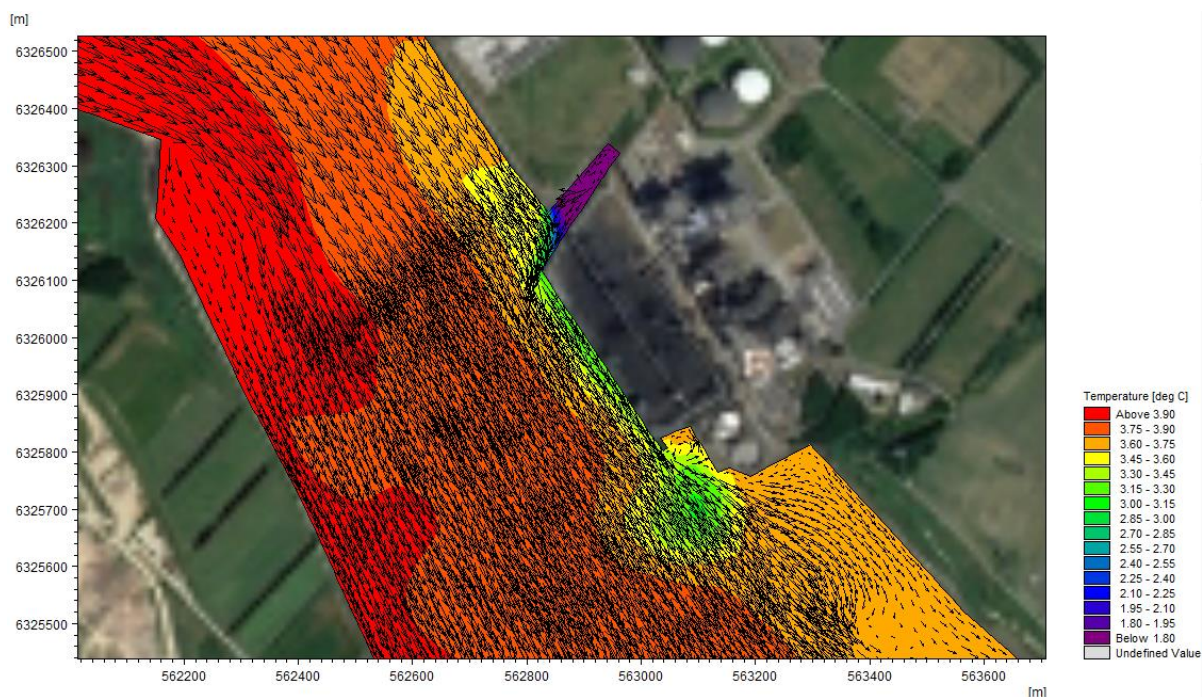
Som det fremgår af figur 7-3, er strømmen i den viste periode østgående i længere tid, dvs. at den normale periodiske vestgående strøm, som følge af tidevand, ophæves af effekten fra bl.a. vind samt højvandstand i den vestlige del af Limfjorden, hvormed nettostrømretningen er østgående.

På trods af den længerevarende periode med østgående strøm, reduceres vandtemperaturen ved indtaget umiddelbart ikke til et lavere niveau, sammenlignet med de tidevandsdominerede forhold i figur 7-2, da der ikke haves den førnævnte effekt fra returnerende nedkølet vand opstrøms for indtaget. Der kan dog observeres variationer i vandtemperaturen med ca. 6 timers mellemrum, som formentlig skyldes variationer i strømhastigheden, som følge af tidevand. På samme vis som i figur 7-2 kan det ses, at temperaturen reduceres når den tidevandsgenererede strøm vender.

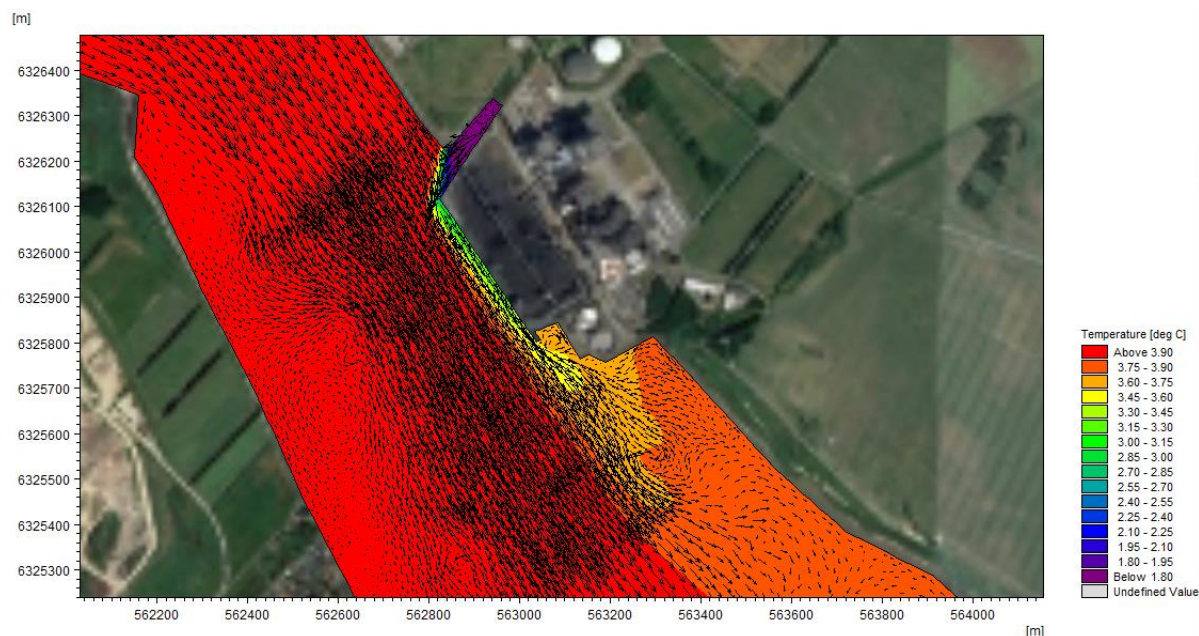


Figur 7-3: Variation af relativ temperaturreduktion ved havvandsindtag, samt strømretning ved havvandsindtag, i tilfælde med dominerende østgående strøm.

Figur 7-4 og figur 7-5 viser øjeblikksbilleder af vandtemperaturen samt strømretninger i den nederste del af vandsøjlen, for scenarierne med hhv. tidevandsdominerede strømforhold (tidspunkt illustreret med rød cirkel i figur 7-2), samt netto-østgående strøm (tidspunkt illustreret med rød cirkel i figur 7-3). Som det fremgår af figurerne, varierer både temperaturreduktionen, samt udbredelsen af denne, over tid. Herudover kan det konstateres, at temperaturen er kraftigt reduceret ved udløbet.



Figur 7-4: Vandtemperatur i den nederste halvdel af vandsøjlen, samt strømretning, for scenariet med tidevandsdominerede strømforhold (tidspunkt illustreret i Figur 7-2). Til simuleringen forudsættes en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4 °C (ca. svarende til den gennemsnitlige havvandstemperatur i månederne december, januar, februar) og der undersøges temperaturreduktion for tilfældet med $\Delta t = -2^\circ\text{C}$ (repræsentativt for vinterperioden) og vandføring 13,04 m³/s, svarende til COP=3,5 for 150 MW havvandsvarmepumpen. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).



Figur 7-5: Vandtemperatur i den nederste halvdel af vandsøjlen, samt strømretning, for scenariet med netto-østgående strøm (tidspunkt illustreret i figur 7-3). Til simuleringen forudsættes en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4 °C (ca. svarende til den gennemsnitlige havvandstemperatur i månederne december, januar, februar) og der undersøges temperaturreduktion for tilfældet med $\Delta t = -2^\circ\text{C}$ (repræsentativt for vinterperioden) og vandføring 13,04 m³/s, svarende til COP=3,5 for 150 MW havvandsvarmepumpen. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

Det kan umiddelbart konstateres, at der for de evaluerede scenarier med både øst-, vest- samt tidevandsdominerede strømforhold forekommer den største temperaturreduktion ved tilfældet

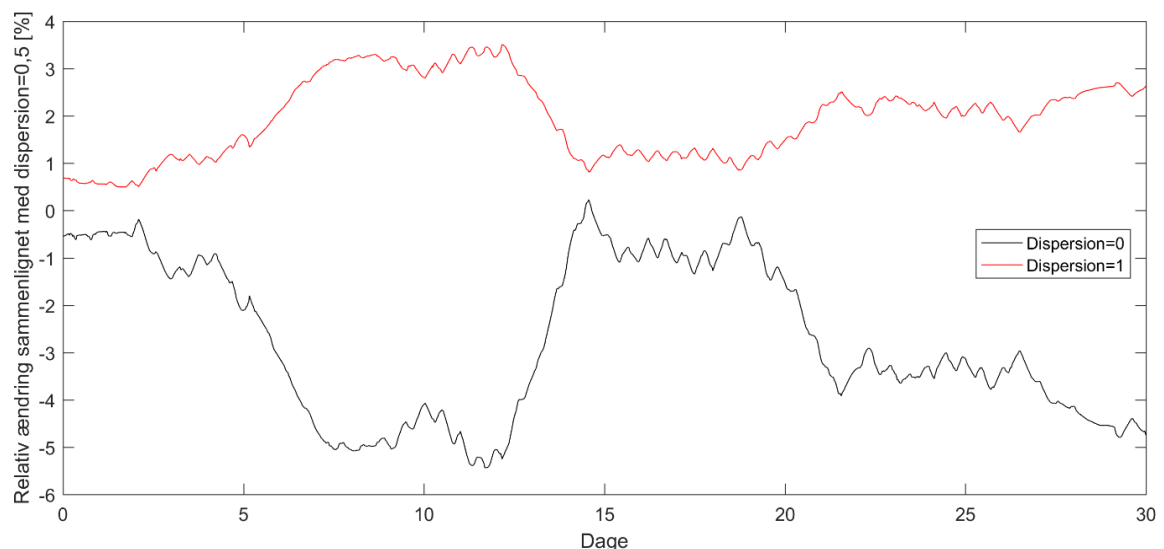
med tidevandsdomineret strøm. Dette er på trods af at indtaget er placeret øst for udløbet. Således baseres den videre følsomhedsanalyse og endelige modelsimuleringer udelukkende på forhold med tidevandsdomineret strøm, som i øvrigt (jf. afsnit 4) er dominerende i Langerak.

7.1.2 Følsomhed af temperaturforholdene ved havvandsindtag overfor den vertikale termiske dispersion

Udover følsomheden af temperaturreduktionen ved havvandsindtaget overfor strømforholdene i området, vurderes der i det følgende på følsomheden af vandtemperaturen ved havvandsindtaget overfor variation i modelkalibreringsparametre, sammenlignet med den kalibrerede model jf. afsnit 5.3.

Figur 7-6 viser relative sammenligninger imellem temperaturreduktioner ved havvandsindtaget for scenarierne med hhv. fuld vertikal dispersion, dvs. fuld vertikal opblanding (vertikal dispersionskoefficient = 1) og ingen vertikal dispersion, dvs. 0 vertikal opblanding (vertikal dispersionskoefficient = 0). På samme vis som i afsnit 7.3.1 er der til simuleringerne forudsat en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4 °C (ca. svarende til den gennemsnitlige havvandstemperatur i månederne december, januar, februar) og der undersøges temperaturreduktion for tilfældet med $\Delta t = -2^\circ\text{C}$ (repræsentativt for vinterperioden) og vandføring 13,04 m³/s, svarende til COP=3,5 for 150 MW havvandsvarmepumpen som beskrevet i afsnit 5.1.2. Herudover er der i figur 7-6 taget udgangspunkt i scenariet med tidevandsdomineret strøm.

Som det fremgår af figur 7-6, opstår den største temperaturreduktion ved havvandsindtaget i tilfældet med 0 vertikal dispersion, hvilket er forventeligt. Grunden hertil er, at det tungere kolde vand fra udløbet løber i den nedre del af vandsøjlen, hen imod havvandsindtaget, og såfremt der ikke forekommer vertikal opblanding heraf, vil dette medføre en større nedkøling.



Figur 7-6: Relativ sammenligning imellem temperaturreduktion ved ydergrænser for den vertikale temperaturdispersion sammenlignet med vertikal dispersion=0,5.

Den relative påvirkning på havvandstemperaturen for variationer i den vertikale dispersion i modellen er op til ca. 5% for det evaluerede scenarie.

7.1.3 Konklusioner fra indledende følsomhedsanalyser

Baseret på følsomhedsanalyser er det konkluderet, at den lokale temperatur ved indtaget har en vis følsomhed overfor de hydrodynamiske (strøm) forhold udfor Nordjyllandsværket. For de tre

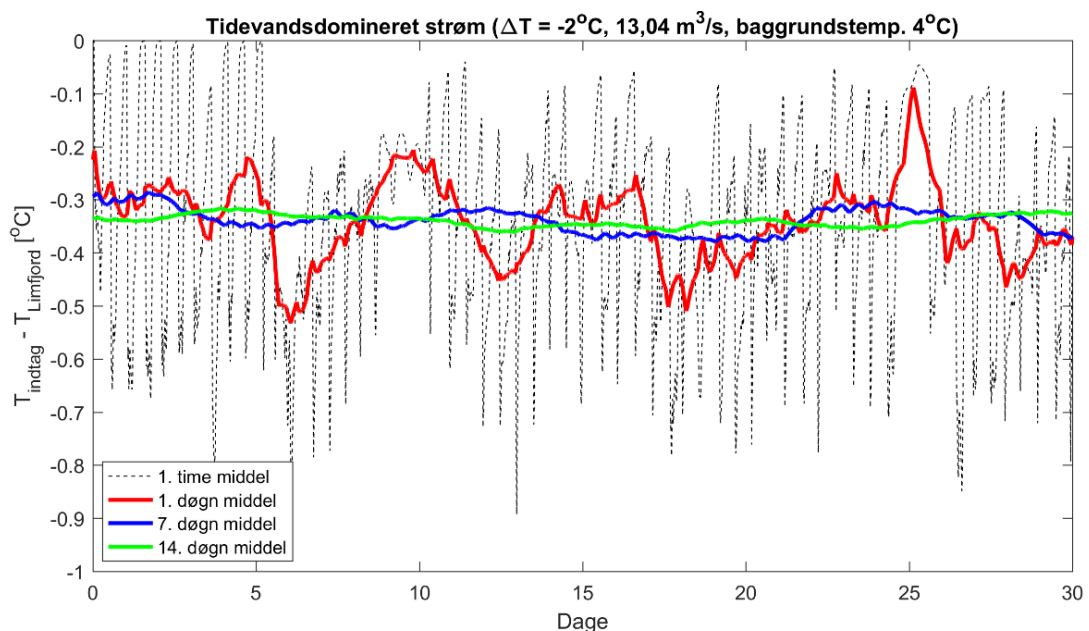
undersøgte strømscenarier (jf. afsnit 5.1) kan det konstateres, at tidevandsdominerede strømforhold giver anledning til den største temperaturreduktion ved havvandsindtaget. Det kan dog ikke udelukkes, at der kan forekomme andre hydrodynamiske forhold, der kan give anledning til en yderligere reduktion.

Følsomheder overfor den vertikale termiske dispersion i modellen viser, at der kun opstår mindre påvirkninger fra dispersionskoefficienten på temperaturreduktionen ved havvandsindtaget. Som forventet opstår den højeste temperaturreduktion ved havvandsindtaget for tilfældet uden vertikal termisk opblanding.

7.2 Vandtemperaturreduktion ved havvandsindtag – baseret på den kalibrerede model

I det følgende estimeres vandtemperaturforholdene ved havvandsindtaget med udgangspunkt i den kalibrerede model jf. afsnit 5.3, ved anvendelse af en vertikal temperaturdispersion på 0,5. Til simuleringerne forudsættes en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4 °C (ca. svarende til den gennemsnitlige havvandstemperatur i månederne december, januar, februar) og driftsscenarier som præsenteret i afsnit 5.1.2. Der undersøges temperaturreduktion for tilfældet med $\Delta t = -2^\circ\text{C}$ (repræsentativt for vinterperioden) og vandføring 13,04 m³/s, svarende til COP=3,5 for 150 MW havvandsvarmepumpen.

Figur 7-7 viser den estimerede vandtemperaturreduktion ved. Som det fremgår af figuren, kan der forventes momentane temperatur-reduktioner på ned til ca. -0,9 - -1 °C, hvorimod den gennemsnitlige reduktion ligger i spændet ca. -0,1 °C - -0,55 °C (svarende til hhv. 14 døgns løbende middel og 1. døgns løbende middel).



Figur 7-7: Estimeret temperaturreduktion ved havvandsindtaget under forhold med dominerende tidevand.

Evt. usikkerheder ift. den estimerede temperaturreduktion i figur 7-7 diskuteres yderligere i afsnit 8.

Modelberegningerne er gennemført for relativt konservative scenarier både mht. strømforhold og driftsforhold. Der er taget udgangspunkt i konstant drift med $\Delta t = -2^\circ\text{C}$ (repræsentativt for vinterperioden) og en konstant vandføring på 13,04 m³/s i hele perioden. Det skal dog understreges, at modelberegningerne ikke er kørt for ekstreme hydrodynamiske forhold, og det

vil derfor være muligt, at der kan forekomme hydrodynamiske scenarier, der kan medføre, at temperaturreduktionen ved indtag er større end det angivne.

Desuden skal det understreges, at den anvendte model er kalibreret og valideret i det omfang datagrundlaget har været til stede. Valideringen har dog vist, at modellen er forholdsvis god til at gengive temperaturforhold lokalt omkring Nordjyllandsværket, hvilket har størst betydning for selve kortslutningsberegningerne.

7.3 Reduktion af temperaturpåvirkning ved havvandsindtag

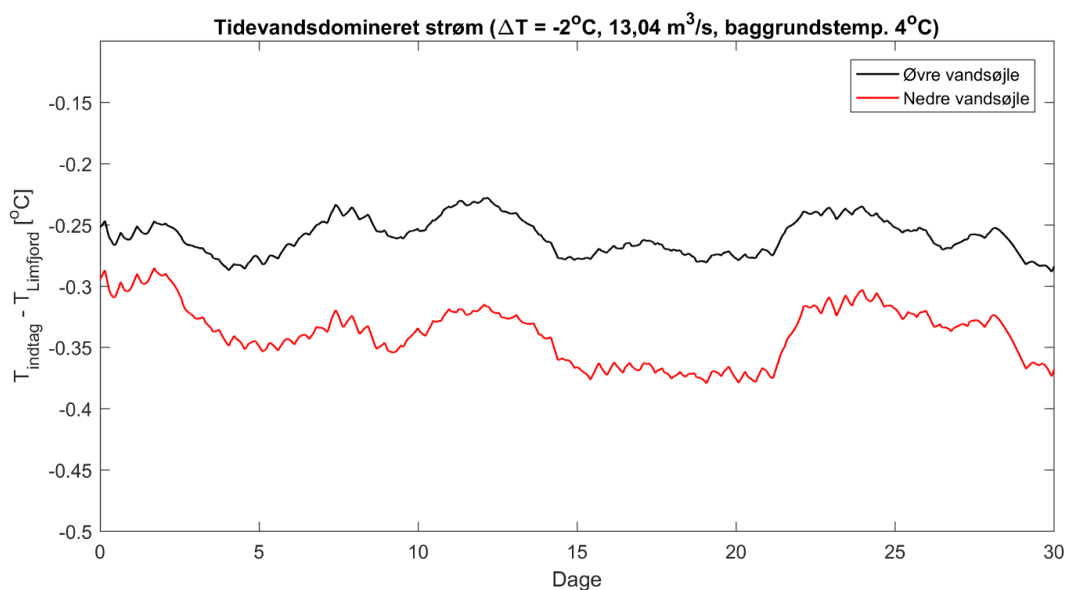
Der kan etableres forskellige tiltag med henblik på at reducere temperaturpåvirkningen af havvandstemperaturen ved indtaget. En metode kan være at hæve placeringen af havvandsindtaget, så der i stedet for det køligere/tungere vand ved havbunden, trækkes det varmere vand fra overfladen ind i havvandsvarmepumpen. En anden metode kan være at parallelforskyde placeringen af indtag og udløb fra varmepumpen vinkelret i strømretningen.

De to metoder analyseres videre i det følgende – baseret på allerede gennemførte modelberegninger.

7.3.1 Hævning af havvandsindtag til øverste del af vandsøjle

Figur 7-8 viser den modellerede temperaturreduktion i hhv. den øvre- og nedre del af vandsøjlen. Til simuleringen forudsættes en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4°C (ca. svarende til den gennemsnitlige havvandstemperatur i månederne december, januar, februar) og der undersøges temperaturreduktion for tilfældet med $\Delta T = -2^{\circ}\text{C}$ (repræsentativt for vinterperioden) og vandføring $13,04\text{ m}^3/\text{s}$, svarende til $\text{COP}=3,5$ for 150 MW havvandsvarmepumpen.

Som det fremgår af figur 7-8, er temperaturreduktionen ved havvandsindtaget (relativt ift. vandtemperaturen i Limfjorden) som forventet lavere hvis indtaget flyttes til den øverste del af vandsøjlen. For det pågældende scenarie, er den modellerede temperaturreduktion ca. $0,1^{\circ}\text{C}$ højere i den øverste del af vandsøjlen (1. uges middel). Dog må der påregnes væsentligt mere tang mv. i den øverste halvdel af vandsøjlen.



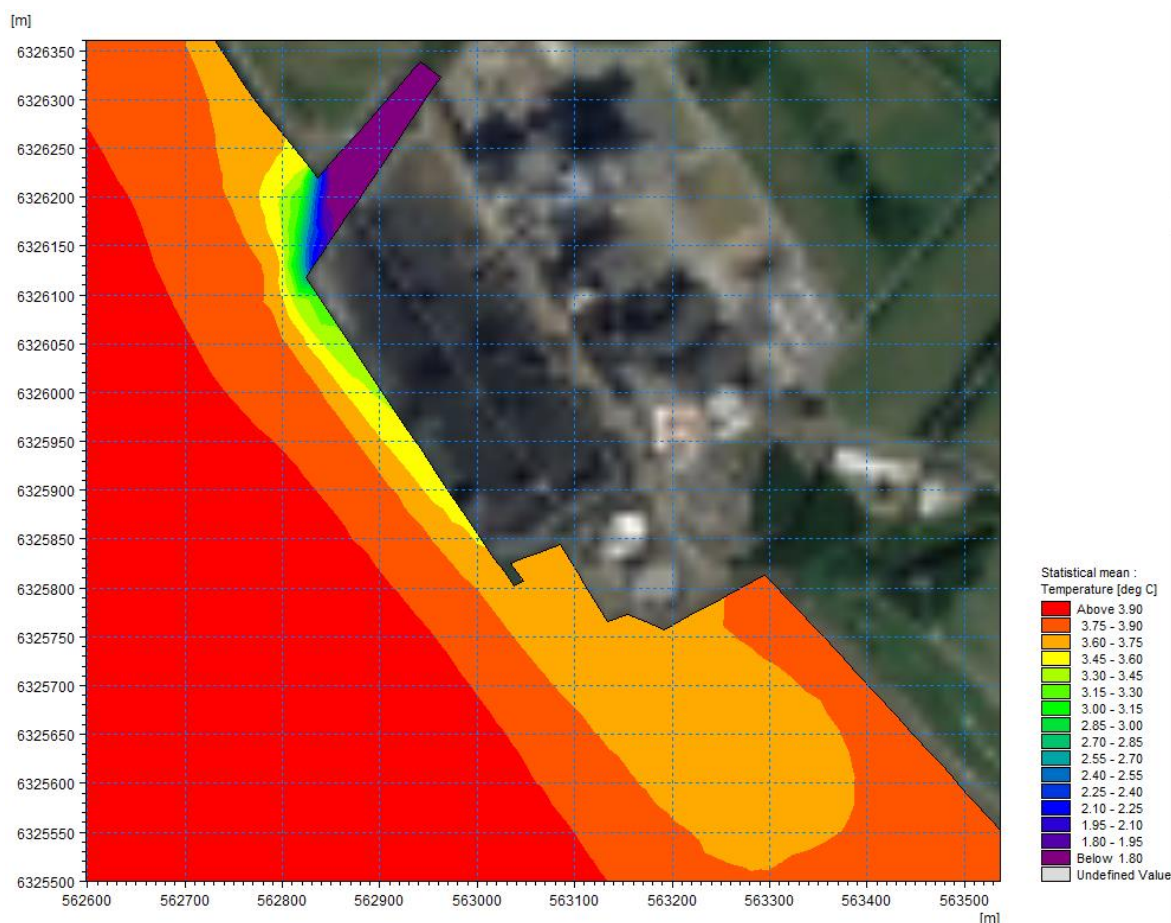
Figur 7-8: Estimeret temperaturreduktion i hhv. øvre- og nedre del af vandsøjlen. Temperaturer ved indtaget er illustreret baseret på 1. uges middel.

7.3.2 Rørlægning af havvandsindtag

Figur 7-9 viser den modellerede gennemsnitlige temperaturreduktion i den nederste halvdel af vandsøjlen (relativt ift. baggrundstemperaturen for vandet i Limfjorden) lokalt omkring Nordjyllandsværket. Til simuleringen forudsættes en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4 °C (ca. svarende til den gennemsnitlige havvandstemperatur i månederne december, januar, februar) og der undersøges temperaturreduktion for tilfældet med $dt = -2^{\circ}\text{C}$ (repræsentativt for vinterperioden) og vandføring 13,04 m³/s, svarende til COP=3,5 for 150 MW havvandsvarmepumpen.

Som det fremgår af figur 7-9, strækker fanen for returvandet sig hovedsageligt langs kajen ved Nordjyllandsværket, hvorimod vandtemperaturen er væsentlig højere i større vinkelret afstand til kajen.

Baseret på figur 7-9 er der udvalgt fem alternative placeringer af havvandsindtaget – illustreret i figur 7-10. De alternative placeringer, samt afstande fra eksisterende havvandsindtag, er angivet i tabel 6.



Figur 7-9: Estimeret gennemsnitlig temperaturreduktion ved Nordjyllandsværket under forhold med dominerende tidevand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

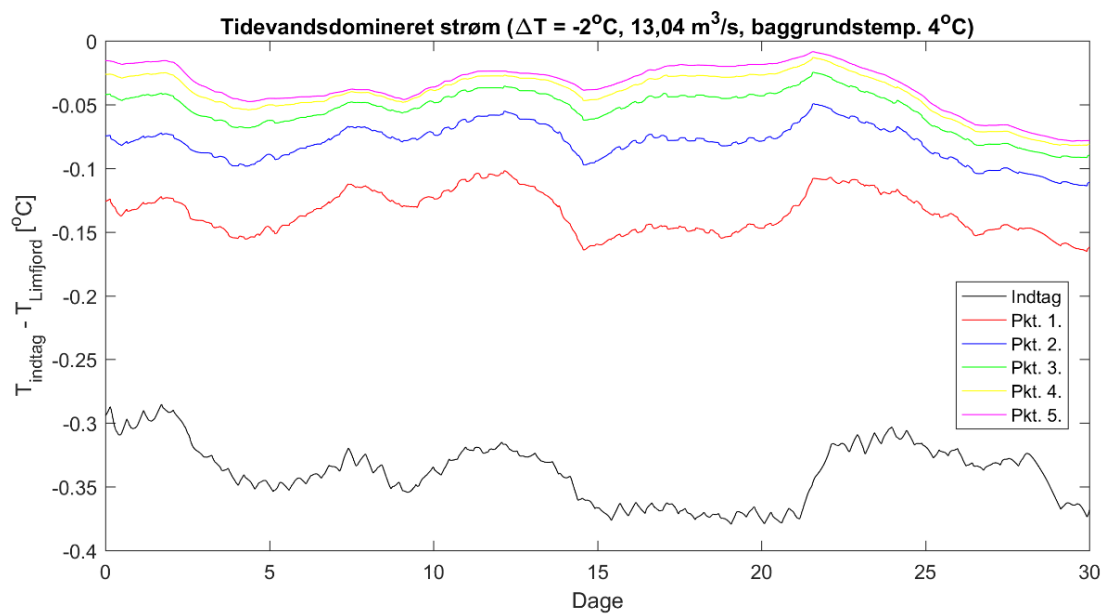


Figur 7-10: Analyserede punkter for alternative placeringer af havvandsindtag. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

Pkt.	Afstand fra kølevandsindtag
1	69
2	132
3	195
4	254
5	312

Tabel 6: Analyserede alternative placeringer af havvandsindtag.

Estimerede temperaturreduktioner i pkt. 1 – 5 jf. figur 7-10 er vist i figur 7-11. Som det fremgår af figuren, opnås der forventeligt en mindre temperaturreduktion i større vinkelret afstand til vandindtaget. Allerede i en afstand på ca. 70 m er temperaturreduktionen reduceret til ca. 1/3.



Figur 7-11: Analyserede punkter for alternative placeringer af havvandsindtag.

8. OPSUMMERING OG DISKUSSION/PERSPEKTIVERING AF MODELRESULTATER OG RESULTATERNES VIDERE ANVENDELSE

Vurdering af påvirkninger fra etableringen af den nye planlagte havvandsvarmepumpe ved Nordjyllandsværket er i nærværende rapport generelt baseret på modelberegninger for udvalgte repræsentative hydrodynamiske scenarier. Indledningsvist er der givet en gennemgang af de hydrauliske forhold i Limfjorden samt opstillet repræsentative (konservative) driftsforhold for driften af Nordjyllandsværket. Herefter er gennemført modelberegninger ift. estimering af påvirkninger fra driften af blok 3 (eksisterende forhold) og disse danner således sammenligningsgrundlaget for den efterfølgende analyse og vurdering af påvirkninger fra den nye planlagte havvandsvarmepumpe.

Konservative driftsforhold skal ifm. delformål 1 forstås på den måde at der sigtes mod højere regionale temperaturdifferenser for både den eksisterende- og fremtidige situation, således at der ifm. miljøvurderingerne vurderes på konservative (høje) netto temperaturdifferenser i Limfjorden.

Konservative driftsforhold skal ifm. delformål 2 forstås på den måde at der sigtes mod høje øget temperaturreduktion i den lokale temperaturfane, hvilket potentielt kan give anledning til termisk kortslutning.

Eksisterende forhold samt påvirkningen fra havvandsvarmepumpen er i nærværende analyser baseret på følgende:

- Det overordnede grundlag for de gennemførte analyser er foreliggende viden om hydrodynamikken i Limfjorden fra litteraturen, tilgængelige lokale vandstands- og vindmålinger samt ved modelberegninger med Rambølls hydrauliske model for Limfjorden. Herudover er der inddraget strømmålinger, som er gennemført ifm. nærværende projekt.
- Påvirkningen ved drift af hhv. blok 3 (eksisterende forhold) samt den planlagte havvandsvarmepumpe (fremtidige forhold) er baseret på modellering ved anvendelse af en hydraulisk model for Limfjorden.

Som nævnt i afsnit 1.1 er der to overordnede formål med nærværende analyser; hhv. at danne grundlag for miljøvurdering (*Delformål 1*), samt gennemføre indledende indikative analyser vedr. risiko for termisk kortslutning (*Delformål 2*).

Til gennemførelse af analyserne ift. delformål 1 og 2 er der anvendt modelsimulering. Modellen tager udgangspunkt i Rambølls eksisterende hydrauliske model for Limfjorden, som dog er modificeret/tilpasset til brug i nærværende analyser. Bl.a. er modellen kalibreret baseret på lokale feltmålinger.

I det følgende diskuteres videns- og datagrundlaget for analyserne ifm. besvarelse af delformål 1 og 2. Den overordnede vurdering er, at den anvendte model inkl. forudsætninger er tilstrækkelig til besvarelse af delformål 1 og delformål 2. Ønskes ift. delformål 2 (analyse af termisk kortslutning) et mere detaljeret/præcist grundlag for vurdering af påvirkningen som følge af udledt returvand eller en præcis maksimal nedkøling af vandet ved indtag, skal der gennemføres supplerende modelberegninger, hvilket ligeledes beskrives i det følgende.

8.1 Vurdering af videns- og datagrundlag for beskrivelse af udbredelse af returvand fra drift af hhv. blok 3 samt den nye planlagte havvandsvarmepumpe

Videns- samt datagrundlaget for beskrivelsen af de eksisterende hydrauliske forhold i Limfjorden vurderes generelt for værende tilstrækkeligt til at give et solidt fundament for vurdering af ændringen af temperaturforhold som følge af driften af hhv. blok 3 og/eller havvandsvarmepumpen. Herudover vurderes grundlaget for værende tilstrækkeligt til brug ved udvælgelse af eksempler for repræsentative hydrodynamiske scenarier. Den hydrauliske model til analyse af udbredelse af returvandet er indledningsvist kalibreret baseret på hhv. lokale vandstandsmålinger, historiske strømmålinger, samt projektspecifikt gennemførte feltmålinger.

Kalibreringen viser relativt god overensstemmelse imellem målte- og modellerede vandstande samt forholdsvis god overensstemmelse sammenlignet med oplyste strømmålinger/vandføringer i litteraturen. Feltnålinger ifm. nærværende projekt er gennemført i punkter langs seks transekter lokalt ved Nordjyllandsværket. Målingerne er gennemført på specifikke tidspunkter, og specielt strømmålingerne viser forholdsvis høje usikkerheder. Overordnet set viser modellen dog relativt god overensstemmelse med målingerne i alle transekter. Dvs. at de modellerede strømhastigheder ca. ligger indenfor usikkerhedsintervallerne fra feltnålingerne. Pga. usikkerhederne i feltnålingerne er kalibreringen dog udelukkende gennemført baseret på dybdemidlede strømhastigheder.

Ift. temperaturforhold er modellen kalibreret baseret på de gennemførte feltnålinger. Pga. manglende, tilstrækkeligt præcise målinger for baggrundsvandtemperaturen i Limfjorden er kalibreringen af temperaturforholdene i modellen gennemført baseret på dT (forskel imellem temperatur i øvre- og nedre del af vandsøjlen). Modeloutput viser specielt lokalt ved Nordjyllandsværket relativt god overensstemmelse med målte vandtemperaturer (forskel imellem øvre og nedre del af vandsøjlen), hvorimod der haves lidt større forskelle imellem målte- og modellerede vandstande i større afstand til Nordjyllandsværket. Forskellene vurderes dog i høj grad at skyldes de anvendte randbetingelser i modellen, idet der i modellen antages konstante temperaturer ned igennem vandsøjlen. Historiske målinger viser, at der må forventes en mindre temperaturforskel ned gennem vandsøjlen på ca. 0,2°C om vinteren, hvilket i flere områder er forskellen imellem målte- og modelleret dT i større afstand til Nordjyllandsværket.

Simuleringer viser, at drift af Nordjyllandsværket kan give anledning til en påvirkning af temperaturen helt op mod Egholm, hvor der ikke haves temperaturmålinger til kalibrering af modellen, og således kendes modelpræcisionen i dette område ikke med sikkerhed. Overordnet set vurderes det, at modellen er tilstrækkeligt præcis til anvendelse i nærværende projekt ift. at estimere en påvirkning fra drift af Nordjyllandsværket regionalt.

Desuden vurderes det, at modellen er tilstrækkelig repræsentativ ift. at foretage indledende indikative analyser af hvorvidt der kan forekomme termisk kortslutning lokalt ved Nordjyllandsværket.

Ift. at tage højde for eventuelle modelusikkerheder er der forudsat relativt konservative scenarier ifm. udbredelsen af returvandet, anvendt en konservativ resultatbearbejdning/ præsentation, samt gennemført udvalgte følsomhedssimuleringer ifm. analyser vedr. den termiske kortslutning. Dette diskuteres yderligere i det følgende.

8.2 Diskussion af konservatisme og usikkerheder ifm. analyser af den regionale udbredelse af returvand (Delformål 1)

Til analyse af udbredelsen af returvandet er der forudsat repræsentative scenarier for hhv. netto-øst-/vestgående strøm samt tidsvandsdominerede forhold. Grundet den årlige variabilitet i vand-, strøm- og vindforhold, skal modelresultaterne i den videre anvendelse betragtes som retningsvisende. Desuden er der anvendt konservative scenarier ift. drift af hhv. blok 3 og havvandsvarmepumpen.

Den anvendte modeltype kan være dissipativ pga. f.eks. model-diskretiseringen, men idet der ikke foreligger tilstrækkelig datagrundlag (f.eks. temperaturmålinger i stor afstand fra Nordjyllandsværket) til at vurdere på omfanget af dette, er det bl.a. valgt at "kompensere" for eventuelle dissipative effekter ved at gennemført analyserne for udbredelse af returvand med en relativt lav baggrundsvandtemperatur, hvilket giver et større påvirket område for havvandsvarmepumpen, sammenlignet med tilsvarende simuleringer gennemført med en højere baggrundsvandtemperatur.

Det anbefales, at der ifm. vurdering af miljøpåvirkninger tages udgangspunkt i statistiske maks.-påvirkninger af regionale temperaturforhold, hvilke vurderes for konservativt, men giver en vis robusthed overfor modelusikkerheder ift. miljøvurderingerne baseret på de anvendte resultater. Desuden anbefales det, at temperaturpåvirkninger fra havvandsvarmepumpen ses relativt ift. påvirkningerne fra blok 3. Således vil eventuelle modelusikkerheder delvist udlignes.

8.3 Diskussion af konservatisme og usikkerheder ifm. analyser for lokale termiske forhold samt anbefalinger til yderligere analyser (Delformål 2)

Som nævnt haves der forholdsvis god overensstemmelse imellem målt dT (forskel imellem målte vandstandstemperaturer ved bund og overflade) og modellerede dT tæt ved Nordjyllandsværket. Dog forekommer der udelukkende målinger af temperaturen i specifikke punkter, og for specifikke tidspunkter, hvilket giver et relativt sparsomt kalibreringsgrundlag. Derfor anbefales det, at der til yderligere detailanalyser gennemføres supplerende målinger, bl.a. bestående af tidsserier til både validering, kalibrering samt randbetingelser.

Ift. at imødekomme det relativt sparsomme kalibreringsgrundlag er der gennemført supplerende følsomhedsanalyser, med henblik på at undersøge potentielle påvirkninger fra modelkonstanter. Hertil er det vurderet, at modellen umiddelbart kun i mindre omfang er følsom overfor variationer i f.eks. den vertikale dispersion. Desuden er der gennemført følsomhedsanalyse overfor model-diskretisering, hvortil der ses en vis følsomhed. Baseret herpå er det indledningsvist konstateret, at anvendelsen af de to vertikale lag i modellen umiddelbart giver anledning til højere temperaturreduktion ved indtaget, sammenlignet med anvendelsen af et yderligere antal lag. Dog anbefales det, at der ifm. potentielt yderligere detailanalyser gennemføres supplerende følsomhedsvurderinger (pga. det sparsomme kalibreringsgrundlag) overfor bl.a. model-diskretiseringen samt potentielt densitetsforskelle i returvandet fra havvandsvarmepumpen.

Der er sammenlignet forskellige strømscenarier med henblik på at vurdere hvilke strømforhold der giver anledning til størst temperaturreduktion ved havvandsindtaget. Fra sammenligningerne er det vurderet, at tidevandsdominerede forhold giver anledning til den største temperaturreduktion ved havvandsindtaget. Dog er der udelukkende simuleret tre repræsentative strømscenarier, og således anbefales det, at der ifm. yderligere analyser foretages supplerende analyse af yderligere scenarier (både yderligere strømscenarier samt yderligere driftsscenarier).

Resultater fra modelsimuleringer viser, at der må påregnes en vis reduktion af vandtemperaturen ved havvandsindtaget. Desuden må der påregnes en væsentlig reduktion af

havvandstemperaturen svarende til Δt i hele kanalen ved udløbet. Reduktionen af vandtemperaturen ved indtaget opstår som følge af direkte kortslutning imellem udløb og indtag, samt som følge af, at nedkølet vand periodisk "vender tilbage" pga. ændret strømretning fra tidevand. Analyserne viser hertil, at påvirkningen af vandtemperaturen ved indtaget kan reduceres ved evt. rørlægning af indtaget (dvs. hvor udløb og indtag parallelforskydes vinkelret på strømretningen).

Analysen af størrelsesordenen af temperaturreduktion ved indtaget i nærværende analyser skal betragtes som indikativ. Gennemførte analyser, med nævnte detailgrad og baseret på undersøgte scenarier, giver ikke foranledning til at konkludere, at der vil opstå en direkte termisk kortslutning af vandtemperaturer fra indtag og udløb. Denne konklusion er selvfølgelig behæftet med nogen usikkerhed grundet datagrundlag for modelsimuleringen. Såfremt konklusionen ønskes fastlagt med større sikkerhed, anbefales det bl.a. at der gennemføres supplerende analyser som nævnt i ovenstående. Dette kan bl.a. være i form af "fuldskala målinger" i overgangsfasen med samtidig drift af både blok 3 samt havvandsvarmepumpen, dvs. målinger hvor havvandsvarmepumpen er i drift.

Sammenhænge imellem målte og simulerede vertikale temperaturgradienter i større afstand til Nordjyllandsværket efterlader en lille uvished om hvorvidt modellen dæmper temperaturreduktionen imellem udløb og indtag. Derfor anbefales det, at der til videre analyser indhentes yderligere temperaturmålinger lokalt i området imellem indtag og udløb ift. at eftervise modelresultater.

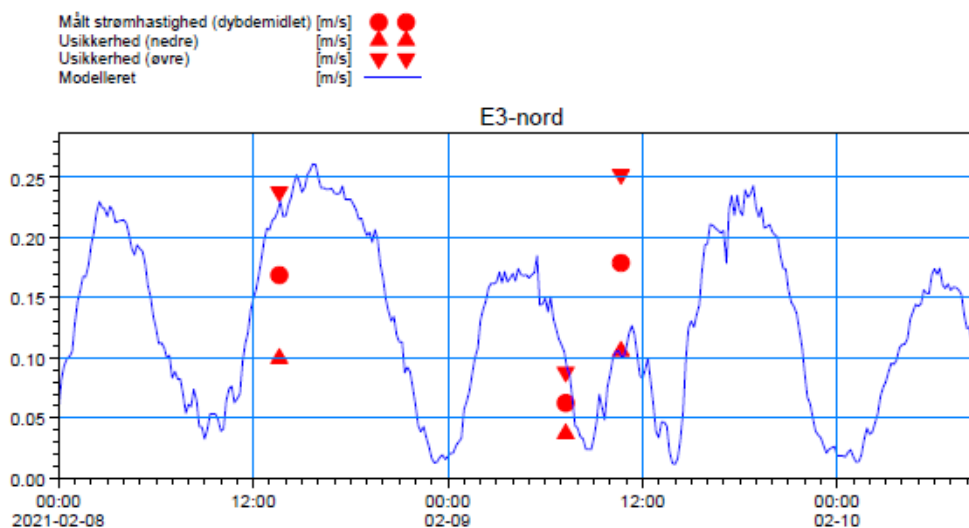
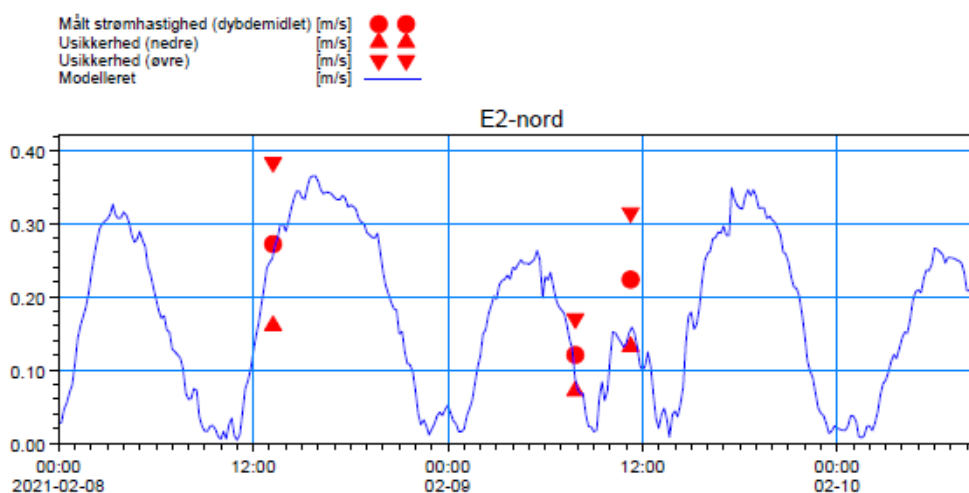
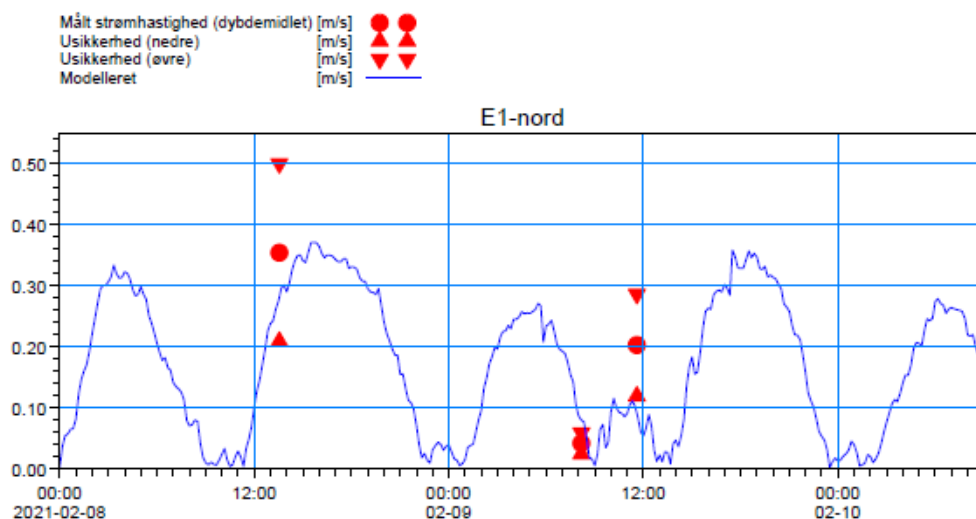
Såfremt temperaturreduktionen viser sig for høj, baseret på f.eks. fuldskalamålingerne i overgangsfasen, kan der gennemføres tiltag som f.eks. flytning af havvandsindtaget, som jf. nærværende analyser viser sig at have en stor effekt.

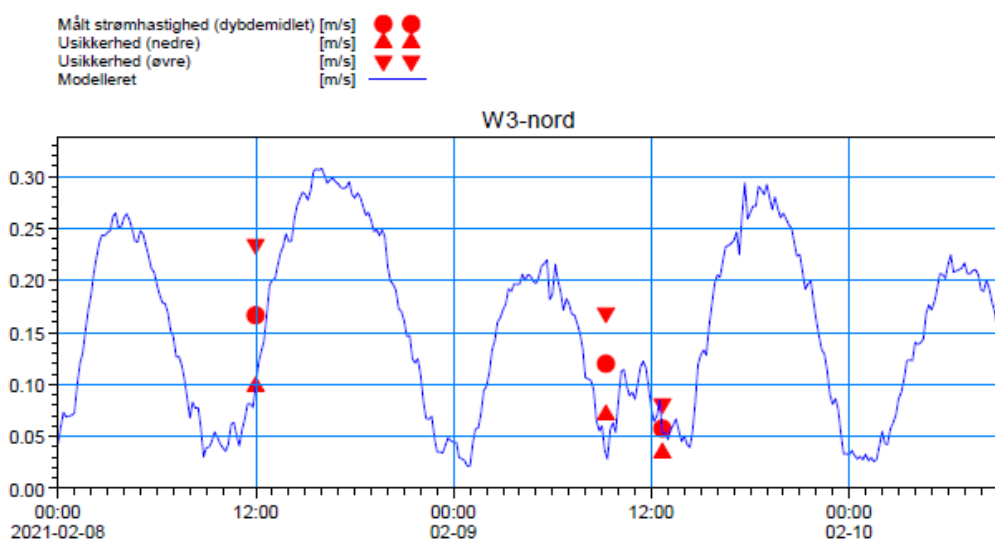
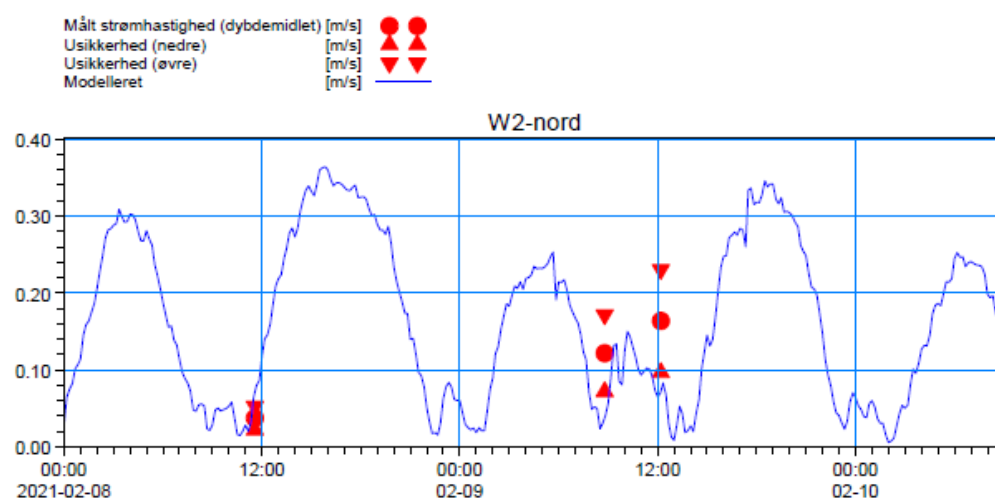
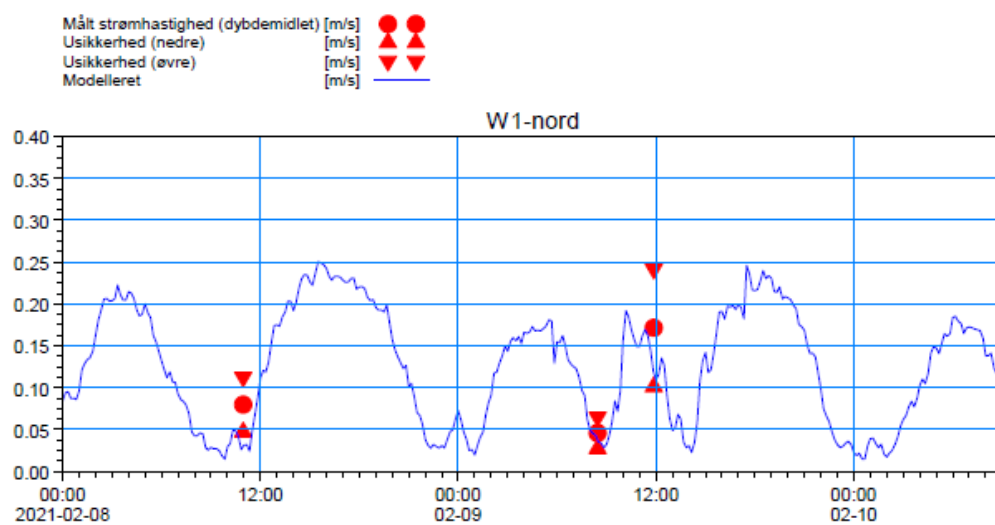
9. REFERENCER

- Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2. (2021). Hentet fra (Image ©2021 TerraMetrics, Data SIO, NOAA, U.S Navy, NGA, GEBCO, © Google).
- Burcharth, H. F., & Larsen, T. (1977). Strømmålinger for ny forbindelse over Limfjorden i Lindholmlinien ved Aalborg.
- Danmarks Miljøportal. (2020). <https://arealinformation.miljoportal.dk>.
- DMI. (2021). <https://www.dmi.dk/klima-atlas/>.
- Kystdirektoratet. (2012). *Thyborøn Kanal og Vestlige Limfjord*.
- Kystdirektoratet. (2017). *Højvandstatistik*.
- Nielsen, M. H. (2021). *Observationer af strømhastighed, salinitet og temperatur i Limfjorden omkring Nordjyllandsværket*. Marine Science & Consulting ApS.

BILAG 1 – SAMMENLIGNING IMELLEM MÅLTE OG MODELLEREDE STRØMHASTIGHEDER

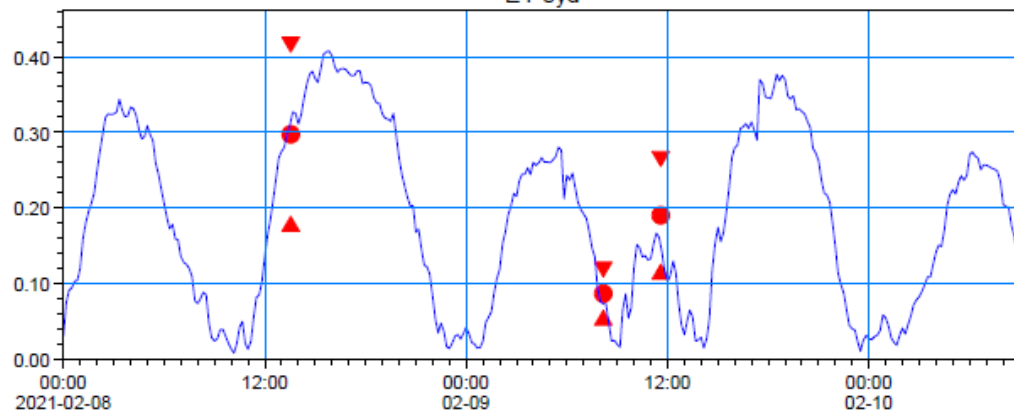
Februar 2021 - kalibrering:





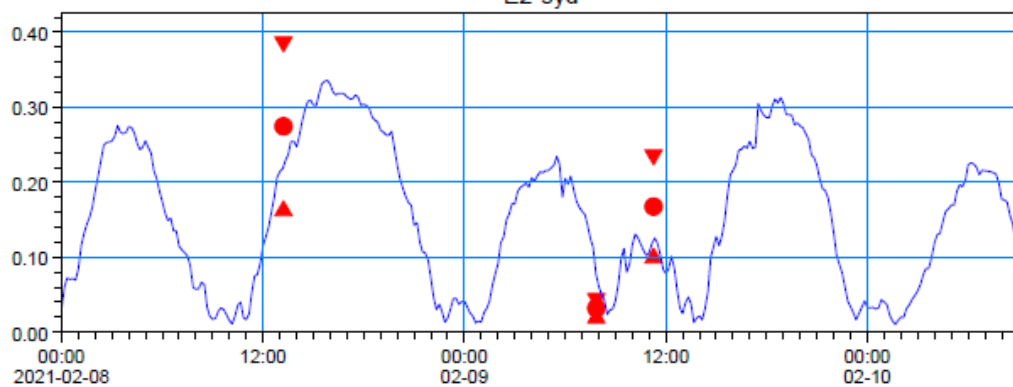
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼
 Modelleret [m/s] —

E1-syd



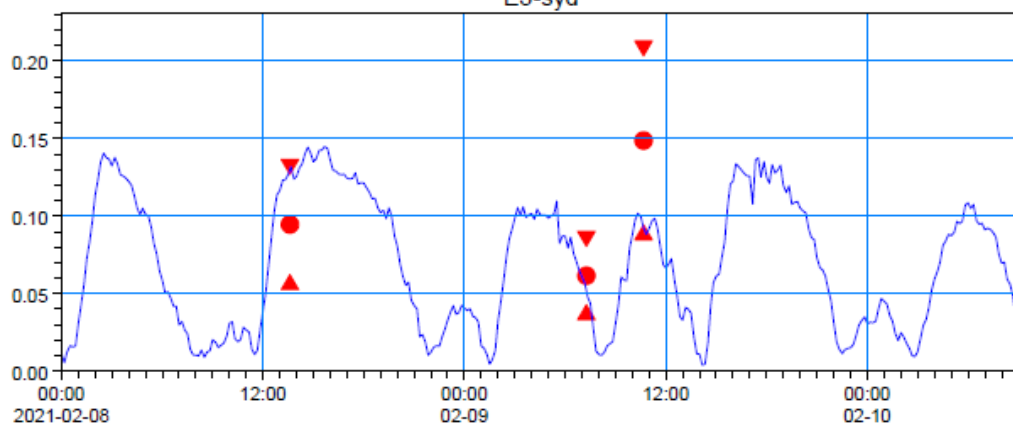
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼
 Modelleret [m/s] —

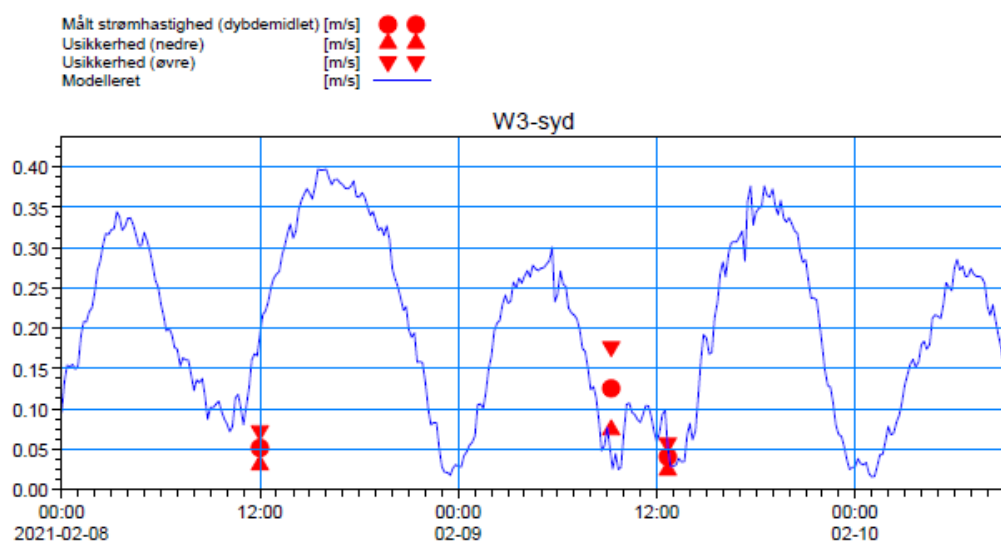
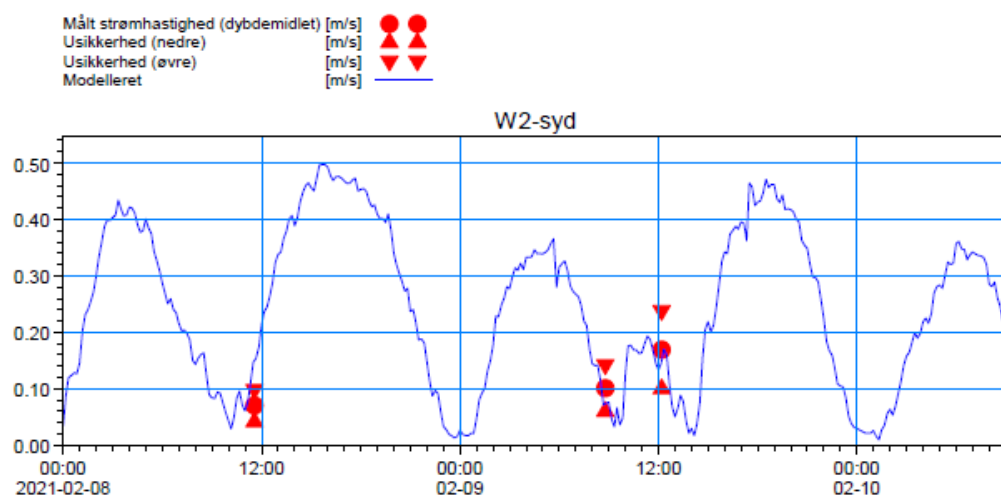
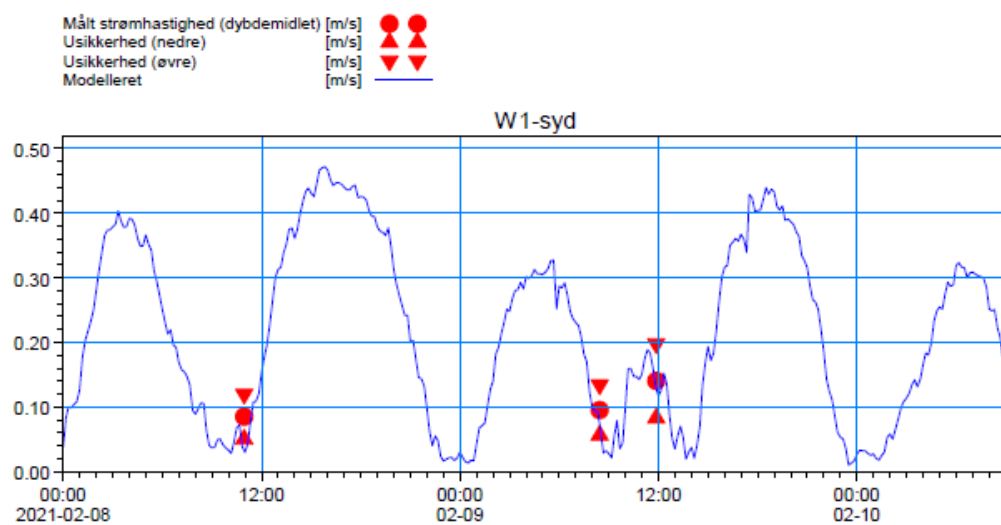
E2-syd

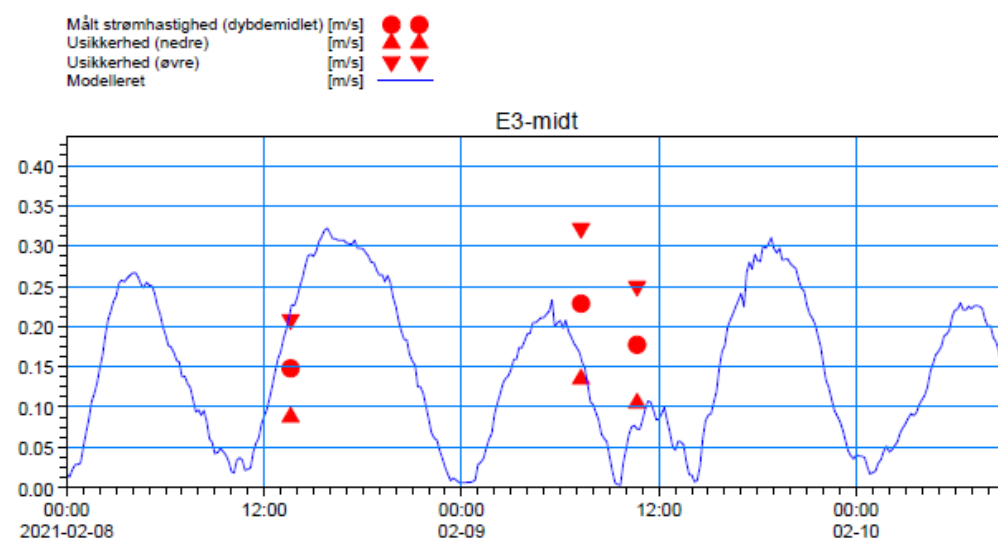
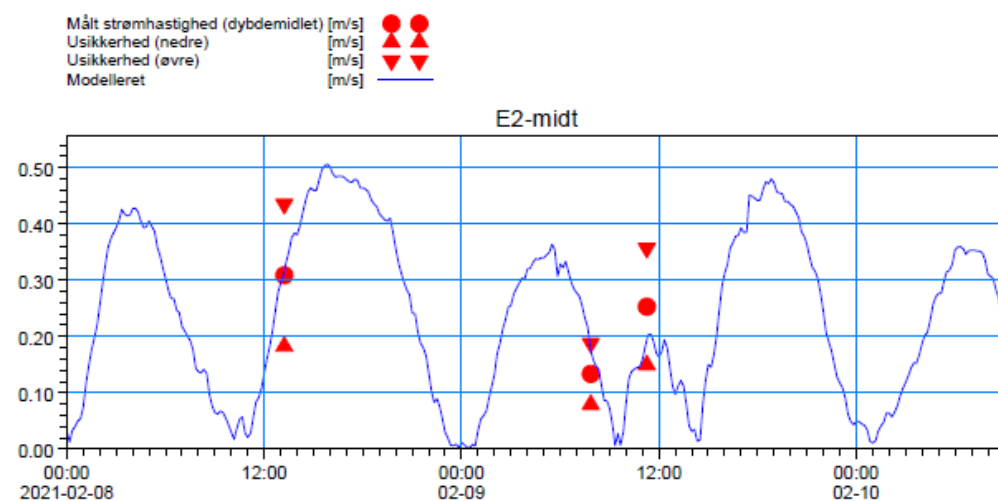
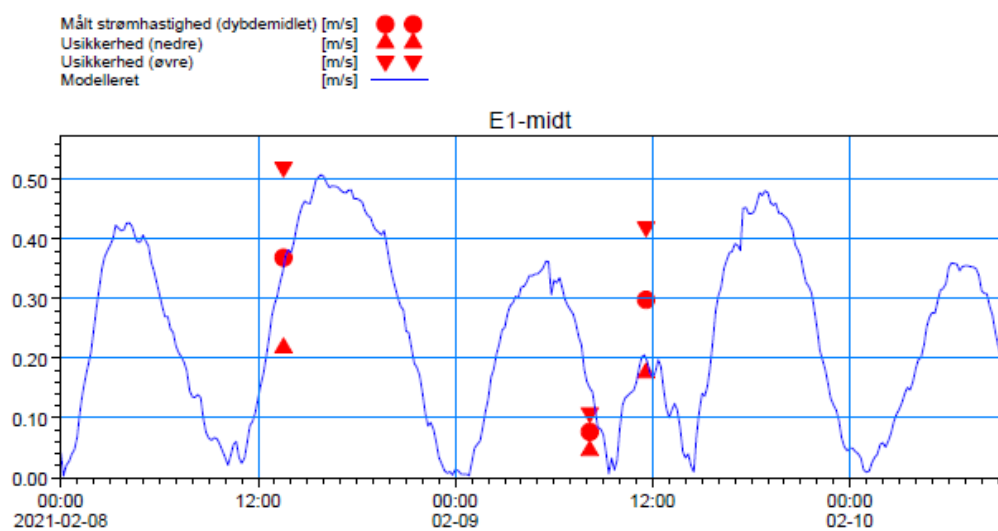


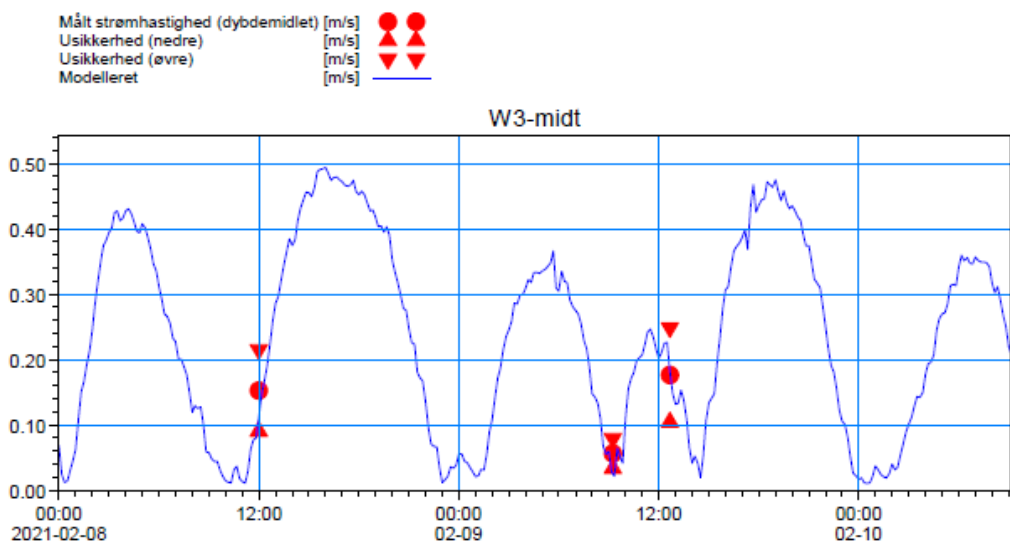
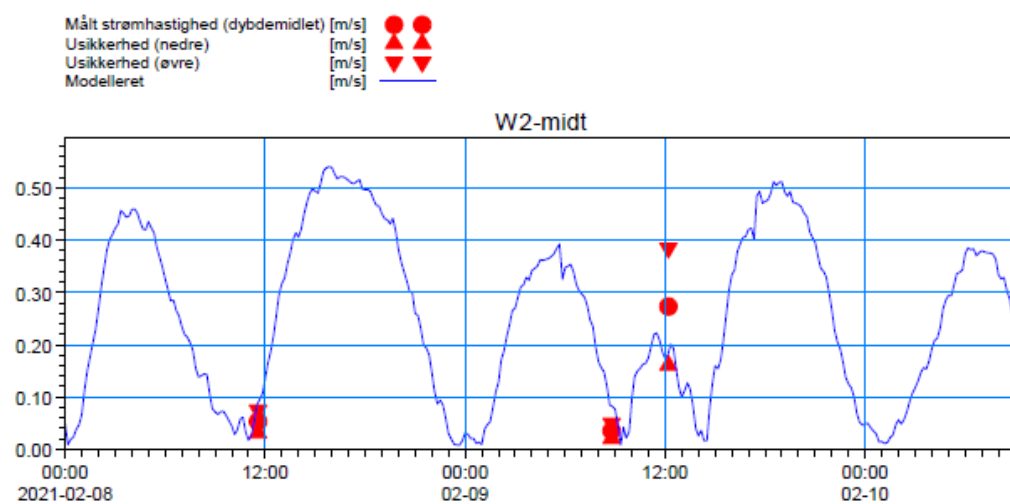
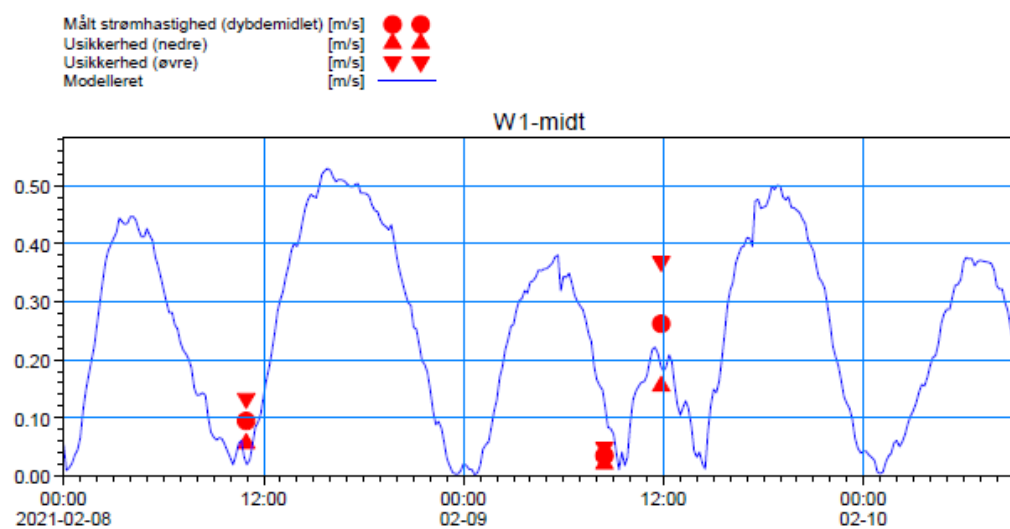
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼
 Modelleret [m/s] —

E3-syd

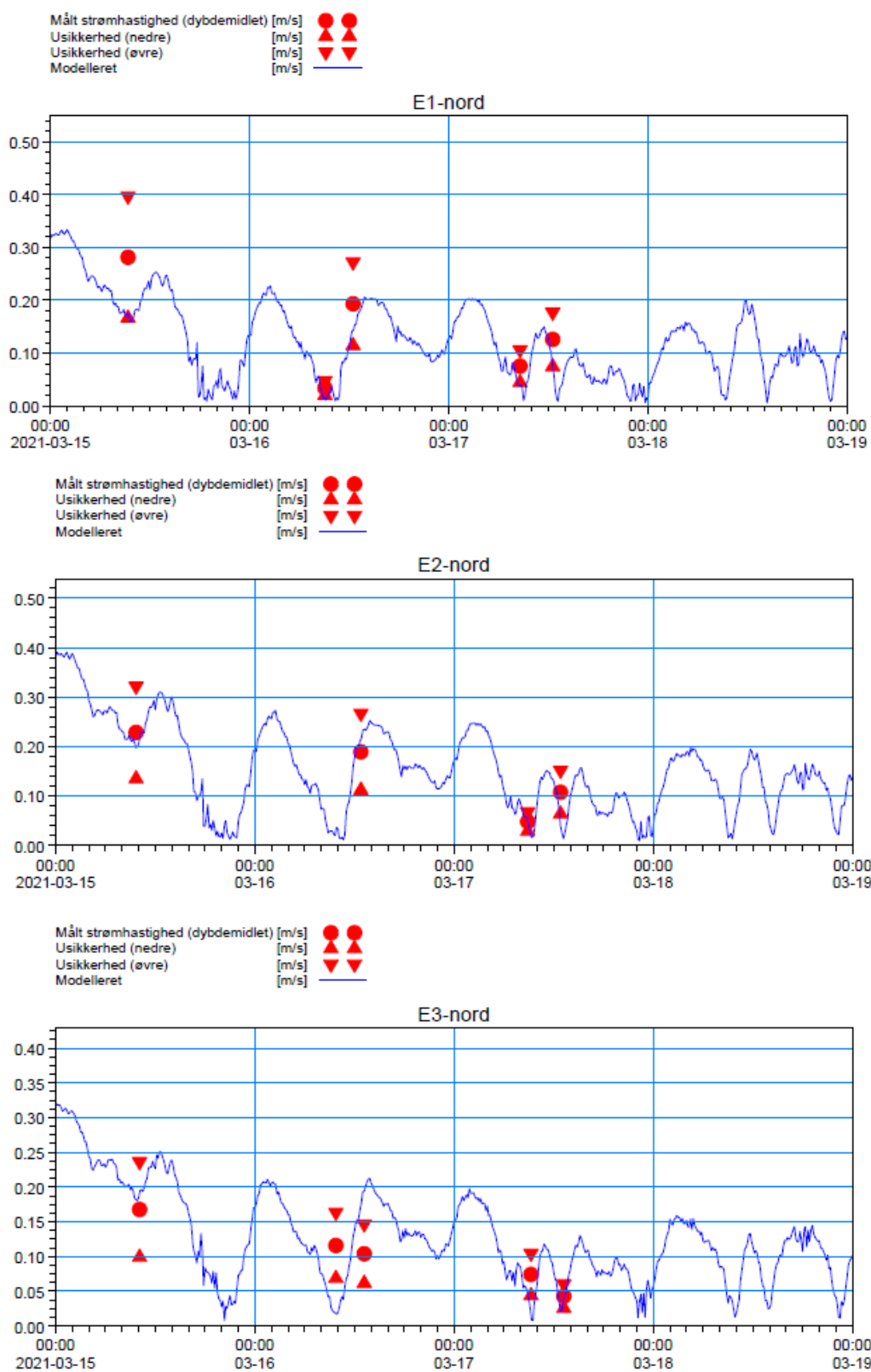






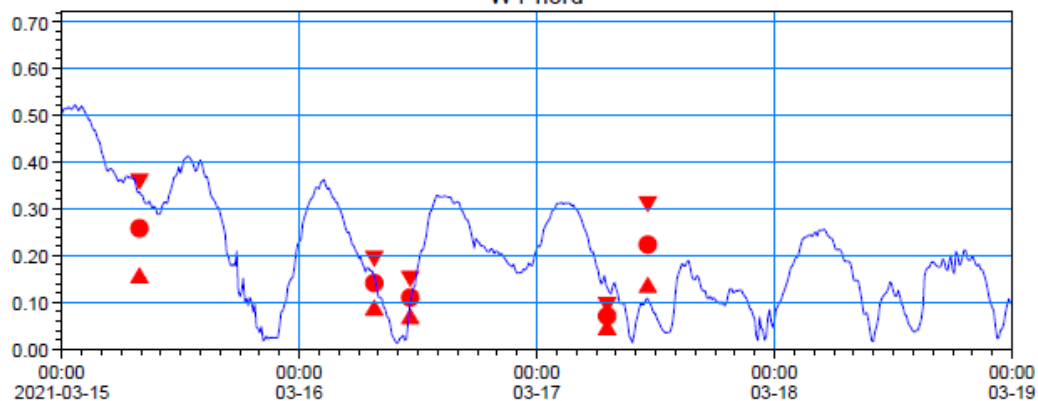


Marts 2021 - validering:



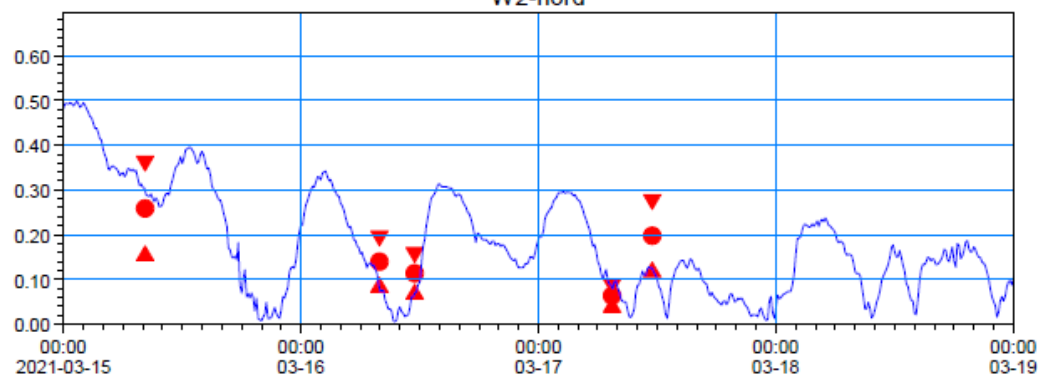
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s]	● ●
Min. fejl (nedre) [m/s]	▼ ▼
Min. fejl (øvre) [m/s]	▲ ▲
Modelleret [m/s]	—

W1-nord



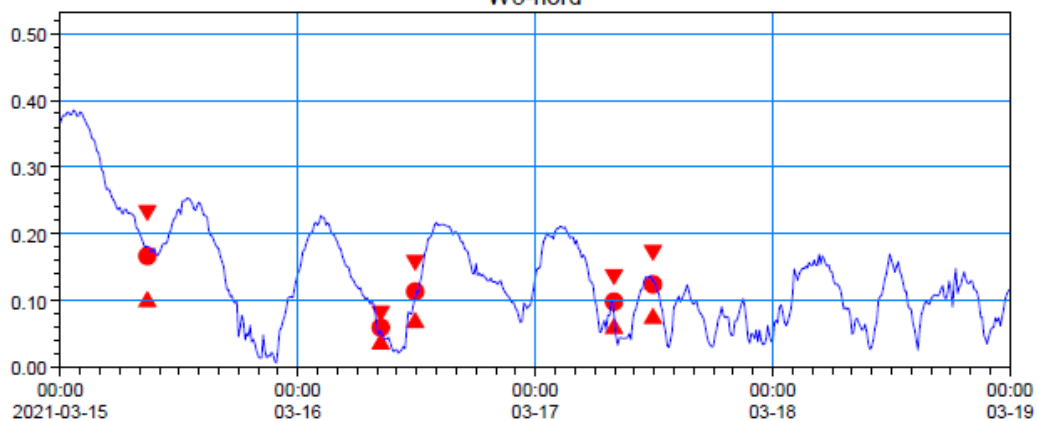
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s]	● ●
Min. fejl (nedre) [m/s]	▼ ▼
Min. fejl (øvre) [m/s]	▲ ▲
Modelleret [m/s]	—

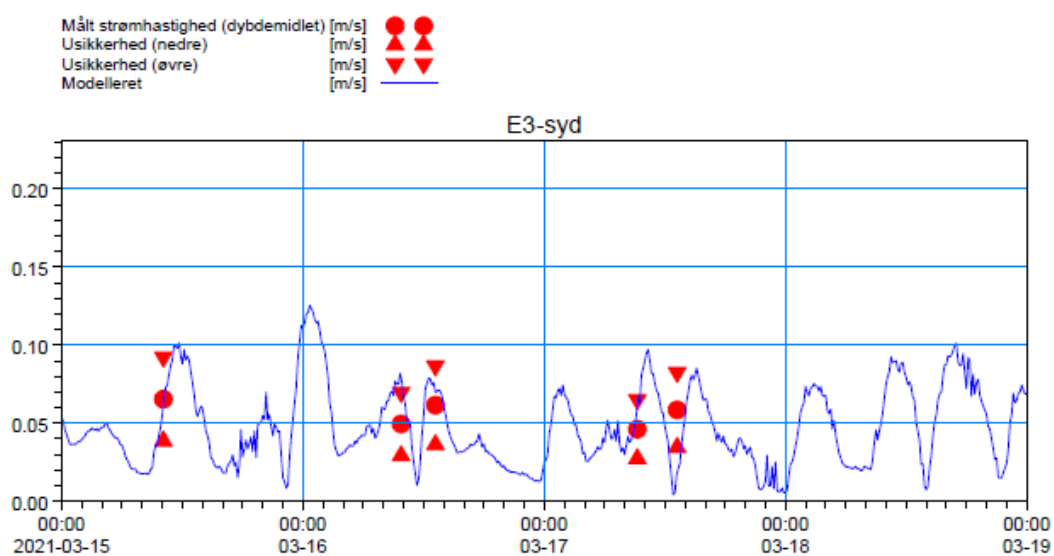
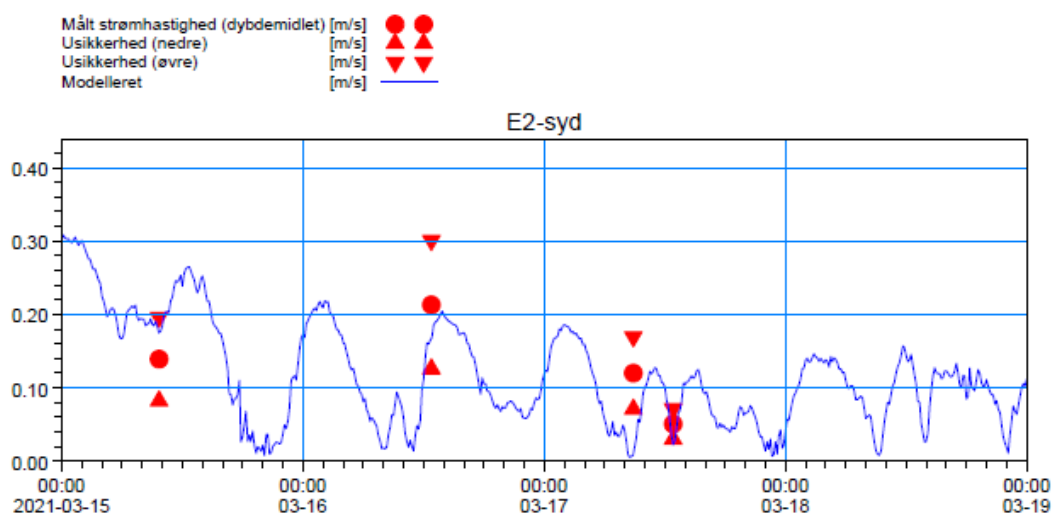
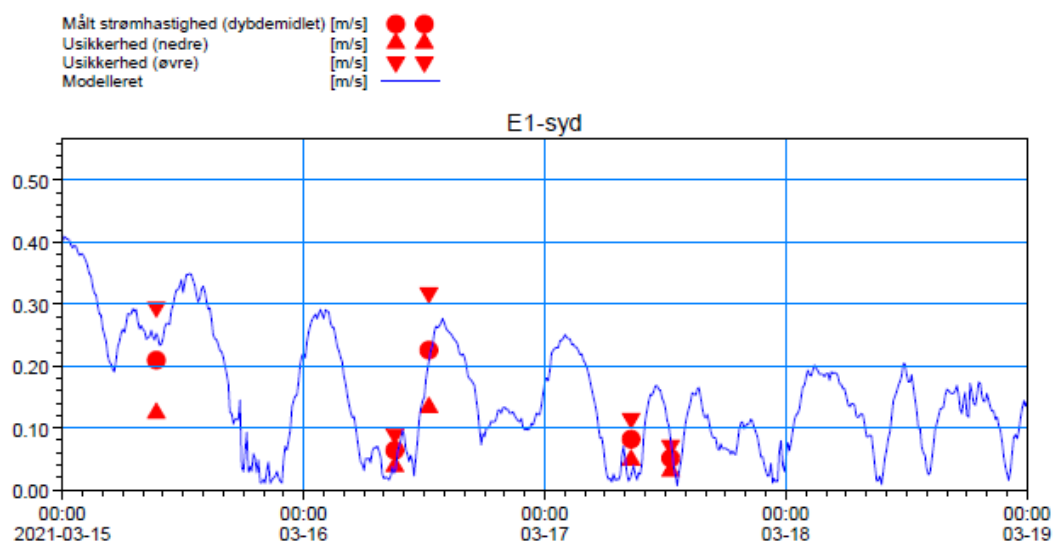
W2-nord



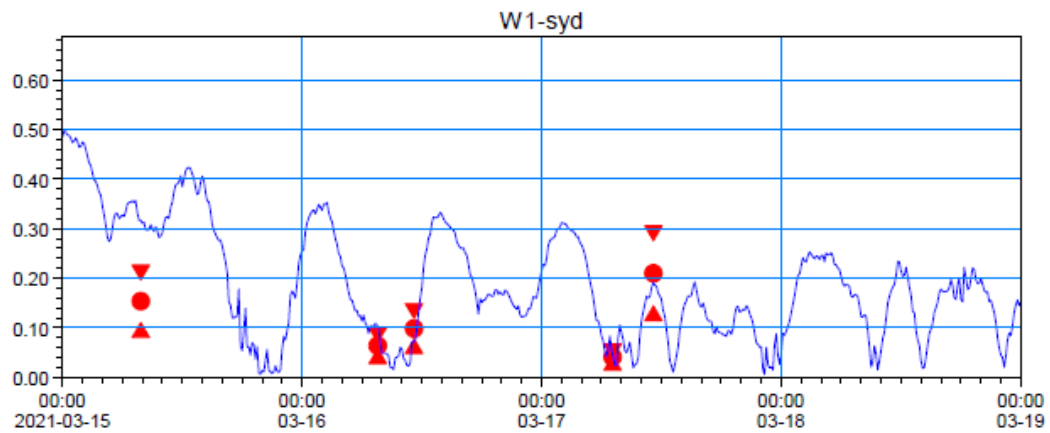
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s]	● ●
Min. fejl (nedre) [m/s]	▼ ▼
Min. fejl (øvre) [m/s]	▲ ▲
Modelleret [m/s]	—

W3-nord

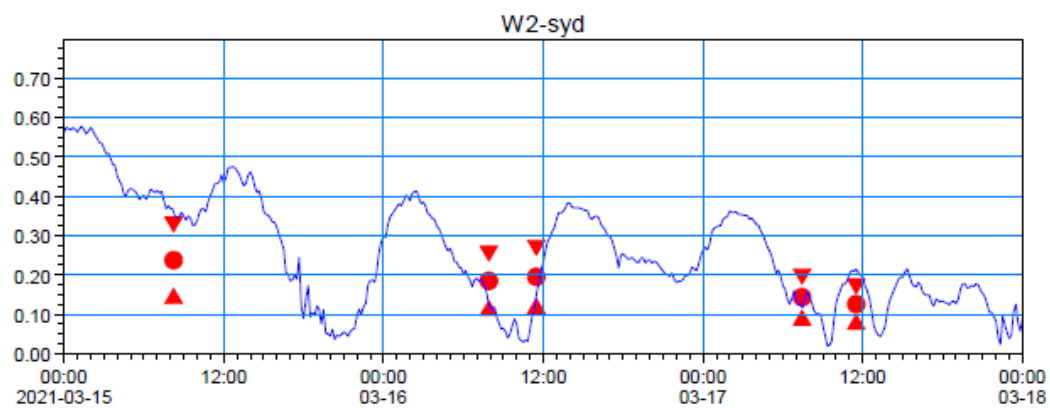




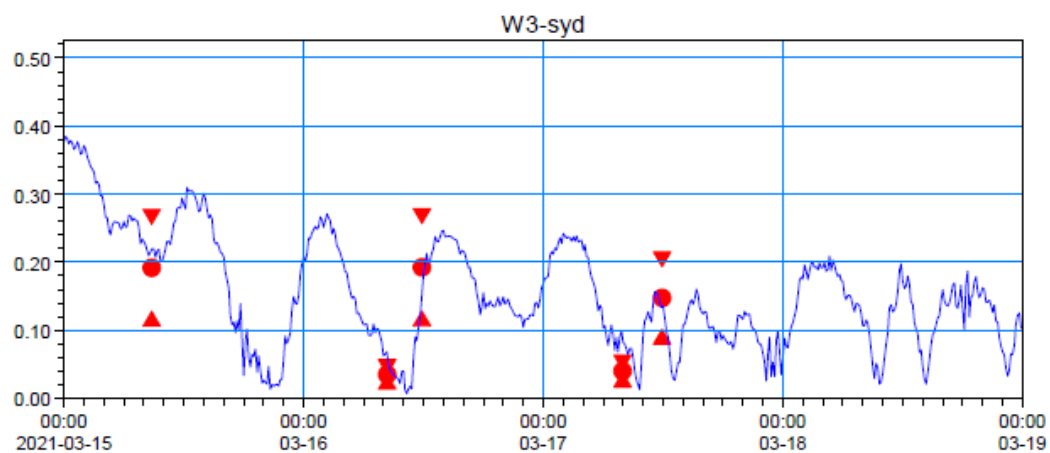
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲
 Modelleret [m/s] —



Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲
 Modelleret [m/s] —

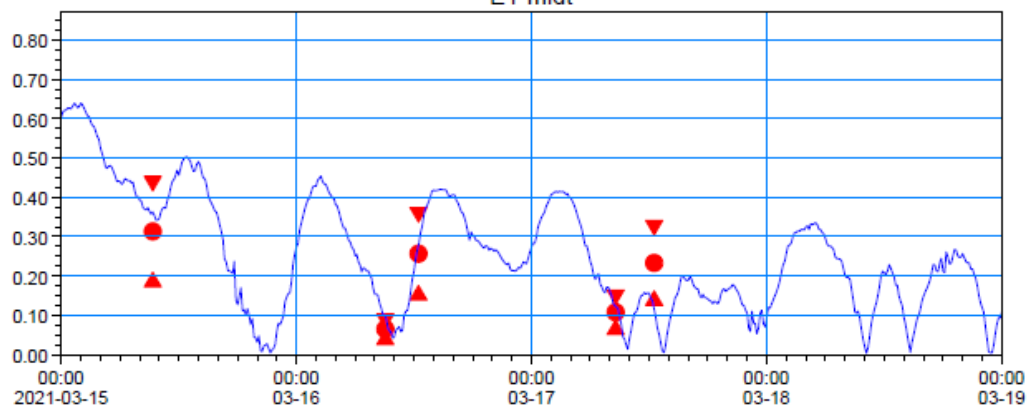


Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲
 Modelleret [m/s] —



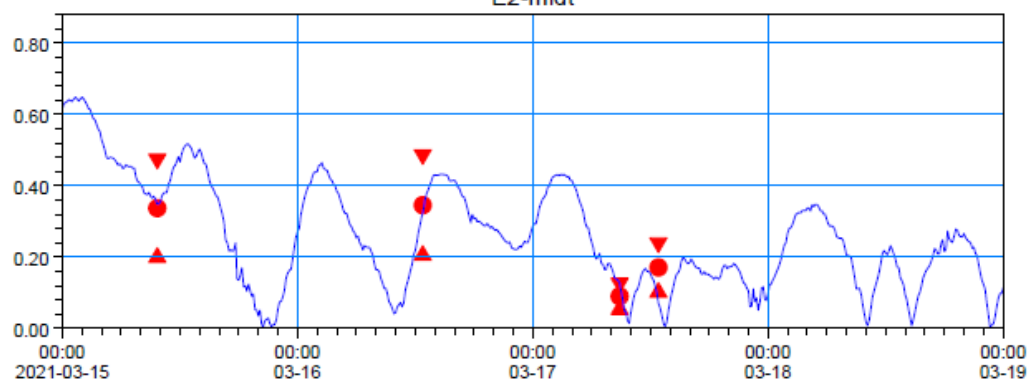
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲
 Modelleret [m/s] —

E1-midt



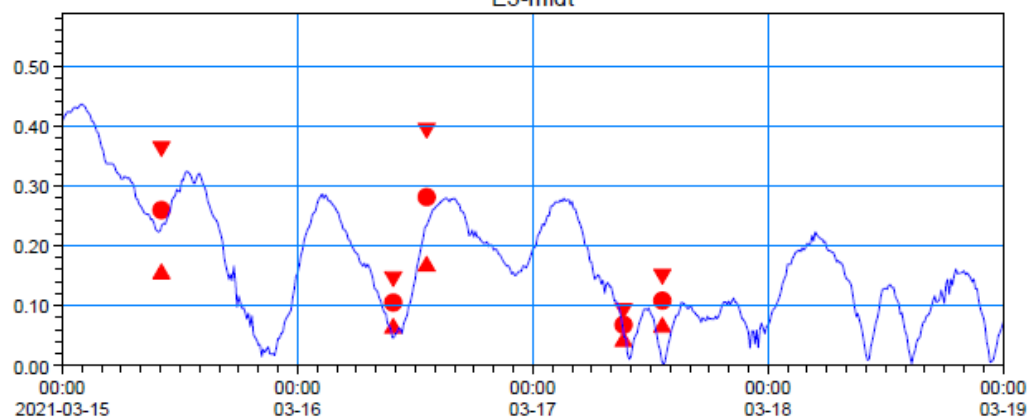
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲
 Modelleret [m/s] —

E2-midt



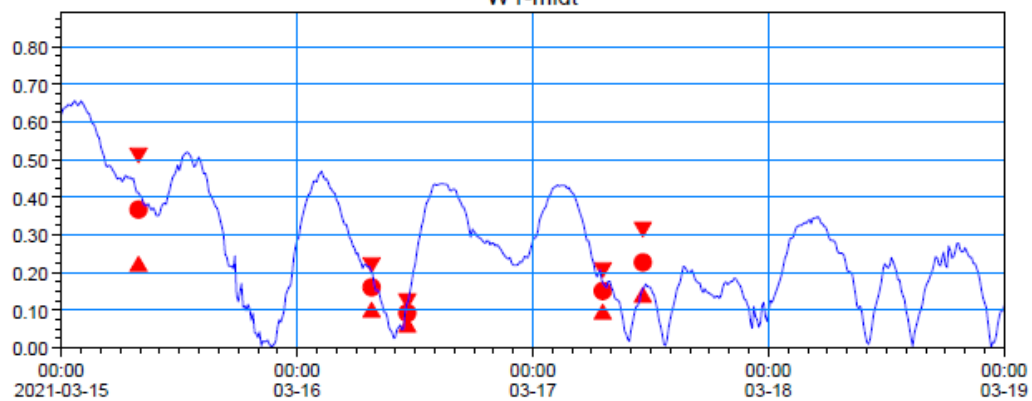
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲
 Modelleret [m/s] —

E3-midt



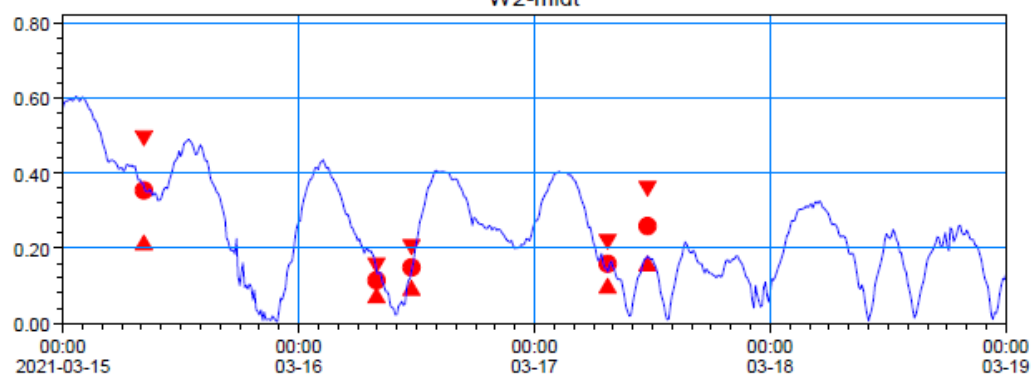
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲
 Modelleret [m/s] —

W1-midt



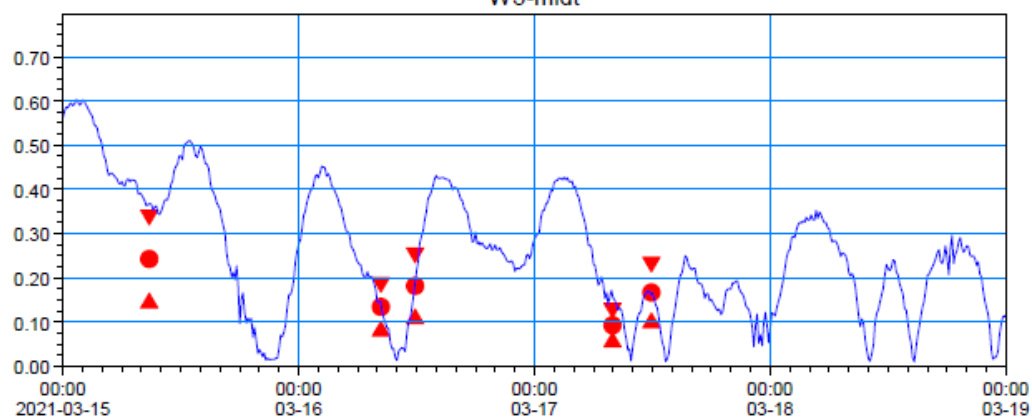
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲
 Modelleret [m/s] —

W2-midt



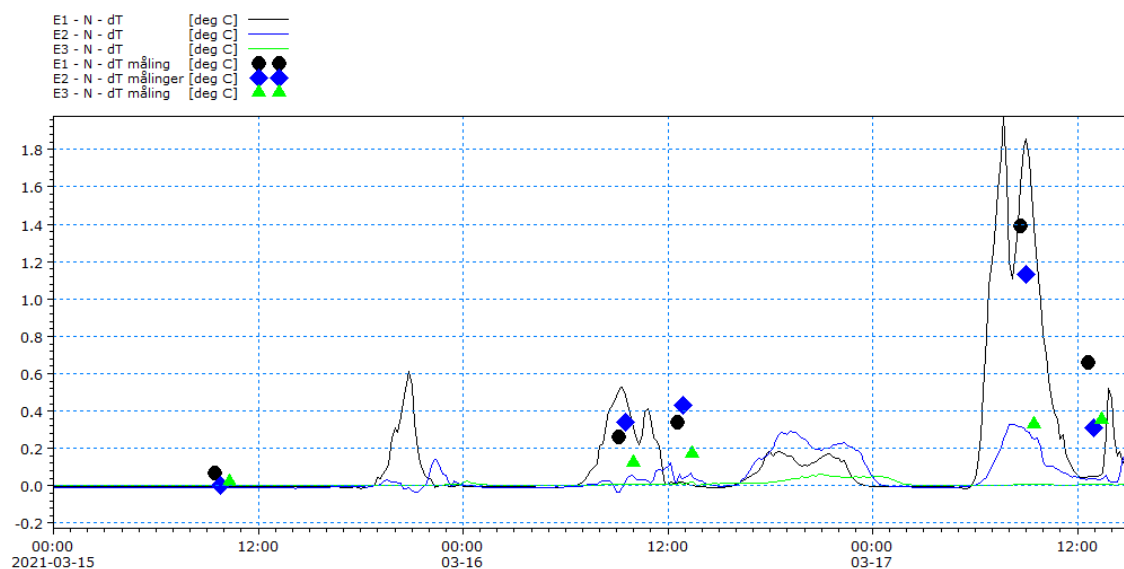
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲
 Modelleret [m/s] —

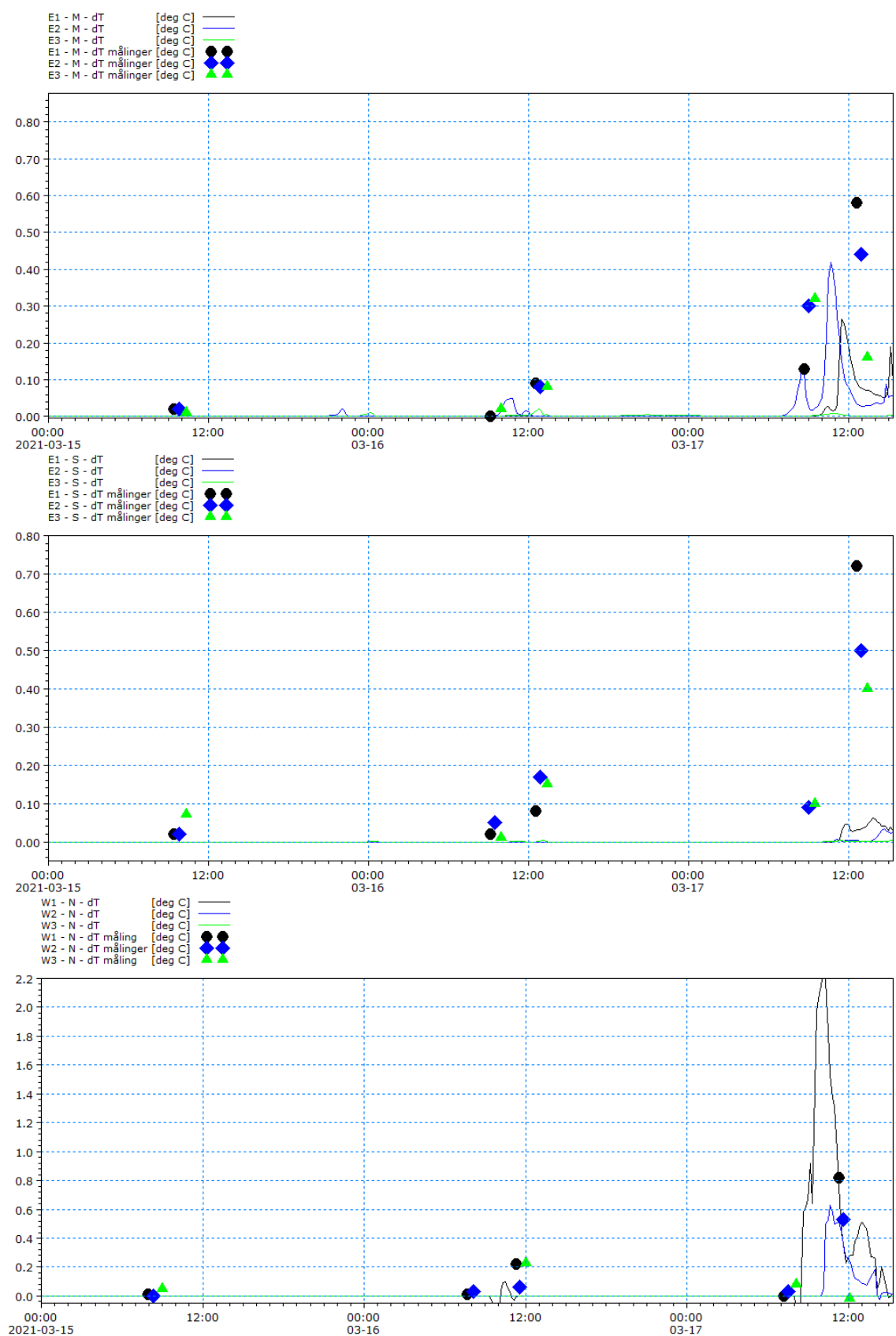
W3-midt

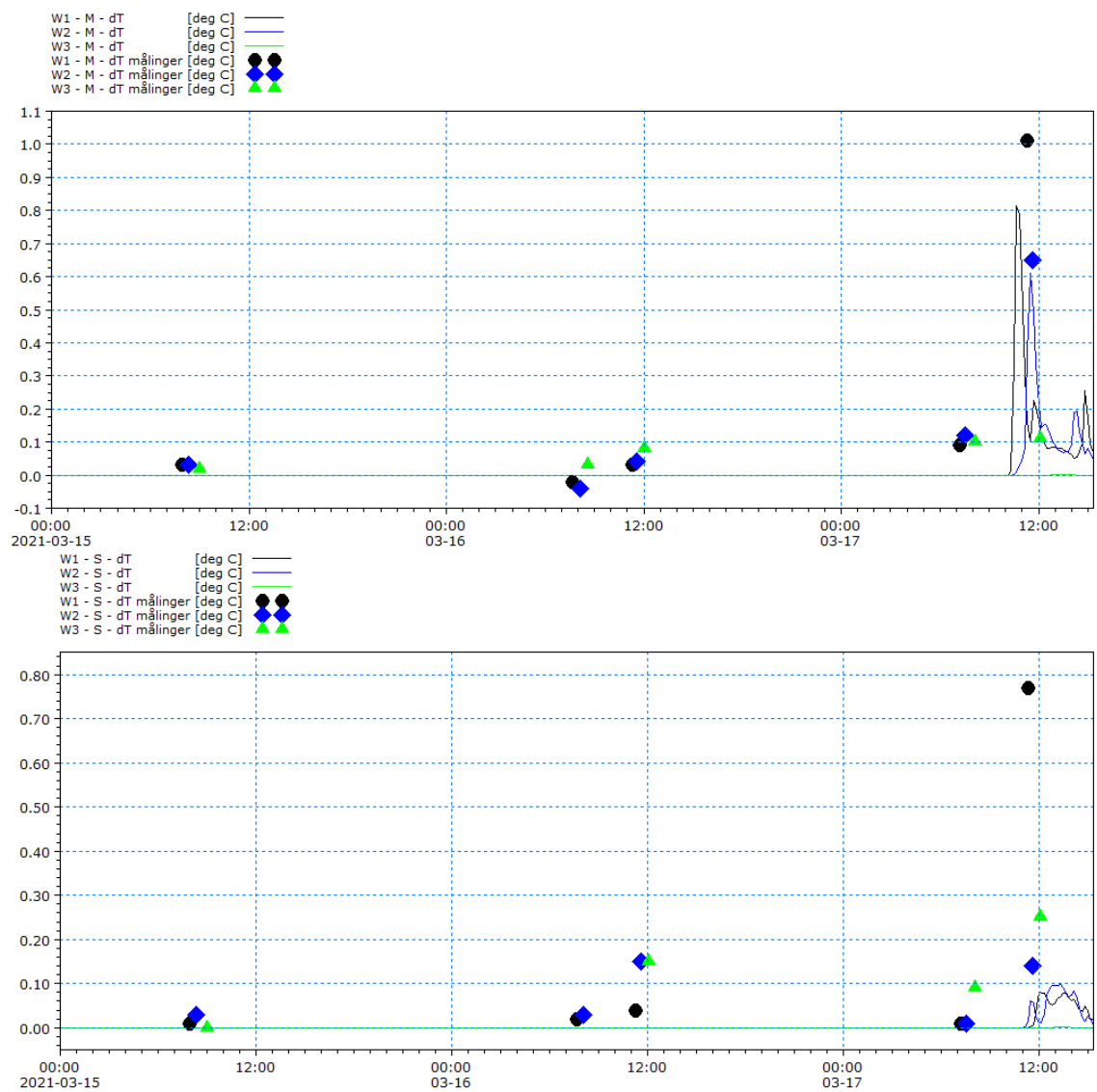


BILAG 2 – SAMMENLIGNING IMELLEM MÅLTE OG MODELLEREDE TEMPERATURER

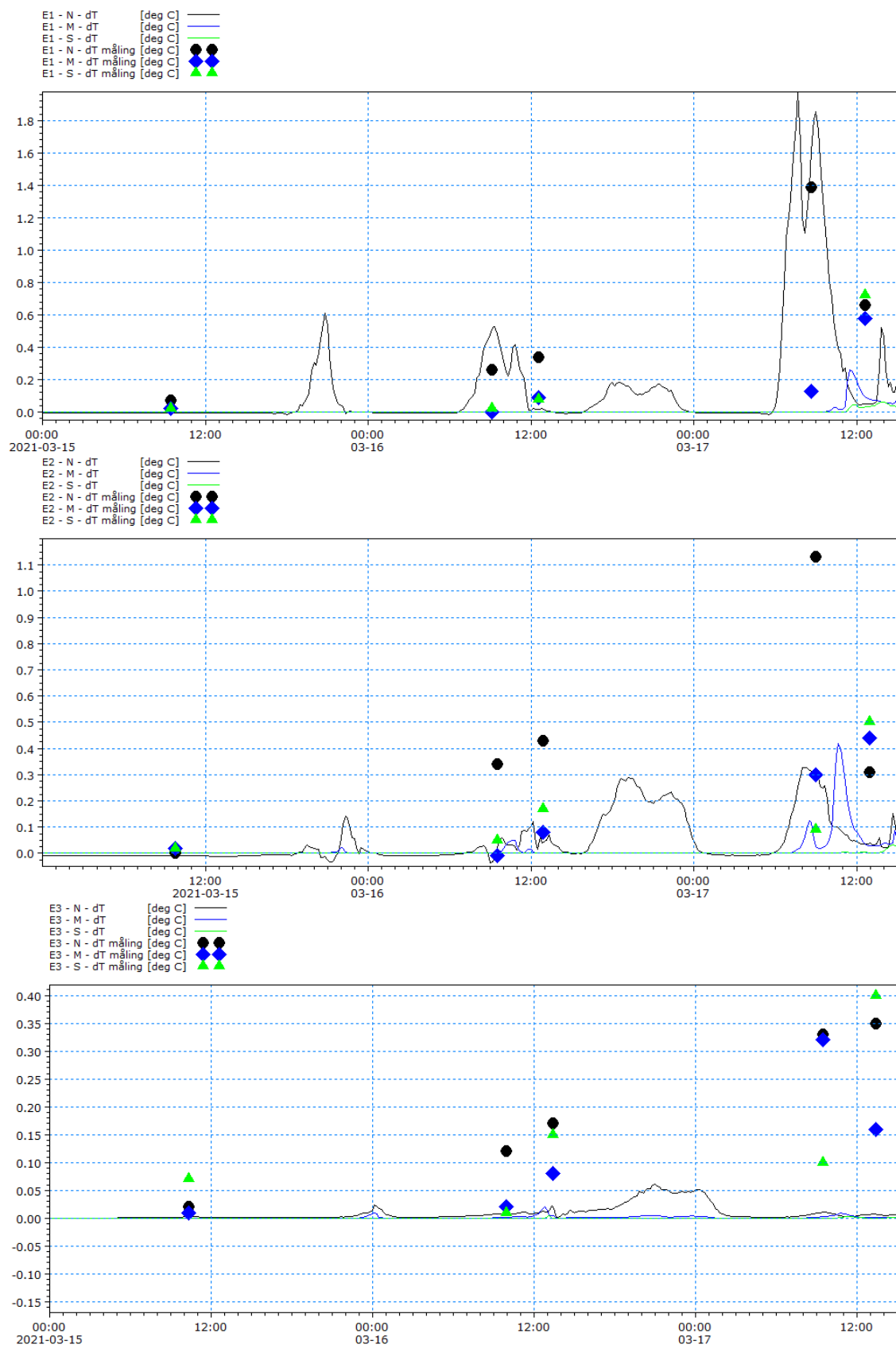
Marts – målt og modelleret temperatur opdelt i hhv. N, M og S.

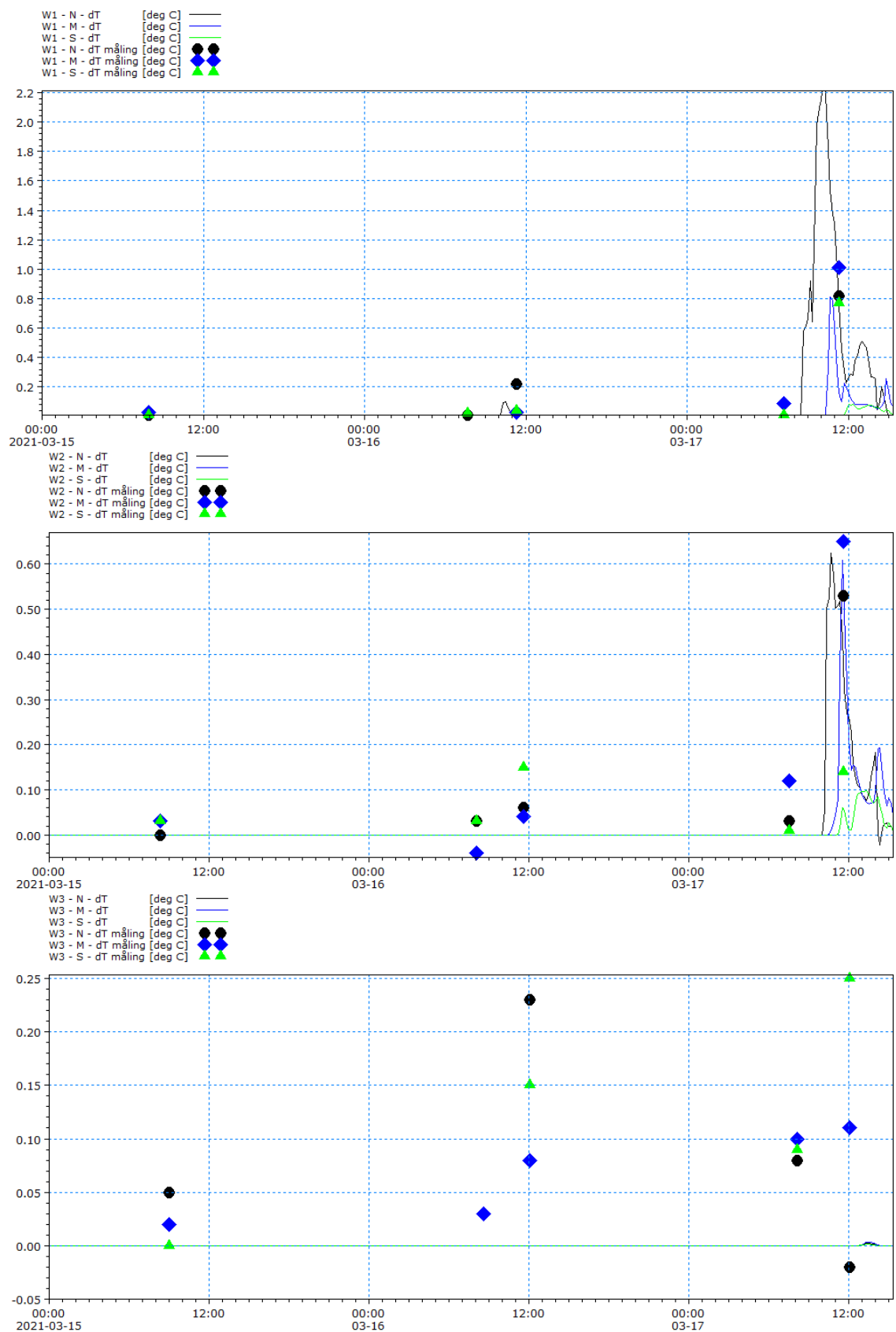






Marts – målt og modelleret temperatur opdelt pr. transekt.

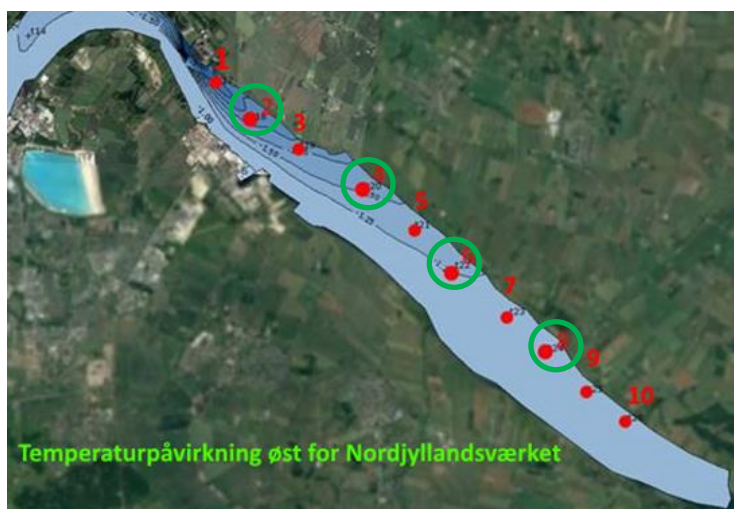




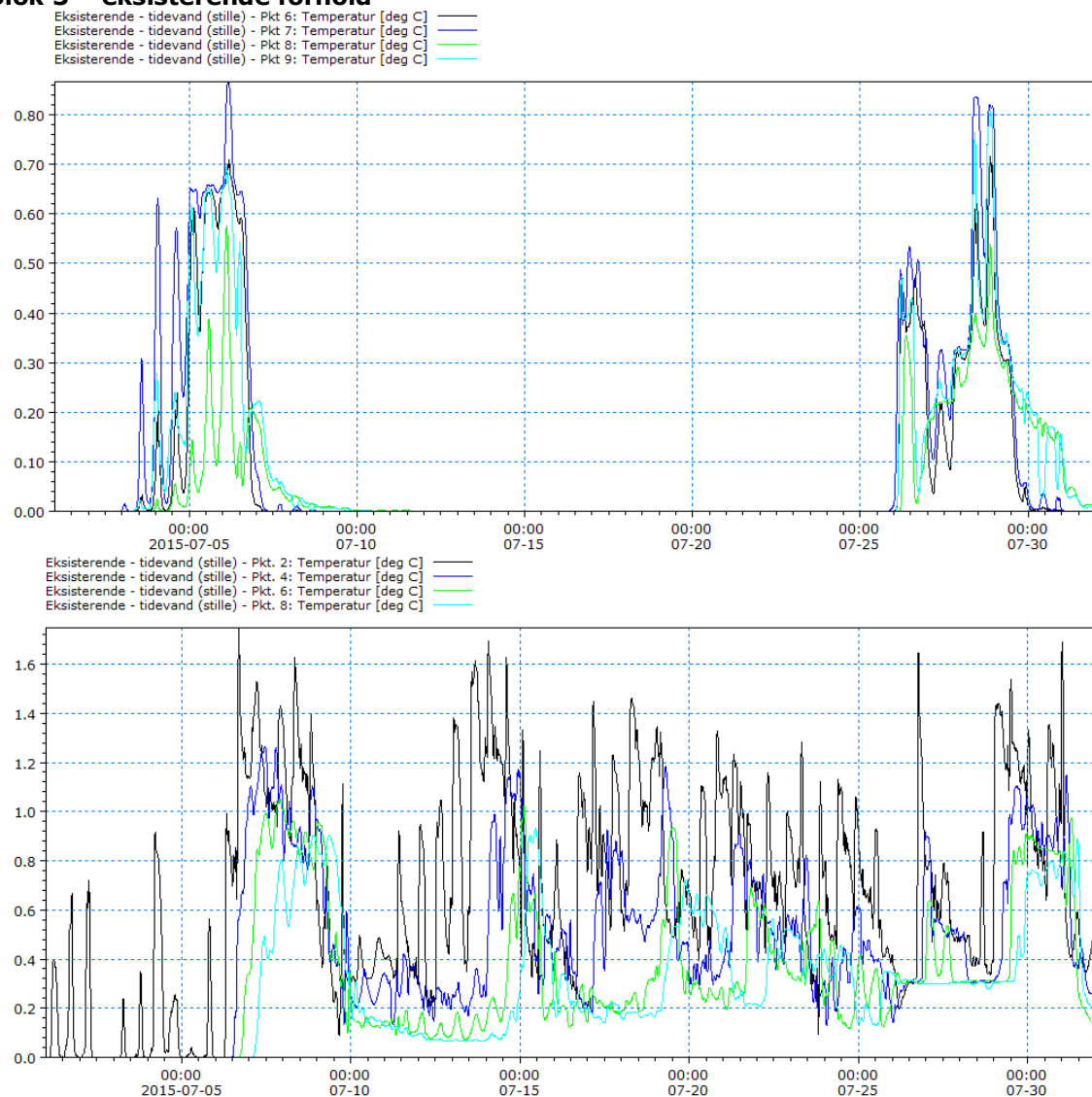
BILAG 3 – TIDSSERIER AF TEMPERATURÆNDRINGEN I UDVALGTE PUNKTER

I dette bilag præsenteres tidsserieplots af temperaturændringen for de tre hydrodynamiske scenarier.

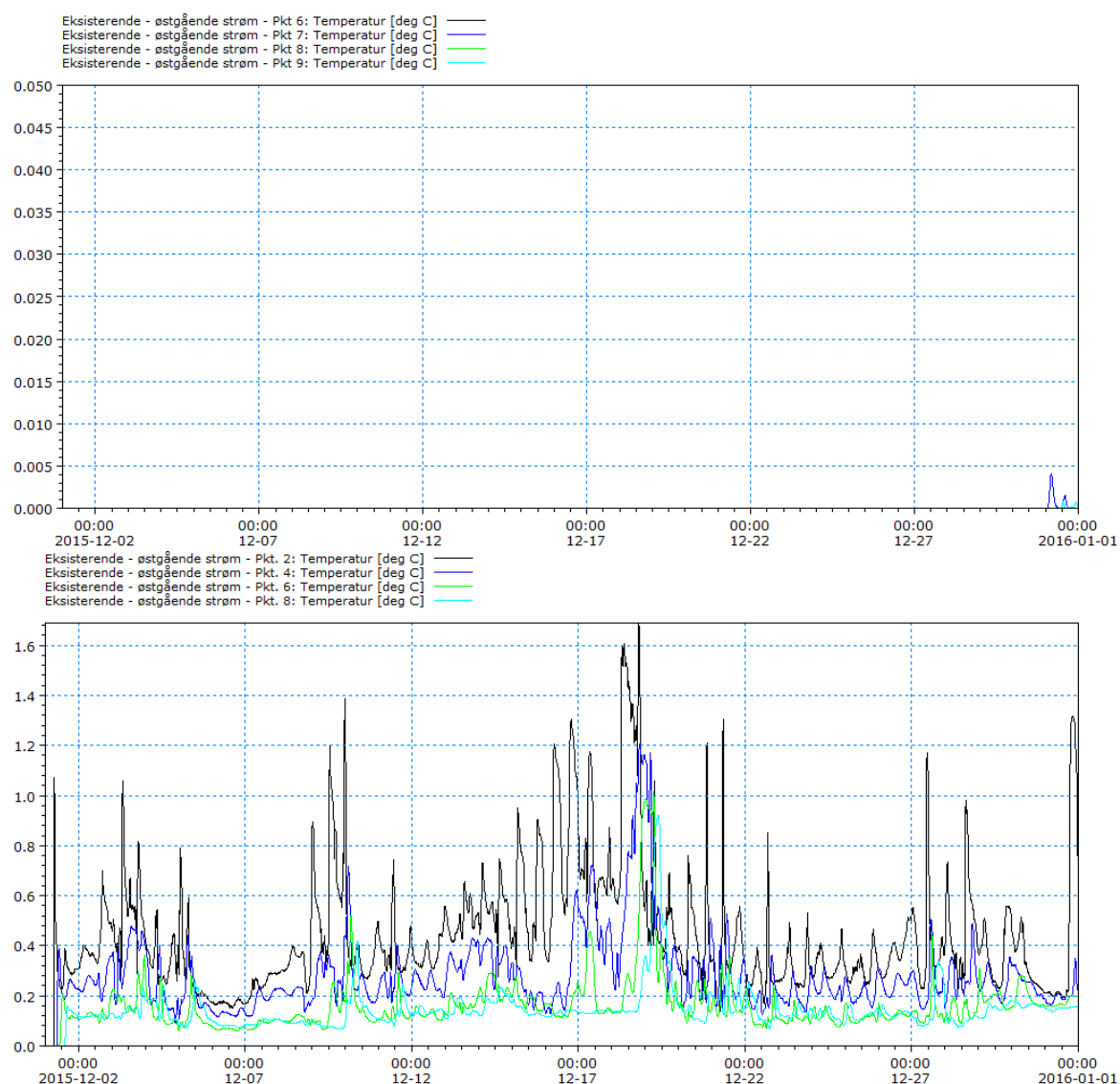
Tidsserier er taget ud i udvalgte punkter hhv. vest og øst for Nordjyllandsværket, se placering af punkterne på nedenstående figurer. Viste tidsserier er markeret med grøn cirkel.



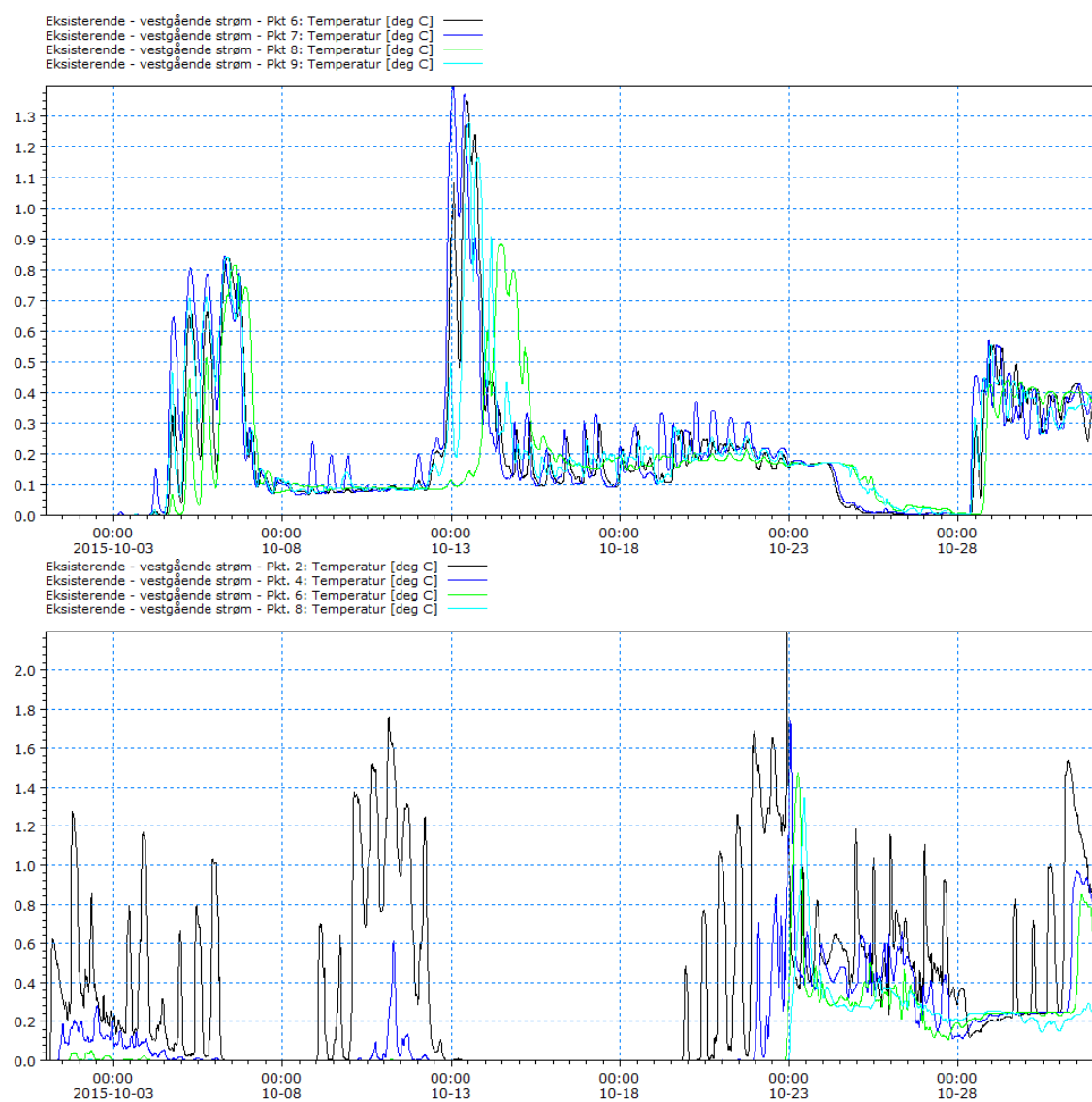
Blok 3 – eksisterende forhold



Figur 0-1: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).

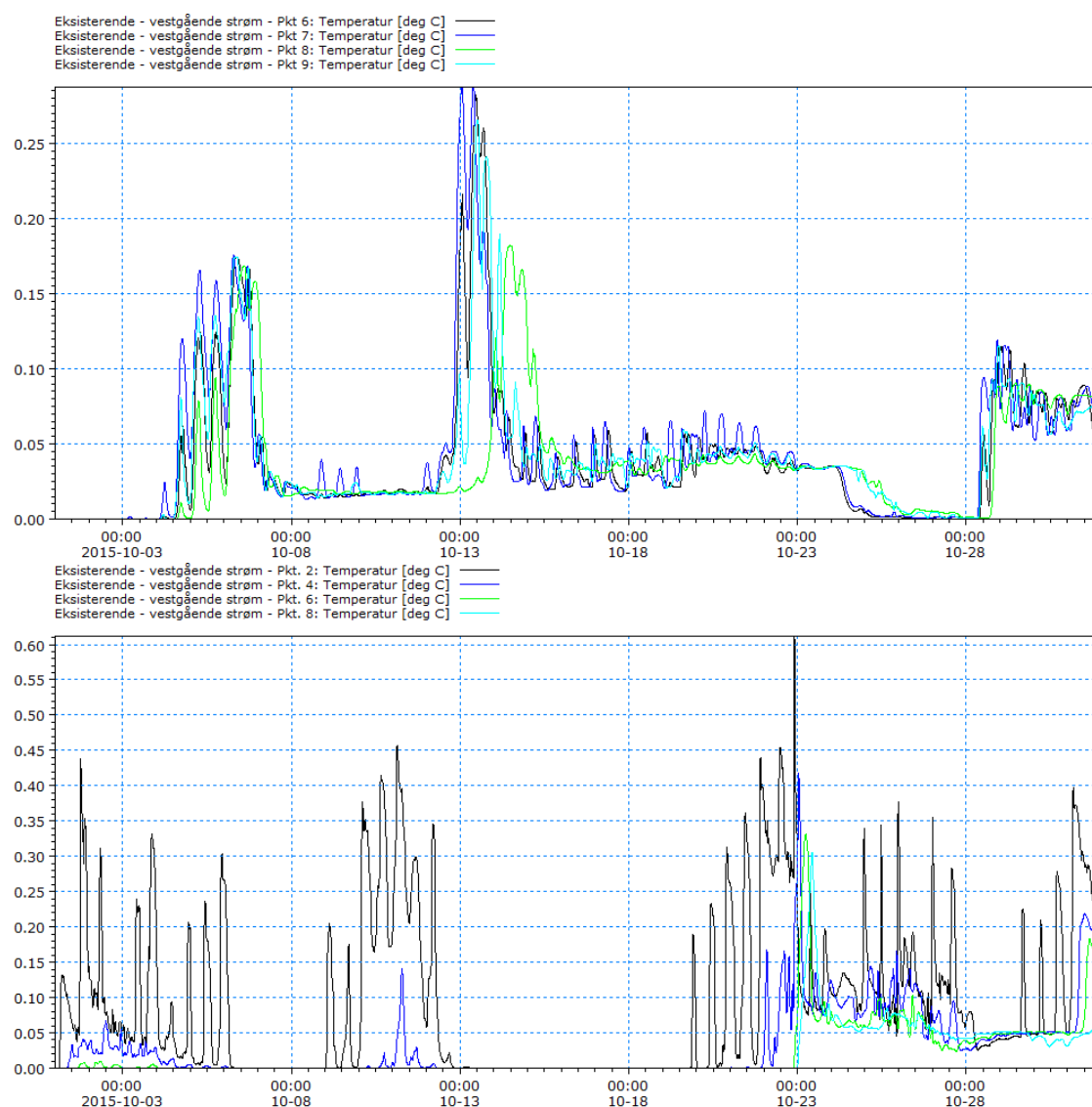


Figur 0-2: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).



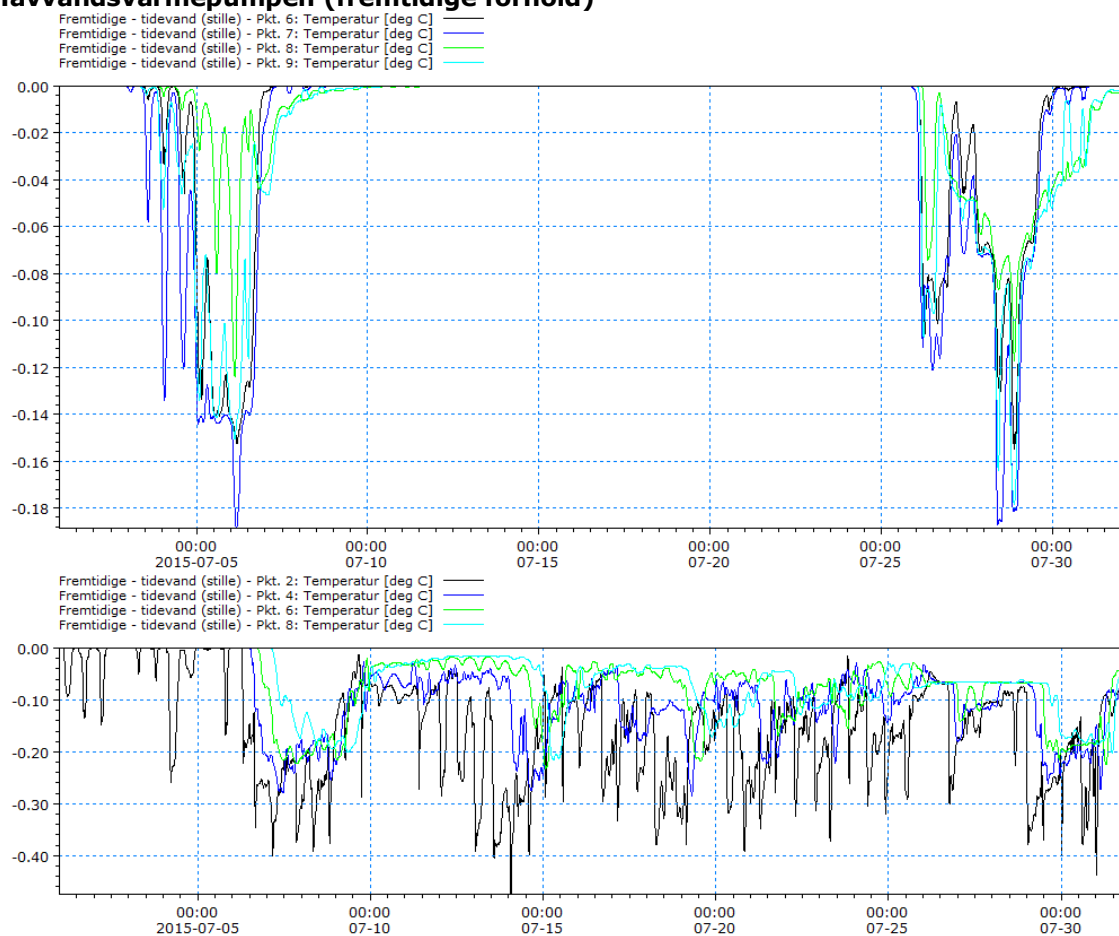
Figur 0-3: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).

Repræsentativt driftsscenarie for blok 3.

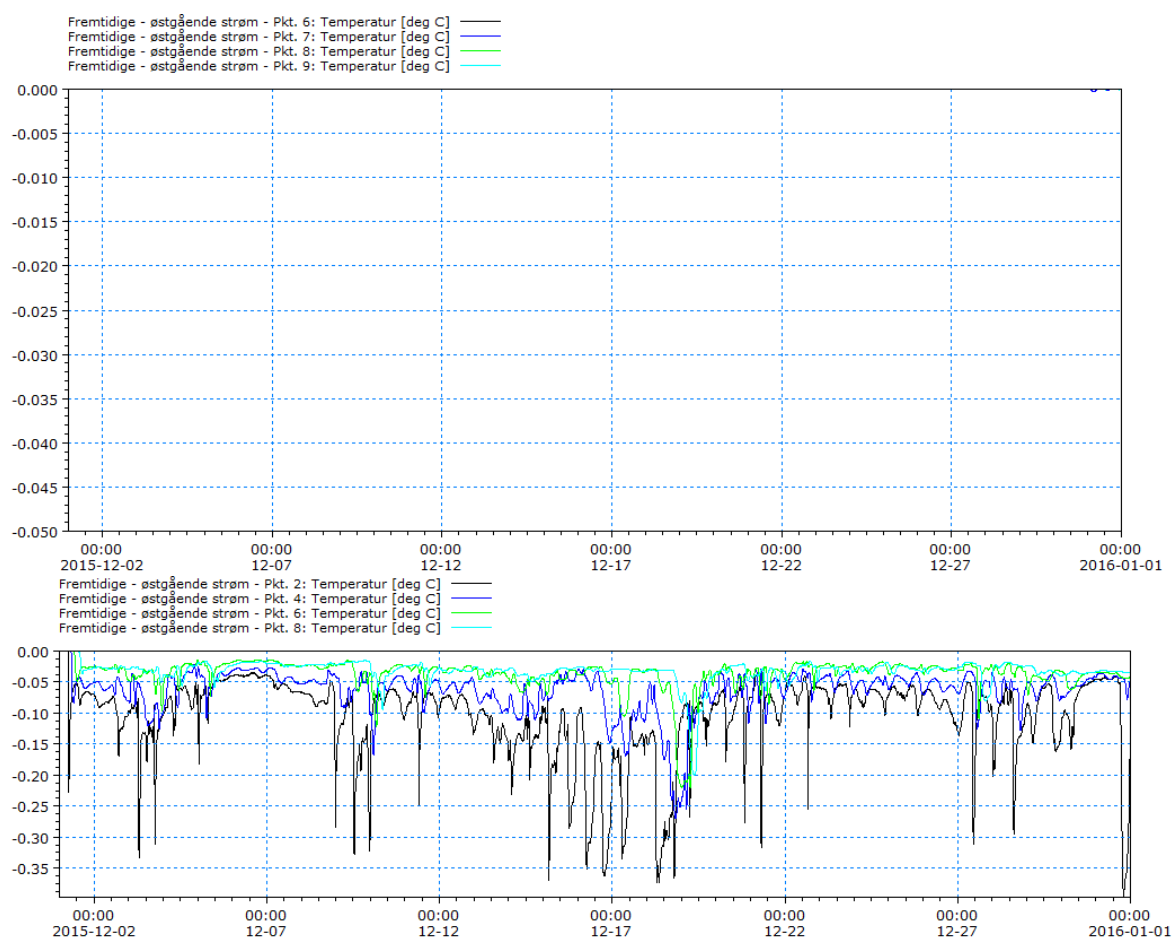


Figur 0-4: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).

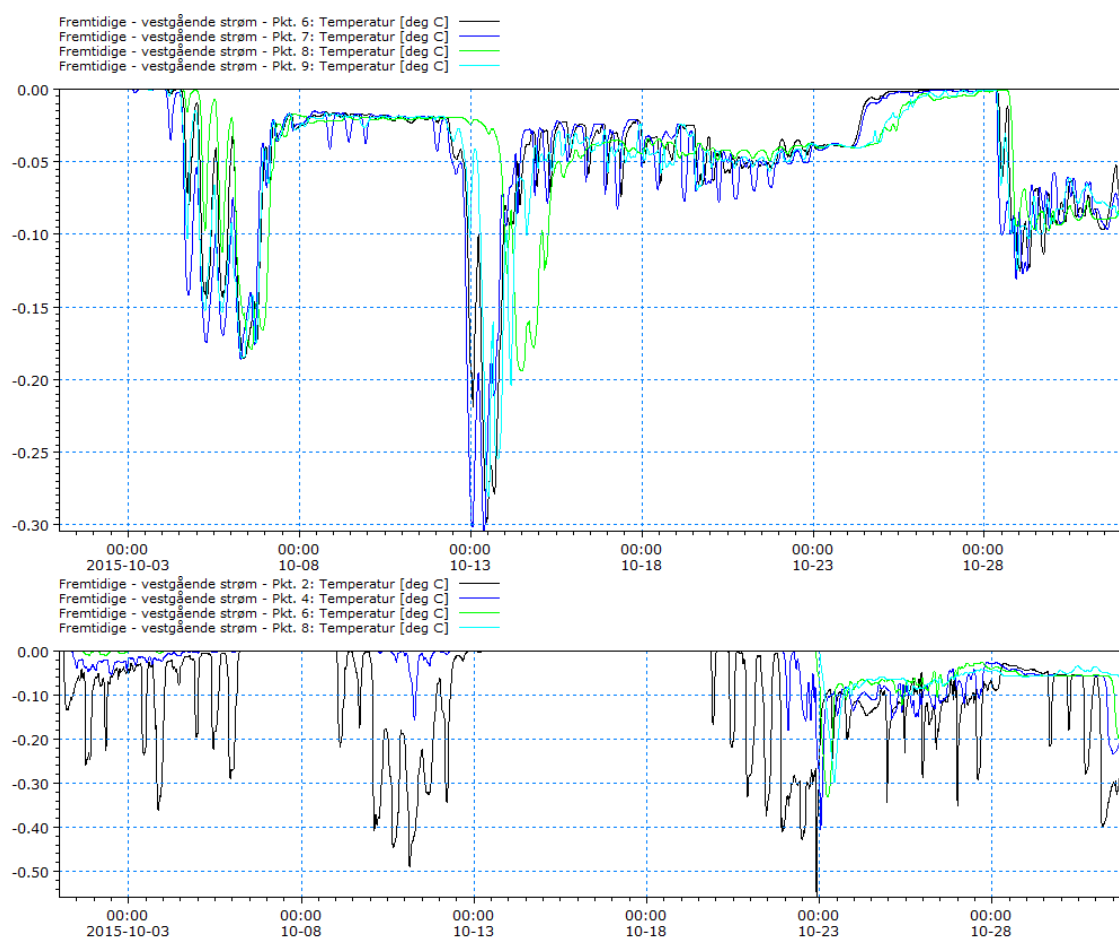
Havvandsvarmepumpen (fremtidige forhold)



Figur 0-5: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).



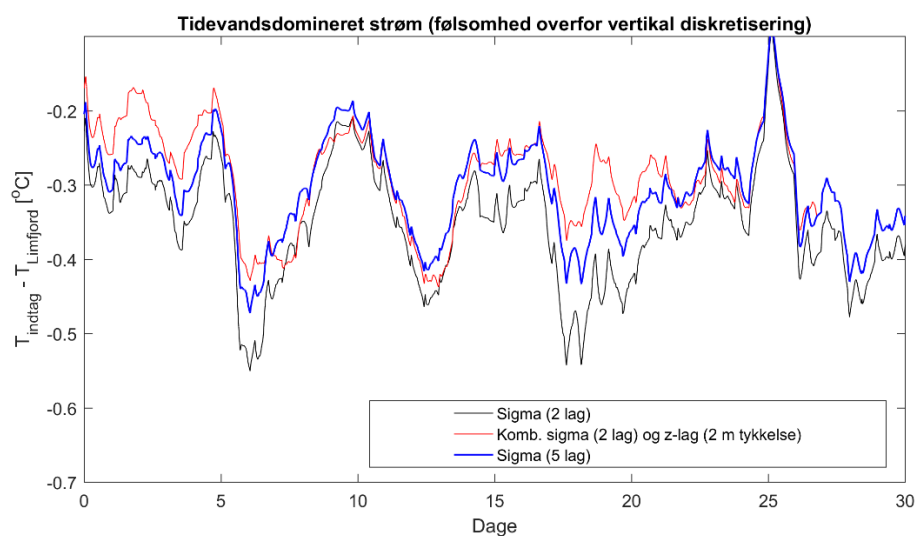
Figur 0-6: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).



Figur 0-7: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).

BILAG 4 – FØLSOMHED OVERFOR VERTIKAL DISKRETISERING I MODEL

Figur 0-1 viser sammenligninger af vandtemperatur ved havvandsindtaget (ved scenariet med tidevandsgenereret strøm) som følge af forskellige vertikale diskretiseringer i modellen. Som det fremgår af figuren, opstår den største temperaturreduktion ved tilfældet med to vertikale sigma-lag i modellen. Derfor er denne vertikale inddeling konservativt anvendt videre ifm. estimering af havvandsnedkølingen ved indtag.



Figur 0-1: Sammenligning af temperaturreduktion ved havvandsindtag for forskellige diskretiseringer af vandsøjlen (vertikal diskretisering) med hhv. 2 sigma lag, kombineret sigma- og z-lag, samt 5 sigmalag.

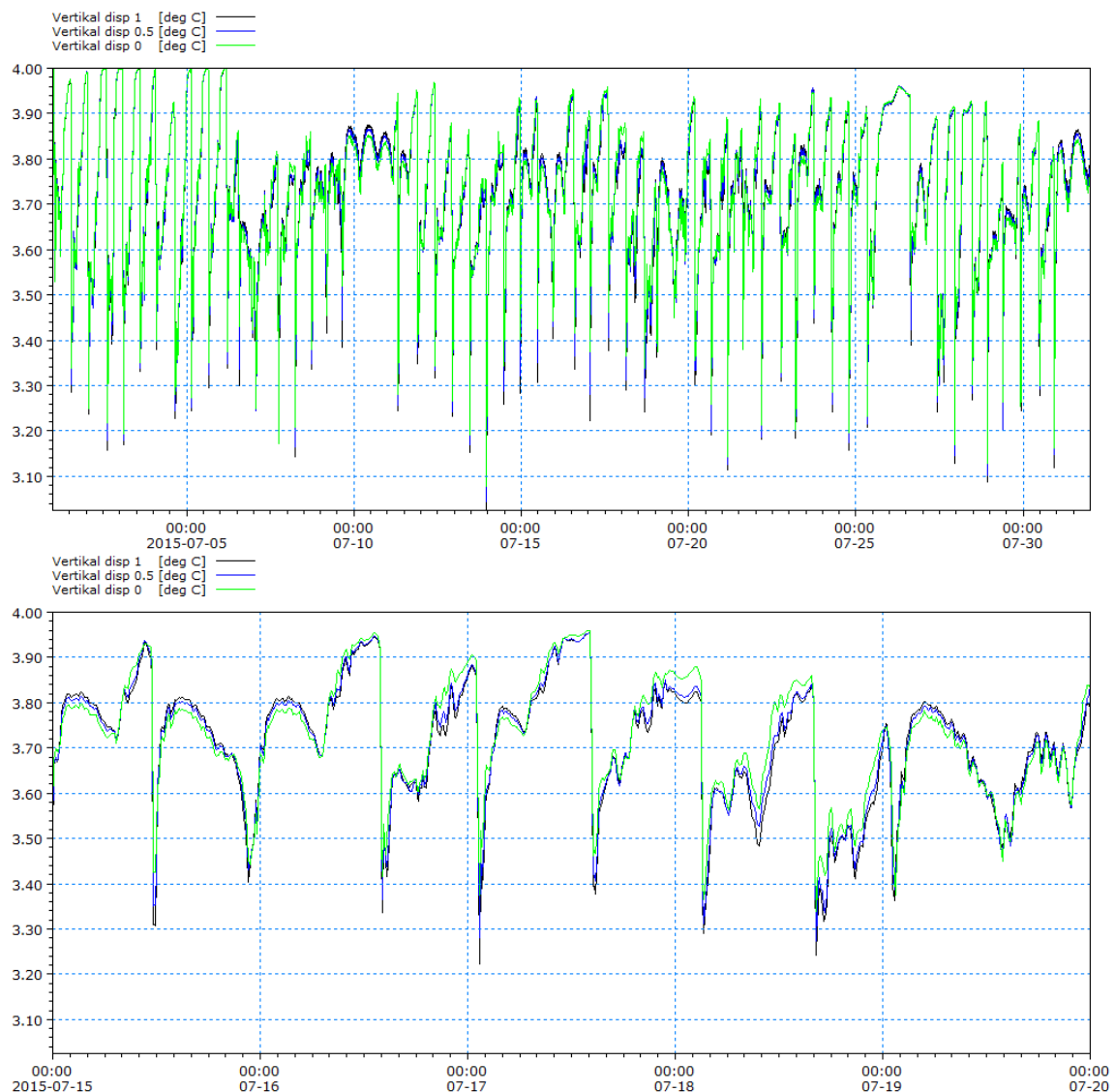
BILAG 5 – FØLSOMHEDSANALYSER - DISPERSION

I dette bilag præsenteres udvalgte resultater af modelberegninger med forskellige indstillinger af den horisontale og vertikale dispersion. Modelberegningerne er gennemført som en del af modelopsætningssimuleringerne samt følsomhedsanalyse ift. at vurdere hvor stor betydning den anvendte dispersionskoefficient har for de opnåede resultater.

Dispersion er generelt beskrevet som en skalering af hvirvelviskositeten "scaled eddy viscosity".

Vertikal dispersion

For indledende modelsimuleringer af fremtidige forhold med en konstant baggrundstemperatur på 4°C og en udløbstemperatur på 2°C fra havvandsvarmepumpeanlægget er temperaturen ved indtaget for forskellige vertikale dispersionskoefficienter præsenteret i figur 0-1. Som det fremgår, ændres temperaturen ved indtaget ikke signifikant med dispersionskoefficienten.

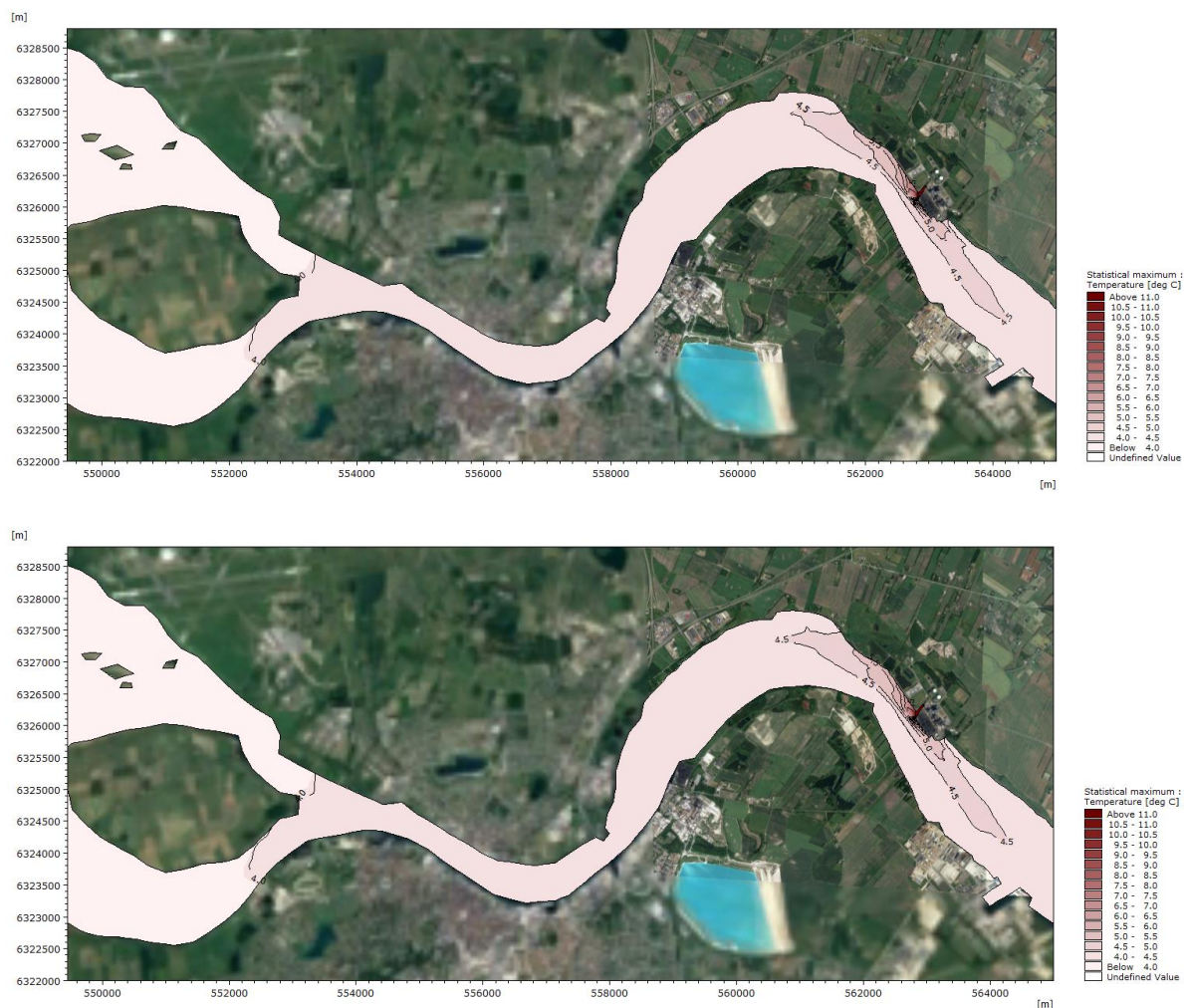


Figur 0-1: Tidsserie af temperaturen ved indtaget for tre forskellige grader af vertikal dispersion. De endelige modelberegninger er kørt for en vertikal dispersion på 0,5.

Horizontal dispersion

For kalibreringssimuleringerne er der gennemført modelberegninger med forskellige grader af horisontal dispersion. Modelberegningerne er gennemført for en periode i marts 2021, hvor Nordjyllandsværket periodevist kørte kondensdrift.

Resultaterne fra simuleringerne er vist som statistiske arealplots for maks. vandtemperatur i hver beregningscelle i modelområdet i simuleringsperioden. Der er således ikke tale om øjebliksplots af temperaturen i Limfjorden. Resultaterne i figur 0-2 og Figur 0-3er vist for det øvre lag.



Figur 0-2: Statistiske maks. temperatur i modelområdet for kalibreringsmodelberegninger for en horisontal dispersion på 1 (øverst) og en horisontal dispersion på 0 (nederst).



Figur 0-3: Statistiske maks. temperatur i modelområdet for kalibreringsmodelberegninger for en horisontal dispersion på 1 (øverst) og en horisontal dispersion på 0 (nederst) i området omkring Nordjyllandsværket.

Som det fremgår, er temperaturudbredelsen ikke signifikant påvirket af den anvendte dispersionkoefficient, hvormed vurderingen er, at vandfanerne i højere grad bevæges via advektion (strøm) og resultaterne er således robuste ift. den implementerede dispersionskoefficient.

Til

Aalborg Forsyning - Nordjyllandsværket

Dokumenttype

Rapport

Dato

September 2021

HAVVANDSVARMEPUMPE VED NORDJYLLANDSVÆRKET

**NATURA 2000 VÆSENTLIGHEDSVURDERING OG VURDE-
RING I FORHOLD TIL VANDRAMMEDIREKTIVET**

Projektnavn	AF-inddheat-Teknisk Rådgivning-Havvands VP
Projektnr.	1100045210
Modtager	Aalborg Forsyning - Nordjyllandsværket
Dokumenttype	Natura 2000 Væsentlighedsvurdering
Version	4
Dato	17-09-2021
Udarbejdet af	HFV
Kontrolleret af	MKMG
Godkendt af	SLA

INDHOLD

1.	Indledning	1
1.1	Baggrund	1
1.2	Metode	2
2.	Projektbeskrivelse	5
2.1	Potentielle påvirkninger i anlægs- og driftsfase	7
3.	Indledende screening af nærliggende Natura 2000-områder	10
4.	N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal	12
4.1	Eksisterende forhold	12
4.2	Udpegningsgrundlaget og bevaringsmålsætninger	12
4.3	Potentiel påvirkning af marine naturtyper	21
4.4	Potentiel påvirkning af arter	27
4.5	Potentiel påvirkning af fugle	28
4.6	Sammenfattende vurdering af Natura 2000-område N15	28
5.	Vurdering af øvrige naturforhold	30
5.1	Bilag IV-arter	30
5.2	Vandområdeplan Jylland og Fyn	30

1. INDLEDNING

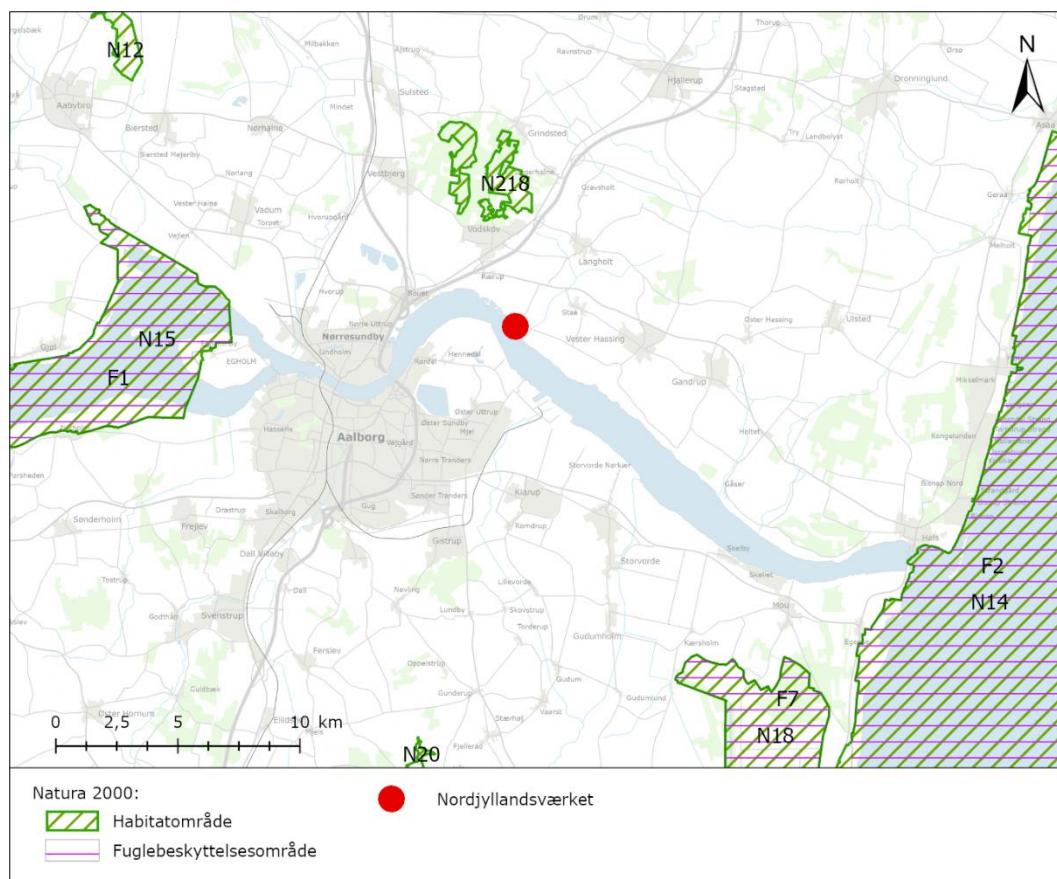
1.1 Baggrund

Aalborg Forsynings mål er at etablere en ny fjernvarmeproduktion, der er økonomisk fordelagtig for varmemeforbrugerne i Aalborg, Nørresundby, som samtidig er grøn og fleksibel. Derudover har Aalborg Forsyning et ønske om, at den nye fjernvarmeproduktion skal være baseret på et udvalg af modne teknologier med hensyn til høj forsyningssikkerhed og for at gøre forbrugernes varmepris robust overfor ændringer i markedsvilkår. Det er politisk besluttet at nedlægge Nordjyllandsværket seneste i 2028. Aalborg Forsyning søger derfor at finde alternative varmeproduktions muligheder, heriblandt havvandsvarmepumpen.

Aalborg forsyning ønsker, at etablere et 150 MW havvandsbaseret varmepumpeanlæg placeret ved Nefovej med eksisterende havvandsindtag indbygget i Nordjyllandsværkets kølevandssystem. Placeringen på Nefovej er valgt, så den eksisterende infrastruktur for fjernvarme kan udnyttes, samtidig med at der er gunstig adgang til havnefaciliteter og havvand.

Varmepumpernes varmekilde er havvand, som pumpes ind fra eksisterende kølevandssystem og udledes igen til eksisterende kølevandssystemet. Da der vil ske en nedkøling af havvandet ved udvindning af varme skal det vurderes om etablering og drift af havvandsvarmepumperne potentielt kan udgøre en væsentlig påvirkning af nærliggende Natura 2000-områder.

Nærmeste Natura 2000-områder er N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord, som ligger ca. 19 km mod øst, og N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, som ligger ca. 11 km mod vest (Figur 1-1). Natura 2000-områder som ligger på land (N218, N12 og N18), vurderes ikke at blive påvirket af projektet, da potentielle påvirkninger knytter sig til søterritoriet.



Figur 1-1. Natura 2000-områder nær havvandsvarmepumpen ved Nordjyllandsværket (markeret med rødt punkt). N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord ligger øst for anlægget og N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal ligger vest for anlægget. Figur fra MiljøGIS for basisanalyser for Natura 2000-planer 2022-2027. De øvrige Natura 2000-områder (N218, N12 og N18) ligger på land og påvirkes derfor ikke af projektet.

1.2 Metode

Afsnittet beskriver anvendte metoder til beskrivelse af eksisterende forhold og vurdering af påvirkninger.

1.2.1 Metode til beskrivelse af den aktuelle miljøstatus

Natura 2000-områdernes tilstand beskrives på baggrund af eksisterende viden om områderne og de udpegede naturtyper og arter, som potentielt kan blive påvirket. Til kortlægning af nærliggende Natura 2000-områder er anvendt:

- MiljøGIS for Natura 2000-planer¹
- MiljøGIS for Natura 2000-basisanalyser²
- MiljøGIS for vandområdeplanerne 2015-2021 for kystnære vandområder³

¹ MiljøGIS for Natura 2000-planer 2016, <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?&&profile=natura2000planer2-2016>.

² MiljøGIS for Natura 2000-basisanalyse 2022-2027. <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=natura2000planer3basis2020>.

³ MiljøGIS for Vandområdeplanerne 2015-2021 <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?&profile=vandrammedirektiv2-bek-2019>.

Til vurderingerne foretages først en overordnet beskrivelse af de Natura 2000-områder, der forekommer inden for en afstand, hvor potentielle påvirkninger fra projektet vurderes, at kunne forekomme. Herefter beskrives forekomst og udbredelse af udpegningsgrundlagets arter og naturtyper for relevante Natura 2000-områder. Data om udbredelse, bevaringsstatus og naturtilstand for naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget tager udgangspunkt i følgende basisanalyser, naturplaner og NOVANA overvågning:

- Natura 2000-planer^{4 5}
- Basisanalyser^{6 7}
- NOVANA overvågning og rapporter^{8 9}

I den efterfølgende vurdering gennemføres en trinvis screening. Første trin består i at vurdere hvilke Natura 2000-områder, der skal indgå i væsentlighedsvurderingen. Derefter foretages en væsentlighedsvurdering af de Natura 2000-områder, der er vurderet relevante. Væsentlighedsvurderingen gennemføres ved at det samlede udpegningsgrundlag først vurderes overordnet i forhold til de forventede potentielle påvirkninger fra projektet. Naturtyper og arter, der ikke forventes at kunne blive påvirket, behandles ikke yderligere. Naturtyper og arter, der potentielt er følsomme overfor de forventede påvirkninger, og som derfor kan blive påvirket, beskrives i forhold til deres karakter, udbredelse, tilstand og sårbarhed. Til sidst gives en vurdering af, om projektets mulige påvirkninger kan være af væsentlig karakter, for hver enkelt af disse naturtyper og arter.

1.2.2 Metode til vurdering af påvirkninger

For Natura 2000-områder og deres udpegningsgrundlag gælder en særlig procedure i forhold til at vurdere et projekts påvirkning. Vurderingen skal ifølge habitatdirektivet ske i form af en væsentlighedsvurdering, som har til formål at vurdere, om en væsentlig påvirkning af områdets udpegningsgrundlag kan afvises. Hvis det ikke er tilfældet, skal der gennemføres en uddybende Natura 2000-konsekvensvurdering, der har til formål at vurdere om projektet vil medføre en skadevirkning på områdets udpegningsgrundlag og dermed områdets integritet.

1.2.3 Lovgrundlag

Natura 2000-områder er et netværk af naturområder i hele EU, der indeholder særlig værdifuld natur set i et europæisk perspektiv. Natura 2000-områderne er udpeget jf. EU's habitatdirektiv¹⁰ og fuglebeskyttelsesdirektiv¹¹ for at beskytte naturtyper og plante- og dyrearter, der er truede, sårbare eller sjældne i EU samt levesteder og rasteområder for fugle.

⁴ Miljø- og Fødevareministeriet, Naturstyrelsen, 2016, Natura 2000-plan 2016-2021, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1.

⁵ Miljø- og Fødevareministeriet, Naturstyrelsen, 2016, Natura 2000-plan 2016-2021, Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord, Natura 2000-område nr. 14, Habitatområde nr. 14, Fuglebeskyttelsesområde nr. 2 og nr. 15.

⁶ Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

⁷ Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord, Natura 2000-område nr. 14, Habitatområde nr. 14, Fuglebeskyttelsesområde nr. 2 og nr. 15.

⁸ Bevaringsstatus for naturtyper og arter 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340 2019

⁹ Hansen, J.W. (red.) 2018: Marine områder 2016, NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 140 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 253. <https://dce2.au.dk/pub/SR253.pdf>

¹⁰ Habitatdirektivet, 1992: Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter med senere ændringer

¹¹ Fuglebeskyttelsesdirektivet 1979; Rådets direktiv nr. 79/409 af 2. april 1979, om beskyttelse af vilde fugle.

Natura 2000-områder kan bestå af enten et habitatområde, et fuglebeskyttelsesområde eller begge dele. For hvert Natura 2000-område er der en liste med naturtyper, arter og/eller fugle, som det enkelte område er udpeget for at beskytte. Listen hedder udpegningsgrundlaget. Det overordnede mål for Natura 2000-områderne er at sikre eller genoprette gunstig bevaringsstatus for de arter og naturtyper, der indgår i områdernes udpegningsgrundlag. Habitatdirektivet og fuglebeskyttelsesdirektivet angiver en række kriterier, som skal være opfyldt, for at en naturtype eller art kan siges at have gunstig bevaringsstatus. For at nå det mål, er der for hvert Natura 2000-område udarbejdet en Natura 2000-plan, der sætter rammerne for, hvordan der skal arbejdes for at sikre gunstig bevaringsstatus. Områderne overvåges som led i den nationale DE-VANO/NOVANA-overvågning, og der udgives jævnligt statusrapporter for gunstig bevaringsstatus for naturtyper og arter for hele landet samt basisanalyser, der beskriver tilstanden i hvert område forud for hver planperiode.

Habitatdirektivets hovedprincipper for administration af Natura 2000-områderne består af:

- Krav om væsentlighedsvurdering (jf. artikel, 6 stk. 3) af planer og projekter med henblik på at vurdere, om de kan påvirke et Natura 2000-område væsentligt.
- Krav om konsekvensvurdering (jf. artikel 6, stk. 3), hvis væsentlighedsvurderingen ikke kan afvise, at en plan eller projekt kan have en væsentlig påvirkning.
- Planer og projekter, der ikke kan afvises at ville skade et Natura 2000-område, kan ikke vedtages eller tillades.
- I særlige tilfælde er der mulighed for at fravige beskyttelsen (jf. artikel 6 stk. 4). Fravigelse af beskyttelsen kræver, at der som minimum er tale om et projekt, der er af bydende samfundsøkonomisk interesse, at der ikke findes alternative løsninger, og at der iværksættes kompenserende foranstaltninger.

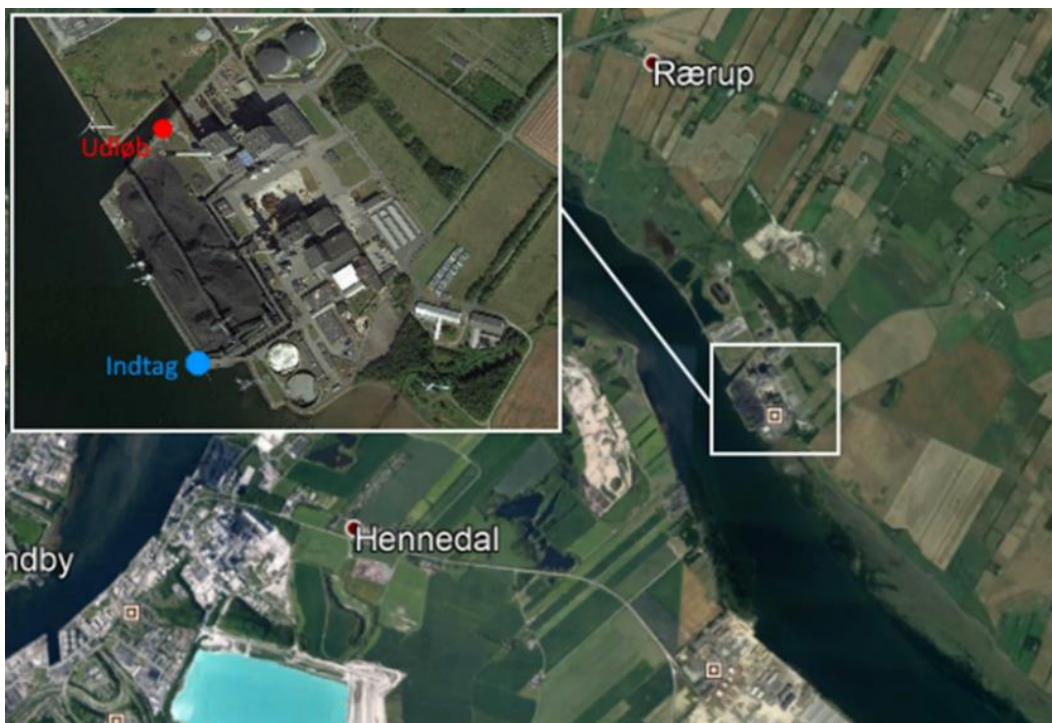
Habitatdirektivet og fuglebeskyttelsesdirektivet er indarbejdet i dansk lovgivning bl.a. via habitatbekendtgørelsen¹².

¹² Bekendtgørelse om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter, nr. 1595 af 06/12/2018, <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=205996>.

2. PROJEKTBEKRIVELSE

Havvandsvarmepumpeanlægget skal drives af el og producere fjernvarme ved at nedkøle havvandet. Den maksimale temperaturpåvirkning vil være størst helt lokalt ved udløbet og resultere i en havvandsnedkøling på højst 2 – 6 °C. Varmepumpeanlægget forventes i drift fra september til maj (inklusive), forudsat at elpriser og temperaturforhold giver varmepumpen de laveste produktionsomkostninger. I tilfælde af manglende produktion på RenoNord kan varmepumpen levere al varmen i juni til august måned.

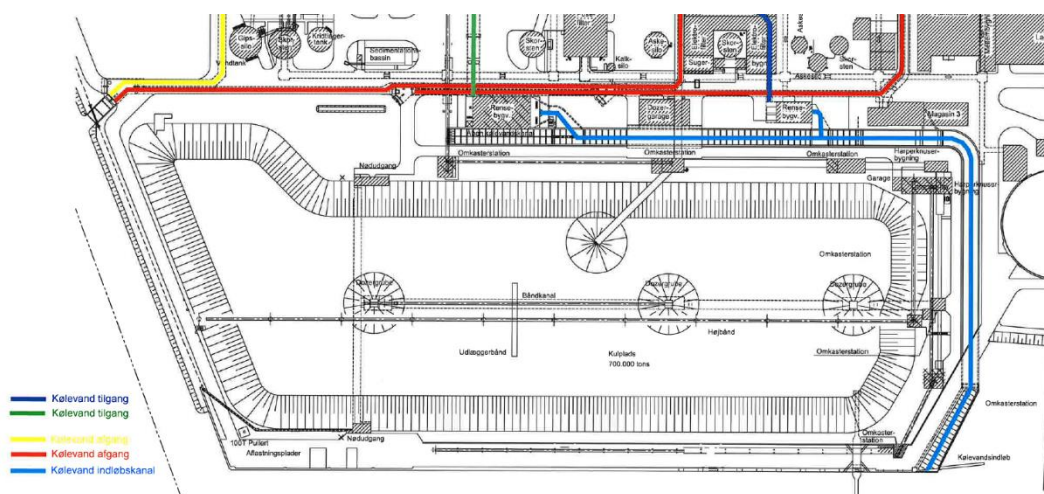
Varmepumpernes varmekilde er havvand, som pumpes ind fra eksisterende kølevandssystem og udledes til eksisterende kølevandssystemet (se Figur 2-1).



Figur 2-1. Placering af havvandsindtag og udløb for det eksisterende Nordjyllandsværk. [Baggrund Google Earth]

Nordjyllandsværkets eksisterende infrastruktur for fjernvarme udnyttes ved at placere havvandsvarmepumperne på Nefovej, hvor der samtidig er gunstig adgang til havnefaciliter og havvand. I forbindelse med etableringen af havvandsvarmepumpen vil der ikke være behov for nedramning af spuns og pæle i havbunden, og anlægsfasen vil derfor ikke give anledning til undervandsstøj, der potentielt kan udgøre en væsentlig påvirkning af havpattedyr, herunder marsvin og sæler.

Kølevandskanalen vil i videst muligt omfang blive genanvendt, som det er (Figur 2-2).



Figur 2-2. Eksisterende kølevandsindtag, kølevandstilgangskanal samt kølevandsafkast til Limfjorden fra det nuværende Nordjyllandsværk

Strømforholdene samt vandføringen i Langerak er tidevandsdomineret. Vandføringen i Limfjorden varierer ved Aalborg efter en sinusfunktion med en periode på ca. 12,5 timer og med en amplitude på ca. 1.100 m³/s. Den dominerende vestenvind samt den højere tidevandsvariation i Thyborøn, sammenlignet med Hals, medfører dog, at der i Limfjorden generelt forekommer en nettovandføring mod øst på ca. 100 – 200 m³/s (årligt gennemsnit)¹³.

Havvandsindtag og -udtag vil være lige store, og dermed udledes den samme mængde havvand, som der indtages. Havvandet vil ikke tilføres hjælpeoffer el.lign. i varmepumpeanlægget, og det udledte, afkølede vand vurderes derfor at have den samme kvalitet som resten af vandet ud for udløbet. Højeste vandføring fra varmepumpe er ved 2 graders nedkøling, hvor flowet er ca. 13 m³/s, hvilket er en mindre andel af nettovandføringen på ca. 200 m³/s, svarende til 6,5 %.

Det udledte havvand vil være mellem 2-6 °C koldere i forhold til det indpumpede vand, når varmepumpen har trukket varme ud af havvandet. Flowet skaleres tilsvarende, da effekten af pumpen holdes konstant på 150 MW. Flowet vil derfor være mindre, når der trækkes mere varme ud af havvandet. I projektet forventes det, at havvandsvarmepumper skal anvende vandfrit ammoniak, kølemidlet R-1234ze eller CO₂ som kølemiddel.

Havvandsindløbet forsynes med et grovfilter, som frasorterer fremmedlegemer, og et fint filter (maskestørrelse ca. 5 mm) umiddelbart før vekslerne, som også beskytter fisk og fiskeyngel mod at blive beskadiget (Figur 2-3). Filtrene er udstyret med automatisk returskyl.

¹³ Burcharth, Hans F; Larsen, Torben, 1977. Strømmålinger for ny forbindelse over Limfjorden i Lindholm linien ved Aalborg



Figur 2-3. Billede af havvandsfilter i Renseværkbygningen.

2.1 Potentielle påvirkninger i anlægs- og driftsfase

Nordjyllandsværket ligger ca. 11 km i luftlinje mod vest fra nærmeste Natura 2000-område N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, og dermed vil anlæggelse af havvandsvarmepumpen ikke direkte påvirke Natura 2000-området. Mod øst ligger N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord i en afstand af 19 km. Der vil ikke være behov for spunsning i forbindelse med projektet, og spredning af undervandsstøj vil derfor ikke udgøre en risiko for hverken fisk eller marine pattedyr på udpegningsgrundlaget for de to Natura 2000-områder eller for marine bilag IV-arter, herunder marsvin.

I driftsfasen kan der være påvirkninger i form af kuldespredningsfaner eller risiko for lækage af kølemidler til havmiljøet, som potentielt kan påvirke marine naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget. Naturtyper på land samt arter på land vurderes ikke at blive påvirket, og beskrives og vurderes derfor ikke nærmere.

I Tabel 2-1 er vist en oversigt over potentielle påvirkninger i driftsfasen. I de efterfølgende afsnit beskrives de enkelte potentielle påvirkninger nærmere.

Tabel 2-1. Potentielle påvirkninger på marine og naturtyper og arter i hhv. anlægs- og driftsfase.

Potentielle påvirkninger – marin natur og marine arter	Driftsfase
Kuldespredning	X
Risiko for lækage af kølemidler	X
Risiko for fisk ved indtag af havvand	X

2.1.1 Kuldespredning

Under eksisterende forhold ledes der opvarmet kølevand ud, når blok 3 er i drift på Nordjyllandsværket. Ved drift af havvandsvarmepumpen vil det udledte havvand være ca. 2-6 °C koldere end det indpumpede vand. Det afkølede vand vil føre til sænkning af vandtemperaturen lokalt om-

kring havvandsudledningen ved Nordjyllandsværket. Der er udført modelberegninger for kuldespredning¹⁴ (se afsnit 4.3.1), som indgår i vurderingen af påvirkninger på naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget.

2.1.2 Risiko for lækage af kølemidler

For at undgå lækage af kølemidler, hvilket vil give driftsproblemer for varmepumpen og udgøre en påvirkning af havmiljøet, er der en række forsvarsbarrierer indbygget i driften af anlægget. En nærmere beskrivelse fremgår af notat om risikovurdering og forsvarsbarrierer mod lækager af kølemiddel til havvand for havvandsvarmepumpen¹⁵.

Fordamperen, samt processerne omkring den, er opbygget med en række forskellige lækageforsvarsbarrierer, som alle bidrager til at opnå et sikkert system. Forsvarsbarriererne er baseret på mange års driftserfaringer fra kraftværker, hvor oprensning og reparation efter eventuelle lækager af saltvand ind i kraftværket er forbundet med særdeles høje reparationsomkostninger.

For at sikre at risikoen for et udslip af kølemidler mindskes er der som forudsætning for projektet indarbejdet en række sikkerhedsbarrierer. I varmeveksleren er der valgt titaniums rør, som gør at risikoen for korrosion og brud på røret mindskes. Titaniums rør vurderes, at have en risikoreduktions-faktor på 10. (RRF=10).

Havvandsrørene er udstyret med shutdown ventiler, som ved detektion af udslip af kølemiddel vil blive lukket samtidig med trip af havvandspumperne. På denne måde vil kølemiddel fra en eventuel lækage blive tilbageholdt i havvandsrørene og ikke have mulighed for at forsætte ud i havmiljøet. Selve shutdown ventilerne bliver aktiveret fra enten en niveaumåler på et faldrør på kølemidlet eller fra en kontinuerlig måling af kølemidlet i havvandsrøret.

Som worse case-scenarie er der foretaget en risikovurdering for brud på komponenter i veksleren, i tilfælde af at alle forsvarsbarrierer svigter. Risikovurderingen viser, at sandsynligheden for en stor lækage med kølemiddel vil være 1 gang per 20 millioner år (5×10^{-8}) for ammoniak ved en aktiv shutdown ventil og 1 gang per 5 millioner år (5×10^{-6}), hvis shutdown ventilen ikke er aktiveret. Sandsynligheden for en stor lækage med R1234ze(E) vil være 1 gang pr. en million år (10^{-6}) for R1234ze(E). De meget lave sandsynligheder for en stor lækage af kølemidlerne ammoniak og R1234ze(E) betyder reelt set, at det er usandsynligt at det vil forekomme.

For kølemidlet CO₂ vurderes det, at der ikke er behov for en risikovurdering for udslip. Det skyldes at havvand er kendetegnet ved at være et godt buffersystem, som kan optage store mængder CO₂. På baggrund af havvandets store bufferkapacitet og den begrænsede mængde havvand på 6,5 % der cirkulerer gennem varmepumpen, må det forventes at pH vil forblive uændret ved en potentiel CO₂-lækage til havvandet i varmepumpen og videre ud i havet. Samtidig vil en større lækage blive detekteret og stoppet, så tab af kølemiddel undgås, da dette nedsætter varmepumpens effektivitet.

¹⁴ Rambøll, juni 2021. Teknisk baggrundsrapport – Hydrauliske forhold.

¹⁵ Rambøll 2021. Risikovurdering og forsvarsbarrierer mod lækager af kølemiddel til havvand. Notat.

For alle tre kølemidler vurderes det, at der med de beskrevne sikkerhedsforanstaltninger og på baggrund af risikovurderingen ikke er behov for yderligere beskrivelser eller vurderinger af eventuelle læk af kølemiddel til havmiljøet. Et udslip af kølemiddel til havmiljøet vurderes at være usandsynligt.

2.1.3 Risiko for fisk ved indtag af havvand

Risikoen for at fisk kommer ind i pumpesystemet er meget lille ved indtag af vand fra havnebasinet, da gittervidden i de fine filtre umiddelbart før vekslerne er maksimalt 5 mm. Filtrene er udstyret med automatisk returskyl.

I nærliggende Natura 2000-områder er der vandrende fisk på udpegningsgrundlaget, herunder stavsild. Yngelstørrelsen for larver af stavsild på ca. 4-9 mm når de klækkes. De udvikler sig efter 1 måned i vandløbene til juvenile fisk med en længde på 25-28 mm¹⁶. Når stavsild trækker fra vandløbene ud i Limfjorden, vil de dermed have nået en størrelse, som er væsentlig større end filtrenes gittervidde på maksimalt 5 mm. Yngel af øvrige fiskearter på udpegningsgrundlaget, herunder flodlampret og havlampret, opholder sig i vandløbene.

Det vurderes derfor som usandsynligt at yngel eller juvenile individer af stavsild vil blive suget ind i havvandsindtaget, når filtrenes gittervidde maksimalt er på 5 mm. Dermed beskrives og vurderes risikoen for, at der kan ske en påvirkning af fisk på udpegningsgrundlaget for nærliggende Natura 2000-områder i forbindelse med indtag af havvand ikke nærmere.

¹⁶ https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Stavsild_Fiskeatlas.pdf

3. INDLEDENDE SCREENING AF NÆRLIGGENDE NATURA 2000-OMRÅDER

I afsnittet gennemføres en indledende screening af, hvilke af de nærliggende Natura 2000-områder, det er nødvendigt at gennemføre en væsentlighedsvurdering for. Screeningen gennemføres med udgangspunkt i projektets potentielle påvirkninger af områderne, som beskrevet i afsnit 2.1.

Tabel 3-1 viser en oversigt over Natura 2000-områder, samt en indledende screening af, om der skal gennemføres en væsentlighedsvurdering af områderne.

Tabel 3-1. Indledende beskrivelse og screening af Natura 2000-områder, som vurderes potentielt at kunne påvirkes i forbindelse med etableringen af havvandsvarmepumper.

Nr.	Betegnelse	Beskrivelse	Afstand til projektområde	Screening ift. yderligere væsentligheds-vurdering
N15	Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal Omfatter: Habitatområde H15 og fuglebeskyttelsesområder F1	Området dækker 19.840 ha, hvoraf 13.189 ha dækker marine områder og 756 ha udgøres af søer over 5 ha. Natura 2000-området er særligt vigtig for bl.a. lysbuget knortegås.	11 km	Vurderes yderligere ift. projektets forventede potentielle påvirkninger af udpegningsgrundlaget.
N14	Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord Omfatter: Habitatområde H14 og fuglebeskyttelsesområde F2	Området dækker 71.096 ha. Området er landets længste Natura 2000-område, hvor ca. 90 % er hav, og de resterende ca. 10 % overvejende er det marine forland. Det store lavvandede havområde har både national og international betydning som yngle-, raste- og opholdssted for en lang række kyst- og havfugle.	19 km	Vurderes <u>ikke</u> yderligere, da afstanden til marine naturtyper og arter i Natura 2000-området vurderes at være for stor til at der kan ske en påvirkning. Dette vurderes på baggrund af projektets forventede potentielle påvirkninger (kuldespredning). For potentielle påvirkninger af stavsild, se uddybende tekst under tabellen.

Da modellering af kølespredning viser at spredning af koldere vand kan strække sig forbi Egholm vurderes det på baggrund af den indledende screening, at det er relevant at gennemføre en væsentlighedsvurdering for N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal. Naturtyper og arter i N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord vurderes at ligge for langt væk fra projektet til at blive påvirkede.

Natura 2000-område N14, der er vist i Tabel 3-1, har stavsild på udpegningsgrundlaget. Stavsild foretager vandringer fra Nordsøen og ind i den vestlige Limfjord, samt sandsynligvis også fra Kattegat og ind i den østlige Limfjord¹⁷. Arten kan derfor potentielt blive påvirket af kuldespredning i driftsfasen, når arten trækker gennem Limfjorden. Området omkring Aalborg værket er under eksisterende forhold i perioder påvirket af udledning af varmt kølevand, som beskrevet i af-

¹⁷ Krog, C. & Carl, H. 2019. Stavsild. I: Carl, H. & Møller, P.R. (red.). Atlas over danske saltvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum. Online-udgivelse, december 2019.

snit 2.1.1. Ved drift af havvandsvarmepumpen vurderes det at kuldespredning med temperaturændringer større end 1 °C vil knytte sig til det umiddelbare udledningspunkt for kølevandet. Dermed vurderes udledning af kølevand fra havvandsvarmepumperne ikke at føre til påvirkning af stavsilds muligheder for at vandre fra Kattegat og videre ind i Limfjorden. Derfor foretages der ikke yderligere vurderinger for Natura 2000-område N14 eller øvrige Natura 2000-områder i Limfjorden med stavsild på udpegningsgrundlaget.

I de næste afsnit er de eksisterende forhold for Natura 2000-område N15 uddybet, da der potentielt kan ske en påvirkning af marine naturtyper og marine arter i områderne.

4. N15 NIBE BREDNING, HALKÆR ÅDAL OG SØNDERUP ÅDAL

4.1 Eksisterende forhold

Natura 2000-område 15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal har et samlet areal på 19.840 ha, hvoraf 13.189 ha dækker marine områder og 756 ha udgøres af søer over 5 ha¹⁸. Området er udpeget som habitatområde H15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal samt fuglebeskyttelsesområde F1 Ulvedybet og Nibe Bredning. Natura 2000-området er specielt udpeget for at beskytte de store, sammenhængende strandengsarealer, og en række terrestriske og marine naturtyper samt de tilknyttede yngle- og trækfugle.

I Natura 2000-området er der flere naturtyper med nationalt væsentlige forekomster. Arealerne af den marine naturtype biogene rev/mulige biogene rev samt bugter og vige udgør mere end 5 % af naturtypernes samlede areal i den kontinentale biogeografiske region i Danmark.

Området rummer flere særdeles vigtige forekomster af træk- og ynglefugle. Det gælder ynglefuglene skestork og sangsvane samt trækfuglene kortnæbbet gås, skestork, klyde, pibesvane, toppet skallesluger og pibeand. De lavvandede marine områder i især Nibe og Gjør Bredning er vigtige raste- og fourageringssteder for bl.a. lysbuget knortegås.

4.2 Udpegningsgrundlaget og bevaringsmålsætninger

Udpegningsgrundlaget for Natura-område N15 fremgår af Tabel 4-1. De marine naturtyper fremgår af Figur 4-1.

Som følge af de forventede, potentielle påvirkninger fra projektet vurderes det, at udelukkende marine naturtyper og marine arter potentielt kan blive påvirket af driftsfasen. Påvirkningen vurderes at ske i form af temperaturændringer ved drift af havvandsvarmepumpen. Naturtypen lagune vurderes ikke at blive påvirket, da naturtypen på Egholm ligger afskåret fra Limfjorden (Figur 4-1).

Arterne havlampret, flodlampret og spættet sæl optræder i det marine miljø og kan derfor potentielt blive påvirket af temperaturændringer ved drift af havvandsvarmepumpen. Fugle, som søger føde i tilknytning til de marine naturtyper, kan potentielt også påvirkes, hvis der sker ændringer i deres fødegrundlag.

I Tabel 4-1 er markeret med fed, hvilke naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget, der vurderes potentielt at kunne blive påvirket af projektet.

¹⁸ Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

Tabel 4-1. Udpegningsgrundlag for Natura 2000-område N15 baseret på gældende naturplan¹⁹ og seneste basis-analyse²⁰. Naturtyper og arter som vurderes potentielt at kunne blive påvirket af projektet er markeret med fed, og det er alene disse, der behandles i nærværende væsentlighedsvurdering. Ved fuglearter: "T" = trækfugl, "Y" = ynglefugl. * indikerer prioriteret naturtype. **naturtype/art er tilføjet udpegningsgrundlaget i seneste basis-analyse. *art er fjernet fra udpegningsgrundlaget i seneste basisanalyse.**

Naturtyper			
Kode	Naturtype/Art	Kode	Naturtype/Art
1110	Sandbanke	1140	Vadeflade
1150	Lagune*	1160	Bugt
1170	Rev	1220	Strandvold med flerårige planter**
1310	Enårig strandengsveg.	1330	Strandeng
1340	Indlandssalteng*	2110	Forklit
2130	Grå/grøn klit*	3140	Kransnålalge-sø
3150	Næringsrig sø	3160	Brunvandet sø
3260	Vandløb	4030	Tør hede
5130	Enekrat	6210	Kalkoverdrev*
6230	Surt overdrev*	6410	Tidvis våd eng
6430	Urtebræmme	7140	Hængesæk
7220	Kildevæld*	7230	Rigkær
9130	Bøg på muld**	9160	Egeblandskov
9190	Stilke-krat	91D0	Skovbevokset tørvemose*
91E0	Elle- og askeskov*		
Arter			
1013	Kildevældsvindelsnegl	1014	Skæv vindelsnegl**
1095	Havlampret	1065	Hedepletvinge
1099	Flodlampret	1096	Bæklampret
1364	Odder	1365	Spættet sæl
1528	Gul stenbræk		
Fugle			
A480	Blåhals Y**	A125	Blishøne T
A861	Brushane Y	A045-A	Bramgås T**
A466-B	Engryle Y	A043	Grågås T
A193	Fjordterne Y	A140	Hjejle T
A194	Havterne Y	A067	Hvinand T
A084	Hedehøg Y	A036	Knopsvane T
A132	Klyde Y/T**	A040-A	Kortnæbbet gås T
A021	Rørdrum Y**	A052	Krikand T
A081	Rørhøg Y**	A674-A	Lysbuget knortegås T
A034	Skestork Y/T**	A855	Pibeand T
A480	Splitterne Y	A037	Pibesvane T
A082	Blå kærhøg***	A038	Sangsvane T
A094	Fiskeørn***	A069	Toppet skallesluger T
A885	Dværgterne Y***		

¹⁹ Miljø- og Fødevareministeriet, Naturstyrelsen, 2016, Natura 2000-plan 2016-2021, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1.

²⁰ Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

4.2.1 Bevaringsmålsætninger

Det overordnede mål for Natura 2000-området, der er relevante i forhold til naturtyper og arter, som potentielt påvirkes er²¹:

- At naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget opnår gunstig bevaringsstatus. Målet er, at områdets fjord- og kystnatur udgør et stort sammenhængende naturområde med fjorden, småøerne og strandengene som vidtstrakte og sammenhængende forekomster, der rummer velegnede yngle- og rasteområder for eng-, hav- og kystfugle samt sæler. Områdets marine naturtyper sikres en god vandkvalitet og en rig bundflora og -fauna og disse sikres som levesteder for udpegningsgrundlagets trækfugle med særligt fokus på ansvars-arterne.

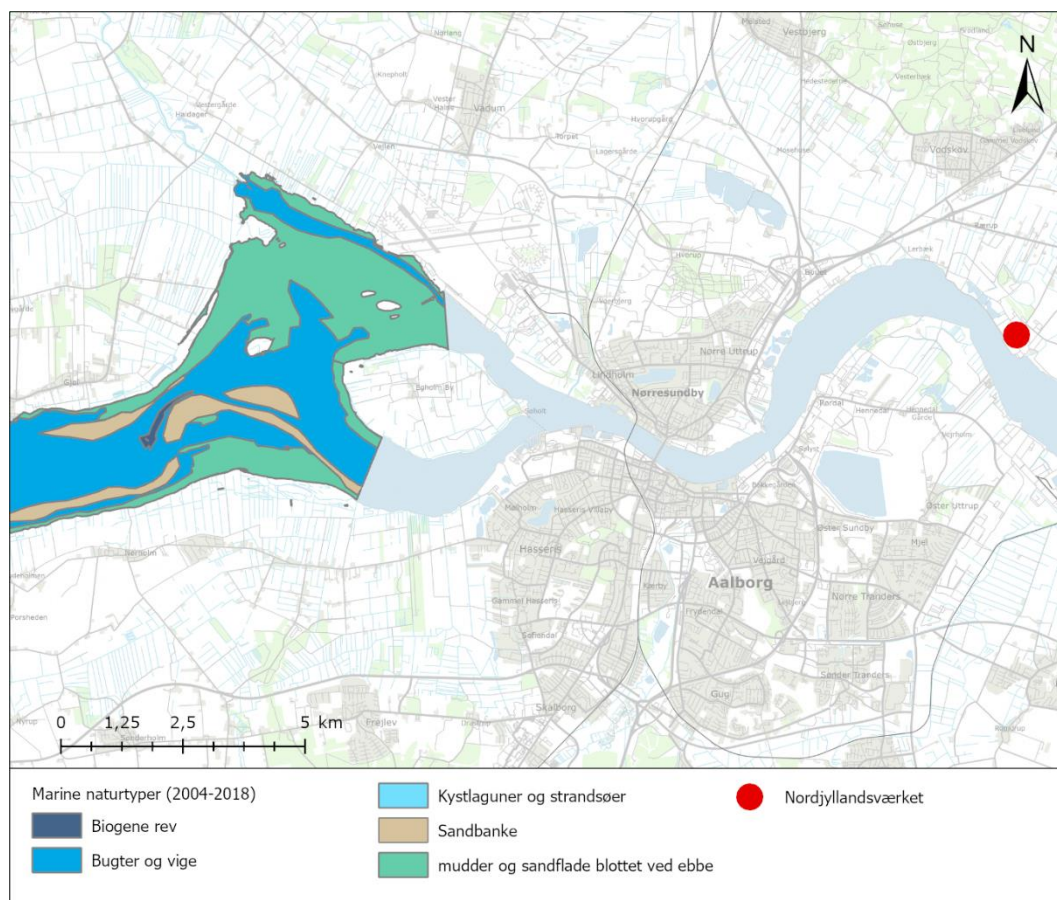
Områdets konkrete målsætninger for naturtyper og arter, som er relevante i forhold til projektets påvirkninger:

- For naturtyper og for arters levesteder, der er vurderet til natur/skovtilstandsklasse I eller II at udviklingen i deres areal og tilstand er stabil eller i fremgang. For naturtyper og arters levesteder, der er vurderet til natur/skovtilstandsklasse III-V at der på sigt opnås natur/skovtilstand I-II og gunstig bevaringsstatus.
- For naturtyper uden tilstandsvurderingssystem er målsætningen gunstig bevaringsstatus. Det betyder, at tilstanden og det samlede areal af naturtyperne stabiliseres eller øges.
- For arter uden tilstandsvurderingssystem er målsætningen gunstig bevaringsstatus. Det betyder, at tilstanden og det samlede areal af levestederne for de udpegede ynglefugle og øvrige arter stabiliseres eller øges, således at der er grundlag for tilstrækkelige egnede yngle- og fourageringsområder for arterne.
- Natura 2000-området bidrager til at sikre eller genoprette levesteder for en levedygtig bestand af de udpegede arter på nationalt og/eller internationalt niveau. Tilstanden og det samlede areal af levestederne for dværgterne, skestork og hedehøg sikres eller øges, så der er tilstrækkeligt med egnede ynglesteder for arten(erne) i området.
- Natura 2000-området skal bidrage til at sikre levesteder for en levedygtig bestand på nationalt og/eller internationalt niveau. Tilstanden og det samlede areal af levesteder for arterne kortnæbbet gås, krikand, sangsvane, grågåse og pibeand som trækfugl i området sikres eller øges. Det er også gældende for arterne pibesvane, lysbuget knortegås, toppet skallesluger, blishøne, hjejle, knopsvane, hvinand, blå kærhøg og fiskeørn som trækfugl i området sikres eller øges.

4.2.2 Marine naturtyper

Følgende afsnit beskriver de marine naturtyper, hvis karakter og udbredelse potentielt kan påvirkes af projektet. På Figur 4-1 er vist udbredelsen af de marine naturtyper i N15.

²¹ Miljø- og Fødevareministeriet, Naturstyrelsen, 2016, Natura 2000-plan 2016-2021, , Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1



Figur 4-1. Udbredelsen af marine naturtyper i N15 kortlagt i 2004 og 2012²². Placering af udløb fra havvandsvarmepumper er angivet med rød markering.

De marine naturtyper sandbanker og rev, herunder biogene rev med blåmuslinger, er kortlagt i 2004 og i 2012 ved hjælp af sidescan sonar, sammenholdt med satellitfotos og anden ældre data²³.

Tilstand

Med vandområdeplanerne og de tilhørende indsatsprogrammer gennemføres indsatser til opfyldelse af vandplanlægningens mål om god økologisk tilstand i vandløb, søer og kystvande. Disse indsatser bidrager tillige til at opfylde bevaringsmålsætningerne for akvatiske arter og naturtyper i overensstemmelse med de bevaringsmålsætninger, der fremgår af Natura 2000-planen for området.

Bevaringsstatus for de marine naturtyper i dansk farvand er alle stærkt ugunstige på nær en havgrotte på Bornholm, der har gunstig bevaringsstatus²⁴. De marine naturtyper er endnu ret

²² MiljøGIS for Natura 2000-basisanalyse 2022-2027. <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=natura2000planer3basis2020>

²³ Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

²⁴ Bevaringsstatus for naturtyper og arter 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Viden-skabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340 2019

mangelfuldt kortlagt. Udviklingen for udbredelsen er ukendt for de marine naturtyper, da 2004 kortlægningen af metodemæssige forskelle ikke kan sammenlignes med 2012 kortlægningen. Der er fortsat for store udledninger af næringssalte til marine områder, og invasive arter er et problem, særligt i nogle områder.

Natura 2000-område N15 ligger i vandområde 235 Nibe Bredning og Langerak, som samlet set er i ringe økologisk tilstand på baggrund af ringe økologisk tilstand for indholdet af klorofyl i vand-søjlen og ringe økologisk tilstand for ålegræs²⁵.

Herunder følger en beskrivelse af de marine naturtyper sandbanke, vadeblade, bugt og rev, som ligger tættest på Nordjyllandsværket, og som potentielt kan blive påvirket af projektet. Beskrivelserne tager udgangspunkt i den seneste basisanalyse for Natura 2000-område N15²⁶, og i Naturstyrelsen Habitatbeskrivelse fra 2016²⁷.

Sandbanke (1110)

Naturtypen er defineret som sandbanker, der konstant er dækket af vand på dybder ned til 20 meter. De er hævet over den omgivende bund, så der opstår en banke. De kan være uden bevoksning eller bevokset med samfund af ålegræs. Områder med mudder, grus eller større sten på en banke hører med til typen, så længe der hovedsagelig findes dyr og planter knyttet til sandbund på arealet, også selvom der kun er tale om et tyndt lag sand på et hårdere underlag af f.eks. ler. Der er kortlagt ca. 1.447 ha med naturtypen sandbanke i N15. Sandbankerne ligger meget lavvandet med en dybde på kun 1-6 m. Sandbankerne forekommer fortrinsvist i Nibe Bredning, samt i de kystnære revlesystemer.

Vadeblade (1140)

Vadeblader er mudder- og sandflader, som er dækket af havet ved højvande (flod), men tørlagt ved lavvande (ebbe). De kan forekomme i bugter, i laguner eller langs kysten i øvrigt. Naturtypen mangler landplanter, men er ofte dækket af mikroskopiske blågrønalger og kiselalger. Stedvis kan der forekomme havgræsser, dværgålegræs eller ålegræs. Fladerne rummer som regel rige samfund af bundfauna, og er derfor af stor betydning som fødesøgningsområde for ande- og vadefugle.

Vadeblader dækker 2.461 ha i N15 ved en kortlægning fra 2004. Vadeblader findes langs kysten i hele habitatområdet, hovedsageligt i den østlige del ved øen Egholm. På vadebladerne vokser bl.a. ålegræs og omkring Egholm er naturtypen især af betydning som fødesøgningsområde for lysbuget knortegæs.

Bugt (1160)

Bugt er lavvandede områder med begrænset fersk påvirkning, og udgør dermed størstedelen af fjordene i de indre farvande. Bugter og vige er den dominerende marine naturtype i habitatområdet og dækker 8.603 ha. Inden for denne naturtype er ålegræs meget udbredt, især ved Nibe Bredning.

²⁵ MiljøGIS for Vandområdeplanerne 2015-2021 <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?&profile=vandrammedirektiv2-bek-2019>

²⁶ Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

²⁷ Naturstyrelsen, 2016. Habitatbeskrivelser årgang 2016, vers 1.05, maj 2016.

Rev (1170)

Rev er områder, hvor havbunden rager op og har stenet bund eller anden hård bund. Revet kan eventuelt være blottet ved ebbe. Fra havbunden og op efter indeholder revene ofte en ubrudt lagdeling af forskellige dyre- og plantesamfund. Det giver de enkelte rev en stor rigdom af dyr og planter, som ofte er helt forskellig fra andre, selv nærliggende rev. Rev kan også være biogene og for eksempel være opbygget af blåmuslinger. I områder med mosaikker af forskellige naturtyper adskilles naturtypen rev ved at minimum 25 % af bundarealet skal være dækket af sten. Ifølge basisanalysen for N15 er der registreret to lokaliteter med biogene rev, dækket med 30-60 % blåmuslinger.

4.2.3 Arter

Udpegningsgrundlaget omfatter tre arter, der er specifikt tilknyttet det marine miljø; spættet sæl, flodlampret og havlampret. Forekomst og biologien for de tre arter er beskrevet nedenfor med udgangspunkt i den seneste basisanalyse for N15.

Spættet sæl

Den nærmeste sælkoloni er Rønholm i Nibe Bredning, der ligger over 25 km i fugleflugt fra Nordjyllandsværket. Spættede sæler i Limfjorden udgør to forskellige genetisk adskilte enheder; en enhed i vestlige Limfjord og Nissum Bredning, der blander sig med individer fra Vadehavet og en enhed i den indre Limfjord, der sandsynligvis stammer fra den gang Limfjorden var lukket ud til Nordsøen fra år 1100 til 1825²⁸. Bestanden i indre Limfjord fluktuerer, hvilket kan skyldes at de vandrer ind og ud af Limfjorden afhængig af tilgængeligheden af føde. Spættet sæl findes spredt fouragerende i hele habitatområdet marine del, hvor de bl.a. benytter Rønholm midt i Nibe Bredning som hvileplads året rundt. De sidste 10 år har bestanden varieret meget og er faldet de seneste år til under 20 individer.

Spættet sæl forekommer i kystnære farvande og går på land på uforstyrrede småøer, sandstrande og rev for at hvile, yngle eller skifte pels. Arten er meget stedfast, hvad angår hvilepladser, men kan i forbindelse med fødesøgning komme mange kilometer væk fra den faste hvileplads, men typisk under 25 km²⁹. Spættet sæl kan blive over 1,5 meter og veje over 100 kg, hvor hannerne er større end hunnerne. Føden består især af fisk, men sælerne tilpasser sig de fiskearter, der er tilgængelige i fødesøgningsområdet. Spættet sæl jager primært ved hjælp af synet, men kan også anvende deres knurhår til at søge efter føde, og er dermed i stand til at søge føde i mørke³⁰. Den spættede sæls vigtigste føde i den centrale og østlige Limfjord er sild, sort kutling, brisling, rødspætte og skrubbe, der udgør mere end 70 % af sælernes føde³¹. Der er de seneste år registreret en nedgang i antallet af spættet sæl i Limfjorden. Der er i perioden ikke fundet flere døde sæler, og man mener at nedgangen skyldes, at sælerne søger ud af Limfjorden på grund af fødemangel.

²⁸ Aarhus Universitet, 2020, NOVANA overvågning spættet sæl, <https://novana.au.dk/arter/arter-2016/pattedyr/spaettet-sael/>

²⁹ Galatius, A, 2017. Baggrund om spættet sæl og gråsæls biologi og levevis i Danmark. Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2017/Baggrund_om_spættet_sael_og_graasaal.pdf

³⁰ Carl Christian Kinze: Sælernes tilpasning til livet i vand i Naturen i Danmark, Fenchel, Larsen, Vestergaard, Friis Møller og Sand-Jensen (red.), 2006-13, Gyldendal. Hentet 1. december 2018 fra <http://denstoredanske.dk/index.php?sideId=483403>

³¹ Teilman J & R. Dietz 2006. Den spættede sæl. (www.dmu.dk)

Bevaringsstatus for spættet sæl vurderes at være gunstig i begge marine regioner i Danmark³². Mens bestandene i Vadehavet og Kattegat (delt med hhv. Holland/Tyskland og Sverige) er store og langsigtet levedygtige, er bestandene i Limfjorden og Østersøen mindre og mere sårbare. Arten er i fremgang i alle områder undtagen i Limfjorden.

Forstyrrelser fra menneskelige aktiviteter beskrives som en mulig trussel for spættet sæl i N15.

Havlampret

I Danmark er havlampret en sjældent forekommende art i vores danske vandløb, og der kan gå mange år mellem registreringer af arten i samme stryg. En undersøgelse fra 2009 registrerede dog tilstedeværelsen af 189 observationer af havlampretten fordelt i 39 vandsystemer, hvoraf der i 16 af vandsystemerne kun var tale om en enkelt registrering³³. Havlampretten er mest hyppig i de nord- og vestjyske vandløb, hvor den i samme studie blev observeret i 26 vandsystemer. De fleste observationer stammer dog fra Ribe Å og dens tilløb, Hjortvad Å.

Havlampretten er en migrerende art, der gyder i vandløb, hvor larverne vokser op i fem til syv år inden de forvandler sig til voksne individer og vandrer til havet hvor de lever som parasitter på andre fisk. Efter to-tre år i havet søger havlampretterne tilbage til vandløbene for at gyde.

Det er endnu uvist om havlampretten gyder i Danmark og om registreringer alene stammer fra indvandrende fisk fra ikke-danske vandløb. I Danmark er larver udelukkende registreret i Skjern Å-systemet med 7 fundlokaliteter i Skjern Å i år 2000 og 2003 og 1 lokalitet i Omme Å fra 2003³⁴
³⁵.

I basisanalysen for N15 Nisum Fjord er der ikke udført kortlægning af havlampret. Havlampret er fundet to gange i perioden 1995-2017 i N15, men der er ikke fundet tegn på gydesucces³⁶. Den er ikke blevet observeret i Stæ Bæk, som ligger ved siden af Nordjyllandsværket, og heller ikke i nærliggende vandløb siden år 1950³⁷.

Flodlampret

Flodlampretten er som havlampretten en migrerende art, der yngler i vandløb og vokser op i havet. De voksne fisk lever i 1-2 år af at parasitere på eller dræbe andre fisk, mens de opholder sig i havet. Flodlampret er registreret i N15 to gange i perioden 1995-2017, men der er ikke fundet tegn på at de gyder i Natura 2000-områdets vandløb³⁸.

Der er i NOVANA-programmet ikke foretaget overvågning af hav- eller flodlampret i området. Det er derfor ikke muligt at give en nærmere beskrivelse af arternes bestand i området på nuværende tidspunkt. Bevaringsstatus for både hav- og flodlampret var tidligere ukendt, men med et

³² Bevaringsstatus for naturtyper og arter 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340 2019

³³ Olesen, T.M., Carl, H. & Aarestrup, K. (2009). Havlampret (Petromyzon marinus Linnaeus 1758) I danske vandløb 1869-2009, Flora og Fauna 115, , 45-59

³⁴ Olsen NØ, Ingerslev HC, Dam HC & Dieperink C 2002: Skjern Å's lampretter. Statusrapport fra naturovervågningen før restaureringen. - DFU-rapport 99-02.

³⁵ Olsen NØ & Koed A 2004: Skjern Å's lampretter. Statusrapport fra naturovervågningen efter restaureringen af Skjern Å. - DFU-rapport 134-04.

³⁶ Carl, H. & Møller, P.R., 2020, Udbredelse og forekomst af 8 fiskearter i de danske habitatområder, 1995-2017

³⁷ Olesen, T.M., Carl, H. & Aarestrup, K. (2009). Havlampret (Petromyzon marinus Linnaeus 1758) I danske vandløb 1869-2009, Flora og Fauna 115, , 45-59.

³⁸ Carl, H. & Møller, P.R., 2020, Udbredelse og forekomst af 8 fiskearter i de danske habitatområder, 1995-2017

forbedret datagrundlag er de nu vurderet stærkt ugunstigt, fordi den samlede bestand er faldet og meget lav³⁹.

4.2.4 Fugle

Da påvirkningen fra havvandsvarmepumpen sker i form af udbredelse af koldere vand, vurderes der ikke at være en direkte påvirkning af fugle på udpegningsgrundlaget, da fuglene ikke lever neddykkede i vandet, men i stedet raster på vandoverfladen eller dykker efter føde i vandet. Påvirkningen vil i stedet være indirekte i form af en potentiel påvirkning af fuglenes fødegrundlag.

Nedenfor er kort beskrevet fuglearter på udpegningsgrundlaget, som hovedsageligt søger føde på de marine naturtyper.

Art	Eksisterende forhold	Bevaringsstatus
Havterne	I F1 yngler havterne på holmene i Limfjorden samt i Ulvedyb, når vandstanden tillader det. Bestanden er meget fluktuerende fra få par til over 100 par i 2004, 2008 og 2017. Arten har store naturlige svingninger i lokale bestande, da kolonierne flytter meget rundt i området efter optimale ynglebetingelser. Havterne lever af småfisk og krebsdyr, som den fanger langs kysterne.	Bestanden er nogenlunde stabil med en tendens til nedgang mellem perioderne 2004-2009 og 2010-2019, og det største antal ynglefugle i perioden 2004-2019 er registreret i 2008, hvor der blev observeret 254 ynglepar. Trusler er bl.a. prædation fra rovdyr på fastlandslokaliteterne.
Fjordterne	Fjordterne yngler i kolonier på øer og holme langs kysten ofte i selskab med havterne eller hættemåge. Arten ses også ynglede på indlandslokaliteter, og også her ofte i selskab med hættemåge. Arten forekommer kun sporadisk i området, hvor få par typisk yngler med de andre kolonirugende fugle i området. Fjordternen lever af småfisk, som den oftest fanger ved styrtdyk. I begrænset omfang tager den også vandinsekter og krebsdyr.	Levestederne for fjordterne er generelt vurderet til at være gode, da vegetationsstrukturen og isolationen fra fastlandet de fleste steder tilgodeser artens behov for en fast ynglebestand. Lokalt vurderes der ikke at være væsentlige, aktuelle trusler mod artens yngleforekomst.
Splitterne	Ved gennemførelsen af seneste overvågning i 2019 blev der ikke registreret ynglede splitterne inden for F1. Siden 2005 er der ikke registreret ynglede splitterne i området, og arten er således forsvundet fra F1. Der er kortlagt 3 levesteder for splitterne i området, der er beregnet til at være i god/høj tilstand, hvilket bl.a. skyldes at de er uforstyrrede og svært tilgængelige for rovdyr. Splitternen lever overvejende af forskellige småfisk, men krebsdyr, bløddyr og orme indgår også i føden. Føden søges længere til havs end de øvrige tern.	På trods af at arten gennem en årrække ikke har ynglet i området, så findes det fortsat en række egnede ynglelokaliteter på øer og holme i Nibe Bredning, og lokalt vurderes der ikke at være væsentlige, aktuelle trusler mod artens yngleforekomst.
Lysbuget knortegås	Arten træffes som træk- og vintergæst ved kystnære, lavvandede områder med undervandsvegetation og på strandenge, de ses også på landbrugsjorden nær kysterne. Limfjorden er en af de vigtige områder i Danmark for lysbuget knortegås. Bestanden har gennem overvågningsperioden 2004-2017 været stabil og stigende som trækfugl i området. De ses ved holmene og langs hele kyststrækningen i Nibe og Gjøl Bredning.	Det vurderes, at der ikke er trusler for gæssenes fortsatte forekomst i området.

³⁹ Bevaringsstatus for naturtyper og arter 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Viden-skabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340 2019

Art	Eksisterende forhold	Bevaringsstatus
	Bestanden flytter rundt i de lavvandede dele af fjorden hvor den fouragerer på ålegræs og andre vandplanter. Arten søger også føde på strandenge og marker.	
Klyde	Klyden yngler hovedsageligt i kolonier primært langs lavvandede fjordkyster og i salte eller brakke kystlaguner, hvor der findes slikvader og åbne enge med kort vegetation. Vandstanden i Ulvedybet er altafgørende for bestandsdynamikken i hele området, hvor år til år svingningerne typisk afspejler, hvor gunstig vandstanden i Ulvedybet er i forhold til kolonietablering. Klyde lever af insektlarver, små krebsdyr og bløddyr, som findes på lavt vand.	Med områdets mange isolerede øer og holme samt større velafgræssede strandenge vurderes der at være gode muligheder for fortsat at opretholde en fast, større ynglebestand i område, selvom der er mulige negative påvirkninger som følge af tilgængelighed for ræv på øerne og strandengene ved lavvande samt risiko for bortskylning af reder.
Skestork	Skestork er en fåtallig, men regelmæssig ynglefugl i Danmark, som helt overvejende findes i kolonier på rovdysfri mindre øer. De største ynglekolonier findes på øer i Ringkøbing Fjord og i Limfjorden, Vårholm/Kyøholm, Fruens Holm og Trolldholmene, andre holme i Limfjorden. Småfisk, insektlarver, snegle, muslinger og krebsdyr udgør hovedparten af føden.	Overordnet set har bestanden været i fremgang i hele perioden 2004-2019 inden for området. Ynglebestanden vurderes dog at være negativt påvirket af prædation fra ræve og andre rovdyr, der i perioder med lavvande kan komme ud til holmene og æde æg og unger.
Hvinand	Antallet af hvinand har været stabil til stigende de senere år i perioden fra 2004 til 2017. De største forekomster med op til flere tusind fugle findes i områderne ved Halkær Bredning, Sebberrund og Ulvedybet, hvor arten raster og fouragerer. Hvinand fouragerer i træk- og vintertiden på muslinger, snegle, krebsdyr og småfisk.	Fuglebeskyttelsesområdets karakter med store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området
Knopsvane	Knopsvane er i vinterhalvåret primært knyttet til lavvandede fjorde eller beskyttede vige med udbredt undervandsvegetation, hvor fuglene ofte ses i store flokke. Der ses et stigende antal svaner de seneste år som følge af forbedringer i ålegræssets udbredelse. Knopsvanen har en noget fluktuerende forekomst som trækfugl i fuglebeskyttelsesområdet, men overordnet set har artens forekomst i området været stabil i overvågningsperioden 2004-2017. Knopsvanen benytter i området primært Ulvedybet som fælde- og rastelokalitet, hvor den fouragerer på de store forekomster af undervandsvegetation på de lavvandede flader.	Områdets karakter med enge, marker og store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området.
Krikand	De vigtigste danske områder for krikand er fjordområderne i Vest- og Nordjylland samt Ulvshale-Nyord og på fjordområder på Sydsjælland. Ulvedybet er artens primære raste- og fourageringsområde med periodevis forekomster på flere tusind individer, men også de mange enge langs Nibe og Gjøl Bredning er vigtige områder for arten. Krikand især af insektlarver, muslinger og snegle om sommeren, og af planteføde om vinteren.	Vurderet både på kort og lang sigt ud fra oktober- og midvintertællingerne vurderes bestanden at være stigende. Krikand vurderes at have en overordnet set stabil - stigende forekomst som trækfugl i dette område. Områdets karakter med fugtige enge og store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området.
Pibeand	Pibeand er en almindelig og vidt udbredt trækfugl i Danmark fra ynglepladserne i det nordlige og nordøstlige Europa, Rusland og Si-	Overvågningsresultaterne indikerer en fluktuerende overvintrende bestand, men en overordnet set stabil til stigende bestand om efteråret. Pibeand har en stabil

Art	Eksisterende forhold	Bevaringsstatus
	birien. I milde vintre bliver et større antal pibeændere i Danmark gennem hele vinteren. De vigtigste danske områder for arten er Vadehavet, de vestjyske fjorde, Vejlerne og Limfjordsområdet. Ulvedybets er artens primære raste- og fourageringsområde. Pibeand lever af plantemateriale der findes på lavt vand eller på strandene.	og stigende forekomst som trækfugl i området i overvågningsperioden 2004-2017. Områdets karakter med fugtige enge og store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området.
Pibesvane	Pibesvane trækker mellem ynglepladserne på den arktiske tundra til og fra overvintrings-pladserne især i Holland gennem Danmark. Set i det lange perspektiv er antallet af overvintrende fugle i Danmark stigende, pga. den hyppigere forekomst af milde vintre som har gjort, at bestanden er rykket mod øst om vinteren. Om foråret og efteråret er antallet af rastende pibesvaner mindre end førhen. Pibesvane lever af vandplanter, men spiser også græs og såsæd.	Områdets karakter med fugtige enge og store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området
Sangsvane	Sangsvane overvintrer i Nord-vesteuropa med tyngdepunkt i Danmark. Sangsvanen har en fluktuerende forekomst som trækfugl i dette område og i overvågningsperioden 2004-2017 har bestanden en stigende tendens. Sangsvane lever af vandplanter, men spiser også græs og vinterafgrøder på marker.	Områdets karakter med store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området.
Toppet skallesluger	Toppet skallesluger har en fluktuerende forekomst som trækfugl i området. Ulvedybets er en meget vigtig fouragerings- og overnatningslokalitet, hvor toppet skallesluger kan opleves i store antal trækkende til og fra overnatning. Toppet skallesluger opholder sig langs kysten i hele Nibe og Gjøll Bredning. Toppet skallesluger lever mest af fisk som hundestejler, kutlinger og ålekvabber. Krebsdyr og plantemateriale indgår også i føden.	Områdets karakter med store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området.

Tabel 4-2. Eksisterende forhold og bevaringsstatus for fuglearter på udpegningsgrundlaget, som hovedsageligt søger føde på de marine naturtyper. Oplysninger er baseret på seneste basisanalyse for N15⁴⁰ og rapport om NOVANA overvågning af fugle 2018-2019⁴¹.

4.3 Potentiel påvirkning af marine naturtyper

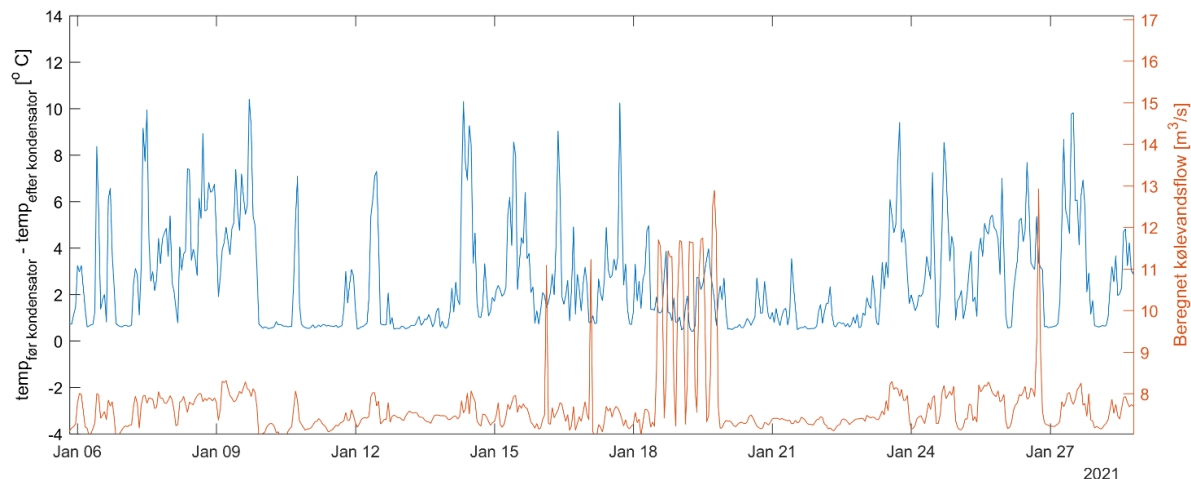
I det følgende beskrives de potentielle påvirkninger fra projektets driftsfase på de marine naturtyper, bestående af sandbanke, vadeblade, bugt og rev.

4.3.1 Kuldespredning

Under eksisterende forhold ledes der opvarmet kølevand ud, når blok 3 er i drift på Nordjyllandsværket. Som det ses af Figur 4-2 ledes der i perioder kølevand ud, hvor temperaturforskellen før og efter kondensatoren kan være op til ca. 12 °C. Dog er vandføringen begrænset i tilfælde af denne vandtemperaturforøgelse.

⁴⁰ Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

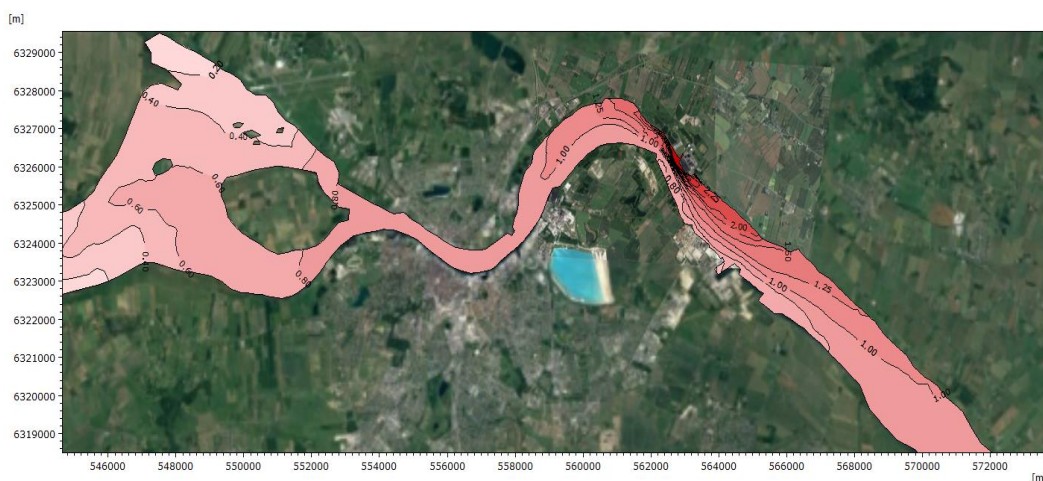
⁴¹ Holm, T.E., Nielsen, R.D., Clausen, P., Bregnballe, T., Clausen, K.K., Petersen, I.K., Sterup, J., Balsby, T.J.S., Pedersen, C.L., Mikkelsen, P. & Bladt, J. 2021. Fugle 2018-2019. NOVANA. Aar-hus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 196 s. - Videnskabelig rapport nr. 420 <http://dce2.au.dk/pub/SR420.pdf>



Figur 4-2. Zoom af ΔT samt kølevandsmængde for januar 2021. (Data fremsendt af Aalborg Forsyning, 2021).

Hvis det i modelscenariet antages, at opvarmningen af returvandet er $\Delta t = +8,5$ °C samt at vandføring er på 13.500 kg/s (ca. svarende til mellem 99% - 95% fraktilen for temperaturforøgelsen fra Nordjyllandsværket), kan udledningen af varmt kølevand give anledning til temperaturændringer i havvandet, som strækker sig forbi Egholm (se Figur 4-3, Figur 4-4 og Figur 4-5). Se *Teknisk baggrundsrapport – Hydrauliske forhold* for en nærmere beskrivelse af valg af scenarier for kølespredningsberegninger, hvor der også vises temperaturforskel ved middel temperaturpåvirkning fra drift af blok 3.

Største temperaturændringer forbi Egholm, og ind i Natura 2000-område N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, ses ved vestgående strøm (Figur 4-4), hvor temperaturforskelle på ca. 1,25 °C ses vest for Egholm. Temperaturændringer strækker sig ikke ud til Natura 2000-område N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord, som ligger ca. 19 km mod øst ved udmundningen af Limfjorden.



Figur 4-3. Temperaturforskel ved spredning af opvarmet kølevand (ca. 8,5 °C, svarende til estimeret statistisk maksimum temperaturpåvirkning fra drift af blok 3) fra Nordjyllandsværket under forhold med tidevandspåvirkning.



Figur 4-4. Temperaturforskel ved spredning af opvarmet kølevand (ca. 8,5 °C, svarende til estimeret statistisk maksimum temperaturpåvirkning fra drift af blok 3) fra Nordjyllandsværket under forhold med vestgående strøm. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere røde farver indikerer varmere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).



Figur 4-5. Temperaturforskel ved spredning af opvarmet kølevand (ca. 8,5 °C, svarende til estimeret statistisk maksimum temperaturpåvirkning fra drift af blok 3) fra Nordjyllandsværket under forhold med østgående strøm.

Ved tidevandsdomineret (Figur 4-3) og ved vestgående strøm (Figur 4-4) ses der større påvirkninger af vandtemperaturen øst for Nordjyllandsværket end ved østgående strøm (Figur 4-5). Selve udbredelsen af temperaturfanen mod øst bliver større ved netto-østgående strøm, men temperaturpåvirkningen bliver større ifm. Tidevandsdominerede eller vestgående strømforhold (også øst for Nordjyllandsværket). Det skyldes, at det nedkølede vand ved østgående strøm "forsvinder" ud i Kattegat og vender ikke tilbage til Limfjorden igen, som ved tidevandsdomineret eller vestgående strøm.

Med de store udsving i temperatur og mængder af udledt kølevand fra Nordjyllandsværket under eksisterende forhold (se Figur 4-2) vil den tilstedeværende flora og fauna være tilpasset de fluktuerende temperaturforhold. Nordjyllandsværket har eksisteret i mange år, og der kan i lange perioder være en udledning af kølevand, som stort set ikke giver temperaturforskelle, efterfulgt af perioder med større temperaturforskelle. Herudover har der i løbet af 2018 og 2019 været et længere driftsstop på blok 3, hvilket ses af perioder uden kølevandsflow på Figur 4-2. Forekomst af temperaturforskelle i procent set over hele året og set over vinterhalvåret fremgår af Figur 4-6.

Et eksempel: Temperaturopvarmningen fra Nordjyllandsværket har været højere end 10 °C i hhv. 0,3% af året, og 0,5% af vinterhalvåret.

	Forekomst [%]	
	Hele året	Vinterhalvår (oktober - maj)
abs(dt)>3 °C	24.2	34.3
abs(dt)>4 °C	15.5	22.3
abs(dt)>5 °C	9.9	14.3
abs(dt)>6 °C	6.6	9.5
abs(dt)>7 °C	4.1	5.9
abs(dt)>8 °C	2.0	3.0
abs(dt)>9 °C	0.9	1.4
abs(dt)>10 °C	0.3	0.5
abs(dt)>11 °C	0.1	0.2
abs(dt)>12 °C	0.0	0.0

Figur 4-6. Forekomst af temperaturopvarmning af kølevand fra Nordjyllandsværket i procent set over hele året og set over vinterhalvåret.

Ved drift af havvandsvarmepumpen vil det udledte havvand være 2 - 6 °C koldere end det indpumpede vand. Det afkølede vand vil føre til sænkning af vandtemperatur lokalt omkring havvandsudledningen ved Nordjyllandsværket. Effekten af varmepumpen holdes konstant på maksimalt 150 MW, hvilket betyder at flowet er mindre, når der trækkes mere varme ud af vandet.

Effekten af udledning af nedkølet vand fra havvandsvarmepumpen vil være meget begrænset, hvilket ses af Figur 4-7, Figur 4-8 og Figur 4-9. De største temperaturændringer forbi Egholm, og ind i Natura 2000-område N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, ses også her ved vestgående strøm (Figur 4-8), hvor temperaturforskelle på ca. -0,2 °C ses vest for Egholm. Som det ses af alle tre scenarier for havvandsvarmepumpen strækker temperaturændringerne sig ikke ud til Natura 2000-område N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord ved udmundingen af Limfjorden.



Figur 4-7. Temperaturforskel ved spredning af maksimalt nedkølet kølevand fra havvandsvarmepumpen under forhold med tidevandspåvirkning.



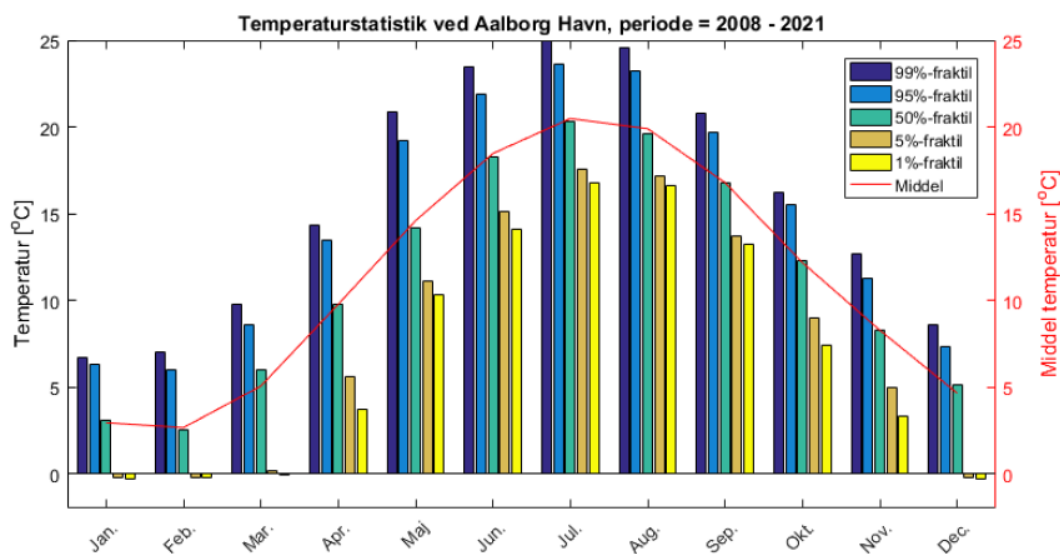
Figur 4-8. Temperaturforskel ved spredning af maksimalt nedkølet kølevand fra havvandsvarmepumpen under forhold med vestgående strøm.



Figur 4-9. Temperaturforskel ved spredning af maksimalt nedkølet kølevand fra havvandsvarmepumpen under forhold med østgående strøm.

De marine naturtyper sandbanke, vadeblade, bugt og rev er ikke direkte fysisk sårbare overfor kuldespredning fra drift af havvandsvarmepumpen, men bevaringsstatus kan potentielt påvirkes hvis den flora og fauna, der er tilknyttet naturtyperne ændres eller reduceres.

Igen gennem et år er der naturligt store temperaturudsving i Limfjorden. Målinger fra Aalborg Havn viser, at der også i de enkelte måneder kan være store udsving i temperaturen i forhold til gennemsnittet (Figur 4-10). I målingerne er indeholdt perioder, hvor Nordjyllandsværket udleder varmt kølevand.



Figur 4-10. Middeltemperatur og variation i temperatur målt i Aalborg Havn i perioden 2008-2021.

Som vist på Figur 4-8 vil driften af havvandsvarmepumpen føre til meget begrænsede ændringer i temperaturen i Natura 2000-område N15. Vest for Egholm vil der med en vestgående strøm kunne være et temperaturfald på ca. $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ vest for Egholm.

En ændring på $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ligger indenfor den naturlige variation i temperaturforhold i Limfjorden, hvor der inden for hver enkelt måned kan være stor variation, som vist på Figur 4-10. Temperatursænkninger på ca. $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ eller mindre vurderes som udgangspunkt at være ubetydelige for naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget og vil potentielt kunne opveje effekter af temperaturstigninger som følge af klimaforandringer. Dermed vurderes drift af havvandsvarmepumpen ikke at føre til temperaturændringer, som kan påvirke leveforholdene for flora og fauna i tilknytning til de marine naturtyper sandbanke, vadeblade, bugt og rev. Drift af havvandsvarmepumpen vurderes derfor ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af naturtyperne og det vurderes, at havvandsvarmepumperne ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for hverken sandbanke, vadeblade, bugt eller rev.

4.4 Potentiel påvirkning af arter

I det følgende beskrives de potentielle påvirkninger fra projektets driftsfase på områdets marine arter, som spættet sæl, havlampret og flodlampret.

4.4.1 Kuldespredning

Under eksisterende forhold er de arter, som forekommer i Limfjorden omkring Nordjyllandsværket, tilpasset udsving i temperaturen, hvilket fremgår af Figur 4-10.

Spættet sæl

En ændring på $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ i Natura 2000-området vurderes at være helt ubetydelig i forhold til den naturlige variation af temperaturforhold i Limfjorden, hvor der inden for hver enkelt måned kan være stor forskel fra år til år, som vist på Figur 4-10. Drift af havvandsvarmepumpen vurderes ikke at føre til temperaturændringer, der kan påvirke leveforholdene for flora og fauna, som er tilknyttet de marine naturtyper sandbanke, vadeblade, bugt og rev, og dermed heller ikke fødegrundlaget for spættet sæl. Drift af havvandsvarmepumpen vurderes derfor ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af spættet sæl, og det vurderes, at varmepumperne ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for spættet sæl i N15.

Havlampret

Registreringer af havlampretten i Limfjorden er kun blevet gjort enkelte gange og i vandløb kun sket én gang i Hasseris Å tilbage i 1950⁴². I perioden fra 2004-2019 er havlampret ikke blevet registreret i N15. Natura 2000-området. Limfjorden regnes generelt ikke som et vigtigt område for havlampretten, men arten må på grund af dens tidligere registreringer antages sporadisk at kunne træffes.

Det er endnu uvist om havlampretten gyder i Danmark og om registreringer alene stammer fra indvandrende fisk fra ikke-danske vandløb. I Danmark er larver udelukkende registreret i Skjern

⁴² Olesen, T.M., Carl, H. & Aarestrup, K. (2009). Havlampret (*Petromyzon marinus* Linnaeus 1758) I danske vandløb 1869-2009, Flora og Fauna 115, , 45-59.

Å-systemet med 7 fundlokaliteter i Skjern Å i år 2000 og 2003 og 1 lokalitet i Omme Å fra 2003⁴³. Voksne havlampretter er registreret i danske vandløb i perioden fra april til oktober, hvoraf langt størstedelen af registreringerne (82 %) stammer fra juni og juli måned⁴⁵. Havlampretter søger som udgangspunkt ikke tilbage til samme vandløb hvor den stammer fra, men mod vandløb som bedst egner sig. I fiskens larvestadie vil larver udskille kemiske stoffer (feromoner) som opfanges af de gydemodne voksne individer, som derved ved at vandløbet er egnet for den efterfølgende yngel. Vandløbets vandføring må derfor antages at udfylde en vigtig rolle for havlamprettens evne til at finde passende gydehabitater.

Det vurderes at drift af havvandsvarmepumpen og udledning af nedkølet vand ikke vil forårsage en risiko for havlamprettens tilstedeværelse i N15 eller mulighed for at yngle i tilstødende vandløb, herunder Stae Bæk ved Nordjyllandsværket. Udledningen af koldere vand ved drift af havvandsvarmepumpen vurderes at udgøre en helt lokal påvirkning omkring kølevandskanalen, og som vist ved modellering (Figur 4-8) er temperaturændringen maksimalt -0,2 °C i N15. Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumper ikke vil udgøre en væsentlig påvirkning på havlampret, eller artens mulighed for opnåelse af gunstig bevaringsstatus.

Flodlampret

Som beskrevet i afsnit 4.2.3 er flodlampret registreret i N15 to gange i perioden 1995-2017, men der er ikke fundet tegn på at de gyder i områdets vandløb. Som for havlampret vurderes det, at drift af havvandsvarmepumpen og udledning af nedkølet vand ikke vil forårsage en risiko for flodlamprettens tilstedeværelse i N15 eller mulighed for at yngle i tilstødende vandløb, herunder Stae Bæk ved Nordjyllandsværket. Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumper ikke vil udgøre en væsentlig påvirkning på flodlampret, eller artens mulighed for opnåelse af gunstig bevaringsstatus.

4.5 Potentiel påvirkning af fugle

Drift af havvandsvarmepumpen vurderes i afsnit 4.3.1 til ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af de marine habitatnaturtyper sandbanke, vadeblade, bugt og rev. Ændringen af havvandstemperaturen på maksimalt -0,2 °C vurderes at være ubetydeligt for flora og fauna tilknyttet de marine habitatnaturtyper, og dermed også for de arter af fugle, som søger føde i det marine miljø.

Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumper ikke vil udgøre en væsentlig påvirkning på de omtalte fuglearter i Tabel 4-2, eller arternes mulighed for opnåelse af gunstig bevaringsstatus.

4.6 Sammenfattende vurdering af Natura 2000-område N15

Samlet set vurderes påvirkningerne fra etablering og drift af havvandsvarmepumper ved Nordjyllandsværket ikke i sig selv, eller i forbindelse med andre planer eller projekter, at kunne påvirke væsentlig Natura 2000-områder væsentligt, herunder de naturtyper, arter eller fugle der findes på udpegningsgrundlaget. Det vurderes, at etablering og drift af havvandsvarmepumper

⁴³ Olsen NØ, Ingerslev HC, Dam HC & Dieperink C 2002: Skjern Å's lampretter. Statusrapport fra naturovervågningen før restaureringen. - DFU-rapport 99-02.

⁴⁴ Olsen NØ & Koed A 2004: Skjern Å's lampretter. Statusrapport fra naturovervågningen efter restaureringen af Skjern Å. - DFU-rapport 134-04.

⁴⁵ Olesen, T.M., Carl, H. & Aarestrup, K. (2009). Havlampret (*Petromyzon marinus* Linnaeus 1758) I danske vandløb 1869-2009, Flora og Fauna 115, , 45-59.

ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for hverken naturtyper, arter eller fugle i N15.

5. VURDERING AF ØVRIGE NATURFORHOLD

5.1 Bilag IV-arter

Marsvinet, der er den eneste hval, der yngler i dansk farvand, er ret almindelig i Kattegat og Skagerrak, men forekommer sjældent i Limfjorden. I årene 2000-2002, hvor "Fokus på Hvaler" registrerede ca. 3.500 marsvineobservationer fra danske farvande var kun én af observationerne fra Limfjorden⁴⁶. I perioden 2001-2017 er der sporadiske observationer af marsvin i den indre Limfjord⁴⁷. Ifølge den seneste sammenfatning fra DCE ses marsvin i Limfjorden hovedsageligt ved Nissum Bredning (marsvin fra Nordsøen) og Langerak (marsvin fra Bælthavet)⁴⁸. Området omkring Nordjyllandsværket vurderes derfor ikke at være vigtigt for marsvin, hverken som levested eller vandringsrute.

Marsvin vurderes, at være mest følsomme overfor forstyrrelser i yngle- og dieperioden samt i parringssæsonen, hvilket strækker sig over perioden fra maj-august. Bifangst af marsvin ved garnfiskeri udgør den største trussel mod marsvin, men herudover kan undervandsstøj, forstyrrelser fra bådtrafik, forurening samt mindsket fødemængde påvirke marsvinene negativt⁴⁹.

Marsvin er opført på habitatdirektivets bilag IV og er således strengt beskyttet i hele dets udbredelsesområde. Marsvinet optræder som ikke truet (LC) på den danske Rødliste⁵⁰.

Det er vurderet i væsentlighedsvurderingen ovenfor, at der ikke vil være en væsentlig påvirkning fra kuldespredning på det marine miljø, da effekten af kuldespredningen er begrænset. Kun helt lokalt omkring udløbet vil der ses temperaturforskelle på mere end -1 °C.

Det vurderes, at projektet ikke kan beskadige eller ødelægge yngle- eller rasteområder i det naturlige udbredelsesområde for marsvin. Dermed påvirkes muligheden for opretholdelse af den økologiske funktionalitet for marsvin ikke.

5.2 Vandområdeplan Jylland og Fyn

Nordjyllandsværket leder kølevand ud til vandområde 235 Nibe Bredning og Langerak i Limfjorden⁵¹.

Miljømålet for danske kystvande omfatter økologisk og kemisk tilstand. Området er målsat til opnåelse af god økologisk tilstand i 2027. Tilstanden vil være opnået, når både den økologiske og den kemiske tilstand vurderes som værende god.

Den økologiske tilstand beskrives ud fra tilstanden af følgende kvalitetselementer:

- Planteplankton (klorofyl som mål for algebiomasse)
- Ålegræs (dybdeudbredelse)

⁴⁶ Jensen T, 2006, Hjemmeside om observationer af sæler og hvaler i Danmark. Sæler og hvaler i Danmark" koordineres af Zoologisk Museum i København og Fiskeri- og Søfartsmuseet i Esbjerg og gennemføres i samarbejde med Skov- og Naturstyrelsen i henhold til Miljøministeriets "Beredskabsplan vedrørende Havpattedyr og Havfugle". www.hvaler.dk

⁴⁷ Hvaler.dk, besøgt 26. maj 2020, <http://hvaler.dk/nyheder.html>

⁴⁸ Sveegard, S., Nabe-Nielsen, J. & Teilmann, J. 2018. Marsvins udbredelse og status for de marine habitatområder i danske farvande. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 36 s. - Videnskabelig rapport nr. 284 <http://dce2.au.dk/pub/SR284.pdf>

⁴⁹ Søgaard, B., Asferg, T., 2007. Håndbog om dyrearter på Habitatdirektivets Bilag IV. – Faglig rapport fra DMU nr. 635.

⁵⁰ Aarhus Universitet, Institut for Bioscience. Rødlistesystemet. <http://bios.au.dk/raadgivning/natur/redlisteframe/roedlistesystemet/>

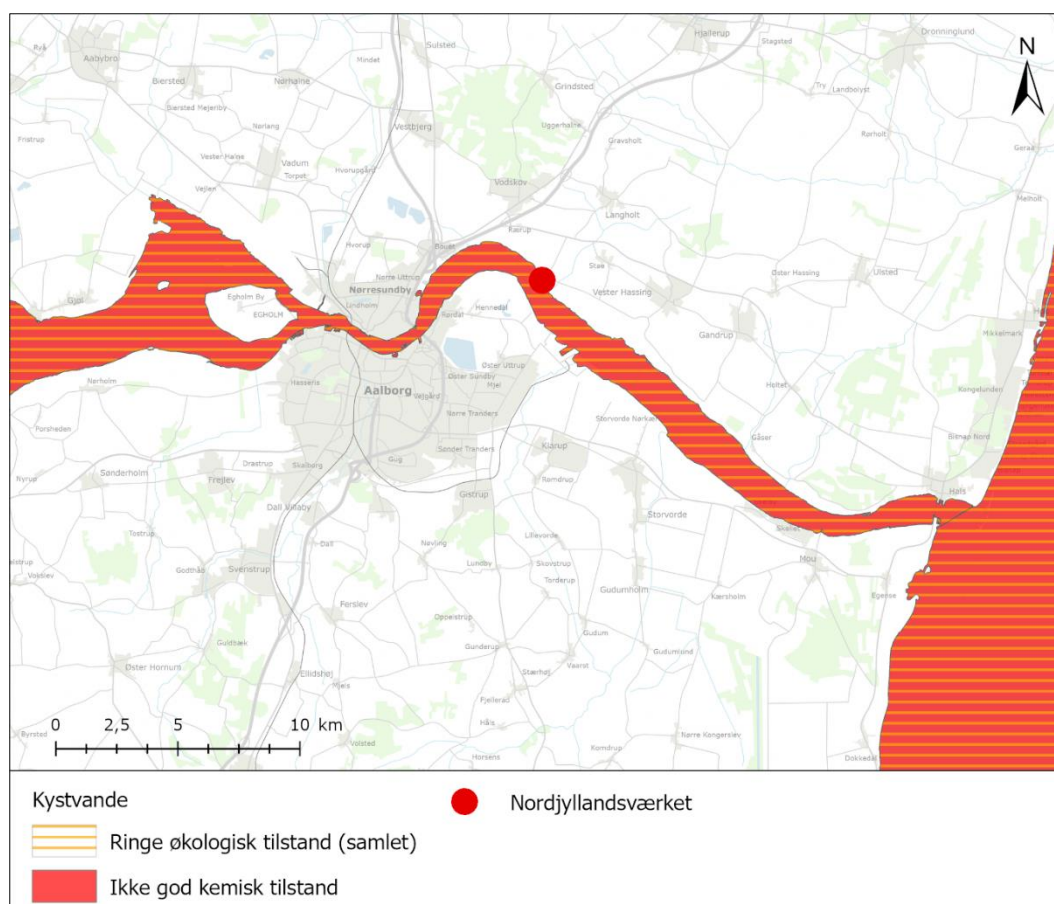
⁵¹ MiljøGIS for basisanalyse for vandområdeplaner 2021-2027. <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3basis2019>

- Bundfauna (sammensætning og tæthed)
- Miljøfarlige forurenende stoffer (nationalt udvalgte stoffer).

Hvert kvalitetselement kan opnå enten høj, god, moderat, ringe eller dårlig økologisk tilstand, og den samlede økologiske tilstand er målt ud fra kvalitetselementet med den laveste tilstand. Den økologiske tilstand i projektområdet er for perioden 2015-2021⁵² vurderet til følgende jf. MiljøGIS:

- Planteplankton (ringe økologisk tilstand)
- Ålegræs (ringe økologisk tilstand)
- Bundfauna (moderat økologisk tilstand)
- Miljøfarlige forurenende stoffer (ukendt økologisk tilstand).

Den samlede økologiske tilstand for vandområde 235 er vurderet at være "ringe" (Figur 5-1). For opnåelse af god økologisk tilstand skal klorofylindholdet være maksimalt 3,6 µg/l målt som sommerrmiddel fra maj-september, dybdegrænsen for hovedudbredelsen af ålegræs skal være mindst 4,1 meter og DKI indekset for bundfauna skal være mindst 0,68.



Figur 5-1. Samlet økologisk tilstand og kemisk tilstand i vandområde 235 ud for Nordjyllandsværket.

⁵² MiljøGIS for Vandområdeplanerne 2015-2021. <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?&profile=vandrammedirektiv2-bek-2019>

Som beskrevet i afsnit 4.3.1 og vist på Figur 4-7, Figur 4-8 og Figur 4-9 vil påvirkningerne fra udledning af kølevand fra driften af havvandsvarmepumpen være begrænsede. Kun helt lokalt omkring udløbet vil der ses temperaturforskelle på mere end -1 °C, hvilket skyldes det dynamiske vandmiljø ud for Nordjyllandsværket, hvor vandudskiftningen igennem Langerak giver en hurtig opblanding.

Temperatursænkninger på 1 °C eller mindre vurderes som udgangspunkt at være ubetydelige for det marine miljø, herunder plankton, bundfauna og ålegræs. En sådan temperatursænkning vil desuden potentielt kunne opveje effekter af temperaturstigninger som følge af klimaforandringer. Dermed vurderes drift af havvandsvarmepumpen ikke at føre til temperaturændringer, som kan påvirke levetilstandene for kystvandenets kvalitetselementer mht. fytoplankton, bundfauna og ålegræs. Drift af varmepumpen vurderes derfor ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af vandområde 235 Nibe Bredning og Langerak eller at forhindre opfyldelse af god økologisk tilstand.

Vandløb

Vandløbet Stae Bæk ved siden af Nordjyllandsværket er udpeget som målsat vandløb⁵³. Miljømålet for vandløb omfatter økologisk og kemisk tilstand. Vandløbet er målsat til opnåelse af god økologisk tilstand i 2027. Tilstanden vil være opnået, når både den økologiske og den kemiske tilstand er god.

Den økologiske tilstand beskrives ud fra tilstanden af kvalitetselementerne⁵⁴:

- Smådyr (invertebratfaunaens sammensætning og tæthed)
- Fiskefauna (sammensætning, tæthed og aldersstruktur)
- Vandløbsplanter (sammensætning og tæthed)

Den kemiske tilstand for vandløb bestemmes i forhold til specifikke forurenende stoffer, herunder forurening med prioriterede stoffer og andre stoffer som udledes i signifikante mængder i overfladevandområdet⁵⁵.

Den nuværende samlede økologiske tilstand for Stae Bæk er dårlig på baggrund af dårlig økologisk tilstand for fisk. I en rapport fra DTU Aqua⁵⁶ beskrives Stae Bæk som følgende: *Et lille vandløb som øverst kaldes Bløden. Her er dårlige faldforhold og vandløbet fremtræder som en relativt dyb, blødbundet afvandingskanal. Nord for omfartsvejen øges faldet og de fysiske forhold forbedres. Der blev nu (i modsætning til 2008) konstateret en lille bestand af ældre (udsatte) ørred på alle stationer. Der mangler i høj grad gydemuligheder for ørred i Stae bæk. Det anbefales, at der forsøges med grusudlægning i området nedstrøms Stae Bro.*

⁵³ MiljøGIS for basisanalyse for vandområdeplaner 2021-2027. <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3basis2019>

⁵⁴ Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Kristensen, E.A., Baattrup-Pedersen, A., WibergLarsen, P., Bjerring, R. & Friberg, N. 2013. Biologiske indikatorer til vurdering af økologisk kvalitet i danske søer og vandløb. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 78 s. - Viden-skabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 59 <http://www.dmu.dk/Pub/SR59.pdf>.

⁵⁵ Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand BEK nr. 1625 af 19/12/2017.

⁵⁶ Peter Geertz-Hansen, 2018. Plan for fiskepleje i mindre tilløb til den østlige del af Limfjorden. Faglig rapport fra DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer, Sektion for Ferskvandsfiskeri og -økologi, nr. 60.

Seneste ørredregistrering i Stae Bæk blev foretaget den 1. september 2017⁵⁷, hvor punktregistreringer blev målt på tre steder i vandløbet. Fælles for alle stationer var, at der ingen ørred yngel blev registreret, og Stae Bæk blev derfor vurderet som værende i dårlig økologisk tilstand med hensyn til fisk. Stae Bæks samlede økologiske tilstand bygger på seneste planperiodes miljøregistreringer fra 2015-2021, med hensyn til vandløbets kemiske tilstand, tilstedeværelsen af makrofytter (vandplanter), bentiske invertebrater (hvirvelløse bunddyr) og fisk. Overordnet vurderes den samlede økologisk tilstand som dårlig, med risiko for manglende målopfyldelse i 2027⁵⁸.

Overordnet er Stae Bæk et lille vandløb med en længde på 4,76 km og en gennemsnitsbredde på 2,3 m. Årligt udsættes 1.500 stk. smolt i april og 600 stk. ½-års ørreder i september/oktober måned. Manglende gydeområder og dårlige faldforhold i vandløbet har hidtil ført til manglende yngelregistreringer i vandløbet. Det vurderes desuden, at førend gydemulighederne forbedres, evt. med grusudlægning, forventes Stae Bæk økologiske tilstand for fisk ikke at forbedres⁵⁹.

Som beskrevet i afsnit 2.1.3 er risikoen for fisk ved indtag af havvand meget lille. Det skyldes at gittervidden i de fine filter umiddelbart før vekslerne er maksimalt 5 mm, og filterne er udstyret med automatisk returskyl. Havørred fødes og vokser op i ferskvand, hvor de lever 1 - 6 år, indtil de med en størrelse på 8 - 25 cm⁶⁰, som såkaldte smolt, vandrer ud i havet. Dermed vurderes indtag af havvand i driftsfasen for havvandsvarmepumpen ikke at påvirke udtrækkende smolt væsentligt. Det vurderes, at havvandsindtag ikke vil forhindre opnåelse af god økologisk tilstand for fisk i Stae Bæk.

Udledning af vand fra Nordjyllandsværket og/eller havvandsvarmepumpen vurderes ikke at påvirke Stae Bæks mulighed for gydende ørreder, eller deres vandring til og fra bækkens udmunding til Limfjorden. Udledning af afkølet vand fra havvandsvarmepumpen til Limfjorden vurderes ikke at påvirke Stae Bæks overordnede temperaturforhold, da udledning af vand ikke vil ske med direkte udløb til Stae Bæk. Korteste afstand mellem Nordjyllandsværkets punktudledningen til Stae Bæks udløb til Limfjorden er ca. 320 meter (Figur 5-2).

⁵⁷ Peter Geertz-Hansen, 2018. Plan for fiskepleje i mindre tilløb til den østlige del af Limfjorden. Faglig rapport fra DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer, Sektion for Ferskvandsfiskeri og -økologi, nr. 60.

⁵⁸ MiljøGIS for basisanalyse for vandområdeplaner 2021-2027. <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3basis2019>

⁵⁹ Peter Geertz-Hansen, 2018. Plan for fiskepleje i mindre tilløb til den østlige del af Limfjorden. Faglig rapport fra DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer, Sektion for Ferskvandsfiskeri og -økologi, nr. 60.

⁶⁰ Koed, A., Rasmussen, G. & Rasmussen, E. B. 1997. Havørredbestandene i Odense Å og Sta-vids Å systemerne i relation til Fynsværket. DFU-rapport nr. 29-97.



Figur 5-2. Afstand fra Nordjyllandsværkets kølekanal til Stae Bæks udløb til Limfjorden. Kilde: Google Maps

Vandtemperaturen i Limfjorden er naturligt fluktuerende gennem hele sæsonen, som vist i Figur 4-10. Da der på nuværende tidspunkt ikke er blevet registreret ørredyngel i Stae Bæk, sammenholdt med de manglende gydepladser og det manglende fald på vandløbet, vurderes Stae Bæk ikke som et vigtigt vandløb for hverken hav- og bækørred. Såfremt de alligevel skulle vandre op i vandløbet, vil den potentielle temperaturfluktuation forårsaget af Nordjyllandsværket og havvandsvarmepumpens vandudledning ligge indenfor ørredens temperaturgrænse fra 0 til 25 °C⁶¹. Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumpen ikke vil forårsage en væsentlig påvirkning på ørredens tilstedeværelse i Stae Bæk eller ørredens mulighed for at yngle i bækken. Dermed vurderes driften af havvandsvarmepumpen ikke at forhindre opnåelse af god økologisk tilstand i Stae Bæk.

⁶¹ Rasmussen, G.R. & Carl, H. 2019. Ørred. I: Carl, H. & Møller, P.R. (red.). Atlas over danske saltvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum. Onlineudgivelse, december 2019.

NOTAT

Projekt navn **AF-inddheat-Teknisk Rådgivning-Havvands VP**
Projektnr. **1100045210**
Modtager **Aalborg Forsyning**
Dokumenttype **Notat**
Version **1**
Dato **2021-06-28**
Udarbejdet af **PROREF_OLEL**
Kontrolleret af **SLA**

Risikovurdering og forsvarsbarrierer mod lækager af kølemiddel til havvand

1. Indledning

Baggrunden for dette notat er, at Aalborg Forsyning (AF) ønsker at etablere en 100 til max. 150 MW havvandsvarmepumpeanlæg på Nordjyllandsværkets areal.

Det er AF's holdning, at det samlede havvandsvarmepumpeanlæg skal være baseret på overvejende vedvarende energi, og at miljøbelastningen skal minimeres til et absolut minimum.

I forbindelse med ansøgning af projektet, jf. miljøvurderingsloven, udarbejdes der en væsentlighedsvurdering, der forholder sig til om nærliggende Natura 2000-områder og bilag IV-arter påvirkes væsentlig af projektet. Herudover foretages vurderinger af projektets potentielle påvirkninger af målsatte vandområder i fh.t. vandrammedirektivet.

Projektet skal forholde sig til de internationale beskyttelsesområder, Natura 2000 og bilag IV-arter. De nærmeste Natura 2000-områder ligger i fugleflugtslinje ca. 11 km mod vest og knap 19 km mod øst.

Havvandspumpeanlæggets funktion er at levere varme til fjernvarmen ved at afkøle havvandet. Derved overføres energi til fjernvarmen.

Det fremtidige havvandsvarmepumpeanlæg kan designes og opbygges med forskellige kølemidler.

De kølemidler der kan tænkes i spil, er:

- Ammoniak, NH₃, R717
- HFO, R1234ze(E)
- CO₂, R744

I alle tilfælde skal havvandsvarmepumpeanlægget opbygges på en måde, der tilsikrer den størst mulige sikkerhed i forbindelse med et eventuelt kølemiddeludslip.

Her lægges der vægt på, at selve havvandsvarmepumpeanlægget opbygges med komponenter og valg af materialer, der giver mindst mulig risiko for lækage.

Dernæst at havvandsvarmepumpeanlægget kontrolsystem kan overvåge alle parametre, der kan indikere et forekommet udslip, og straks stopper en yderlig udvikling af lækagen.

I de følgende afsnit vil vi derfor behandle de risici og forsvarsbarrierer der måtte være nødvendige for dette projekt.

I dette notat behandles 2 forskellige varmeveksler type, som vil være relevante for dette projekt:

- Shell and Tube varmeveksler / fordamper
- Falling Film varmeveksler / fordamper

2. Risikovurdering

Havvandsvarmepumpeanlægget som planlægges placeret på Nordjyllandsværkets område, har meget stor lighed med det igangværende projekt hos DIN Forsyning Varme A/S i Esbjerg.

Selv om havvandsvarmepumpeanlægget på Nordjyllandsværket bliver dobbelt så stort som havvandsvarmepumpeanlægget hos DIN Forsyning i Esbjerg, vil havvandsvarmepumpeanlægget hos Nordjyllandsværket bestå af de samme typer enheder med samme mængder af kølemiddel, blot flere enheder.

Risikovurderingen bygger på årsager, konsekvenser og sikkerhedsbarrierer for udslip af ammoniak og R1234ze(E) til havmiljøet ved et totalt brud på rør. Uddraget fra risikoidentifikationen findes i Appendiks A.

2.1 Ammoniak – Shell and Tube varmeveksler

Et rørbrud i varmeveksleren vil være årsagen til udslip af ammoniak til havvandet. Ved et rørbrud på 4 rør vil der slippe ca. 2,4 kg/s ammoniak på gasform ud. Brud på mere end 4 samtidige rør anses ikke for at være sandsynligt.

Grundet ammoniaks store opløselighed i vand alt ammoniakken optages i havvandet.

2.1.1 Årsag

Årsagen til et rørbrud i varmeveksleren kan findes i designfejl, forkert materialevalg, korrosion, trykfejl, erosion, frostsprængning og vedligeholdelsesfejl (Se afsnit 5.2).

En fejl på varmevekslerne som leder til et rørbrud har en frekvens på 5×10^{-5} /år, ref. /1/.

2.1.2 Sikkerhedsbarrierer

For at sikre at risikoen for et ammoniakudslip ved totalt rørbrud mindskes findes der en række sikkerhedsbarrierer.

I varmeveksleren er der valgt titaniums rør, hvilket gør risikoen for korrosion mindskes, dermed mindskes risikoen for et totalt brud på røret. Titaniums rør vurderes at have enrisikoreduktionsfaktor på 10. (RFF=10).

Havvandsrørene er udstyret med shutdownventiler (Se Appendiks 8), disse vil ved detektion af ammoniakudslip blive lukket samtidig med trip af havvandspumperne. På denne måde vil ammoniak fra en eventuel lækage blive tilbage holdt i havvandsrørene og ikke have mulighed for at forsætte ud i havmiljøet. Selve shutdownventilerne bliver aktiveret fra enten af kølemiddeldetektering, niveaumåler

på et faldrør på ammoniakken eller fra en kontinuerlig måling af ammoniakniveauet i havvandsrøret. Ammoniakken i havvandssiden vil blive målt ned til 10 – 30 ppm.

Risikoreduktionsfaktoren for shutdownventilerne vil være påvirket af selve ventilens sandsynlighed for fejl, som vurderes at have en risikoreduktionsfaktor på 100 (RFF=100).

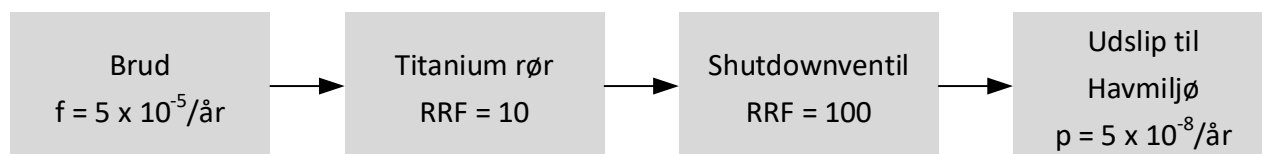
I henhold til gældende lovgivning skal beholderen, svøbet på Shell and Tube fordamperen, trykprøves hver 4. år.

Ved trykprøvning så sjældent vil det ikke på længere sigt bidrage væsentligt til de risiko reducerende tiltag, da samtidigheden mellem en lækage og en trykprøvning ikke anses som værende stor.

2.1.3 LOPA

Risikoen for et udslip af ammoniak til havmiljøet opgøres af risikoen for uheldet, hvor de risikoreducerende tiltag medregnes. Ved brug af titaniums rør reduceres risikoen med en faktor 10, mens der ved samtidig brug af shutdownventilerne sker en reduktion med en faktor 100, hvilket fremgår af Figur 1. Hvilket vil give en risiko for udslip af ammoniak til havmiljøet efter et rørbrud som følger:

$$P_{\text{udslip til havvand}} = \frac{5 \times 10^{-5}/\text{år}}{10 \times 100} = 5 \times 10^{-8}/\text{år}$$



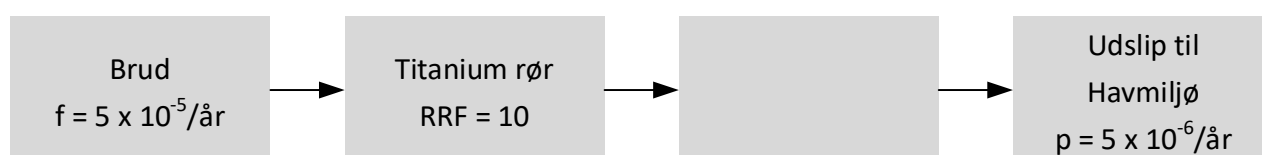
Figur 1: Viser LOPA for ammoniakudslip til havmiljø med shutdownventil aktiveret.

Det ses dermed at risikoen for et udslip af ammoniak til havmiljøet ligger på $5 \times 10^{-8}/\text{år}$.

Dette svarer til en retur periode på 20.000.000 år, som følge af en lang række forsvarsbarrierer, som er indbygget i systemet, dels for at beskytte miljøet og dels for at sikre driften af varmepumpen og undgå skader på systemet.

Såfremt lækagemålingen ikke træder i funktion, som følge af en lavere koncentration end den målbare koncentration (10 - 30 ppm) vil risikoen for et udslip af ammoniak til havmiljøet ligger på $5 \times 10^{-6}/\text{år}$, hvilket svarer til en retur periode på 5.000.000 år, som følge af en lang række forsvarsbarrierer, som er indbygget i systemet, dels for at beskytte miljøet og dels for at sikre driften af varmepumpen og undgå skader på systemet. Dette fremgår af figur 2.

$$P_{\text{udslip til havvand}} = \frac{5 \times 10^{-5}/\text{år}}{10} = 5 \times 10^{-6}/\text{år}$$



Figur 2: Viser LOPA for ammoniakudslip til havmiljø uden shutdownventil aktiveret.

2.2 R1234ze(E) – Shell and Tube varmeveksler

Et lækage/rørbrud vil være årsag til udslip af R1234ze(E) til havvandet. Ved en lækage/rørbrud vil der slippe ca. 30 kg/s R1234ze (ved 4 samtidige rørbrud) på væskeform ud i havvandsrørene. Brud på mere end 4 samtidige rør anses ikke for at være usandsynligt.

Grundet R1234ze(E)'s meget ringe opløselighed i vand, vil kun en meget lille mængde kølemiddel R1234ze(E) optages i havvandet.

2.2.1 Årsag

Årsagen til en lækage (lækage kan lede til rørbrud, se afsnit 3.2) i varmeveksleren kan findes i designfejl, forkert materialevalg, korrosion, trykfejl, erosion, frostsprængning og vedligeholdelsesfejl (Se afsnit 5.2).

Frekvensen for en lækage i en varmeveksler ligger på $1 \times 10^{-3}/\text{år}$, ref. /1/.

2.2.2 Sikkerhedsbarrierer

For at sikre at risikoen for et udslip af R1234ze(E) ved en lækage mindskes, findes der en række sikkerhedsbarrierer.

I varmeveksleren er der valgt titaniums rør, hvilket gør sandsynligheden for korrosion mindre dermed mindskes risikoen for en lækage. Hvilket har en risikoreduktionsfaktor på 10 (RFF=10).

Havvandsrørene er udstyret med shutdownventiler (Se Appendiks 8), disse vil ved detektion af R1234ze(E)-udslip blive lukket samtidig med trip af havvandspumperne. På denne måde vil R1234ze(E) fra en eventuel lækage/rørbrud blive tilbage holdt i havvandsrørene og vil ikke have mulighed for at forsætte ud i havmiljøet. Selve shutdownventilerne bliver aktiveret fra enten niveaumåler f.eks. på et faldrør på R1234ze(E) eller trykdetektion.

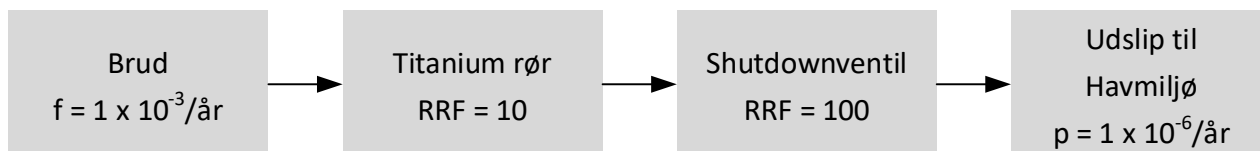
Risikoreduktionsfaktoren for shutdownventilerne vil være påvirket af selv shutdownventilernes sandsynlighed for fejl og har derfor en risikoreduktionsfaktor på 100 (RFF=100).

Ved trykprøvning af rørene ved nedlukning vil der være tale om op mod 2 trykprøvninger om året. Ved trykprøvning så sjældent vil det ikke på længere sigt bidrage væsentligt til de risiko reducerende tiltag, da samtidigheden mellem en lækage og en trykprøvning ikke anses som værende stor.

2.2.3 LOPA

Risikoen for et udslip af R1234ze(E) til havmiljøet grundet et rørbrud opgøres af risikoen for uheldet, hvor de risikoreducerende tiltag medregnes. Ved brug af titaniums rør reduceres risikoen med en faktor 10, mens der ved samtidig brug af shutdownventiler sker en reduktion med en faktor 100, hvilket fremgår af Figur 3. Hvilket vil give en risiko for spild af R1234ze(E) til havvandsmiljøet efter et rørbrud som følger:

$$P_{\text{udslip til havvand}} = \frac{1 \times 10^{-3}/\text{år}}{10 \times 100} = 1 \times 10^{-6}/\text{år}$$

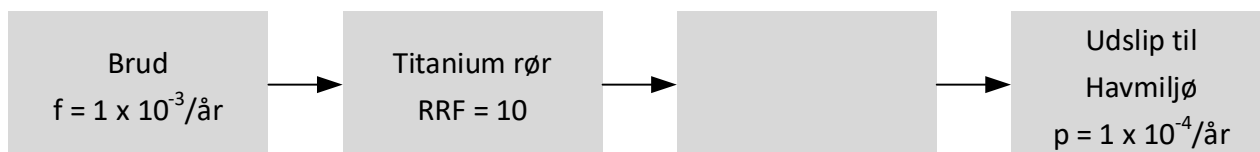


Figur 3: Viser LOPA for R1234ze(E)-udslip til havmiljø med shutdownventil aktiveret.

Det ses dermed at risikoen for et udslip af R1234ze(E) til havmiljøet ligger på $1 \times 10^{-6}/\text{år}$, hvilket svarer til en retur periode på 1.000.000 år.

Såfremt lækagemålingen ikke træder i funktion, som følge af en lavere koncentration end den målbare koncentration (100-300 ppm) vil risikoen for et udslip af R1234ze(E) til havmiljøet ligger på $1 \times 10^{-4}/\text{år}$, hvilket svarer til en retur periode på 10.000 år, som følge af en lang række forsvarsbarrierer, som er indbygget i systemet, dels for at beskytte miljøet og dels for at sikre driften af varmepumpen og undgå skader på systemet. Dette fremgår af figur 4.

$$P_{\text{udslip til havvand}} = \frac{1 \times 10^{-3}/\text{år}}{10} = 1 \times 10^{-4}/\text{år}$$



Figur 4: Viser LOPA for R1234ze(E)-udslip til havmiljø uden shutdownventil aktiveret.

2.3 R1234ze(E) – Falling Film varmeveksler

En lækage på en Falling Film varmeveksler vil ikke resultere i en stor mængde kølemiddel R1234ze(E) til havvandet grundet R1234ze(E)'s meget ringe opløselighed i vand. Derved vil kun en meget lille mængde kølemiddel R1234ze(E) optages i havvandet (Se afsnit **Error! Reference source not found.**)

2.3.1 Årsag

Årsagen til en lækage i varmeveksleren kan findes i designfejl, forkert materialevalg, korrosion, trykfejl, erosion, og vedligeholdelsesfejl.

En Falling Film varmeveksler er i princippet 2 stålplader der er svejst sammen langs kant. Der rullesvejses derefter i de 2 stålplader hvorved et antal kanaler opstår.

Kølemidlet er indvendig i kanalerne, og havvandet risles ned udvendig på kanalpladernes overflade.

En tilfrysning af havvand vil ikke have nogen indvirkning på varmeveksleren

2.3.2 Sikkerhedsbarrierer

For at sikre at risikoen for et udslip af R1234ze(E) ved en lækage mindskes, findes der en række sikkerhedsbarrierer.

Ved en lækage på en kanalplade regnes der med samme mængde som ved en lækage på en Shell and Tube varmeveksler, vil det meste af lækagen afdampe til omgivelserne, og kun ringe grad optages i havvandet.

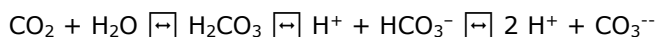
Havvandsrørene er udstyret med shutdownventiler (Se Appendiks 8), disse vil ved detektion af R1234ze(E)-udslip blive lukket samtidig med trip af havvandspumperne. På denne måde vil R1234ze(E) fra en eventuel lækage blive tilbageholdt i havvandsrørene, og vil ikke have mulighed for at forsætte ud i havmiljøet. Selve shutdownventilerne bliver aktiveret fra kølemiddel detektering på R1234ze(E) eller trykdetektion.

3. CO₂ – Kuldioxid

Der forventes ingen påvisningskrav for CO₂. Det skyldes at havvand er kendetegnet ved at være et godt buffersystem, som kan optage store mængder CO₂.

Ved lækage af CO₂ til havvand vil der teoretisk ske en forsuring, dvs. at pH teoretisk set vil falde.

Følgende ligevægtssystem vil opstå – reaktion vil blive forskudt mod højre:



På grund af tilstedeværelsen af bicarbonationen (HCO₃⁻) og carbonationen CO₃⁻ i havvandet, vil pH holdes konstant.

4. Konklusion på risikovurdering

Fra analyserne ovenfor fremgår det at risikoen for at der sker et udslip af ammoniak ud i havvandsmiljøet fra et rørbrud i varmeveksleren er beregnet til 5×10⁻⁸/år, hvilket svarer til en retur periode på 20.000.000 år.

Risikoen for at der sker et udslip af R1234ze(E) fra et rørbrud er beregnet til 1×10⁻⁶/år, hvilket svarer til en retur periode på 1.000.000 år.

Med den meget lave risiko for udslip af kølemidler til havmiljøet vurderes et potentielt udslip som usandsynligt.

5. Forsvarsbarrierer mod lækager

Afsnittet omhandler de mulige forsvarsbarrierer, der kan forhindre at kølemiddel lækager ender i havvandet.

5.1 Lækage muligheder

Havvandsvarmepumpens varmeveksler/fordamperen er den eneste komponent, som både indeholder/er i berøring med kølemiddel og havvand.

I dette afsnit behandles både Shell and Tube og Falling Film varmevekslernes lækageforhold.

Ved fordampere af Shell and Tube typen, hvor havvandet løber inde i et større antal rør, er disse rør omsluttet af kølemidlet. Hele konstruktionen er omsluttet af et svøb og endedæksler.

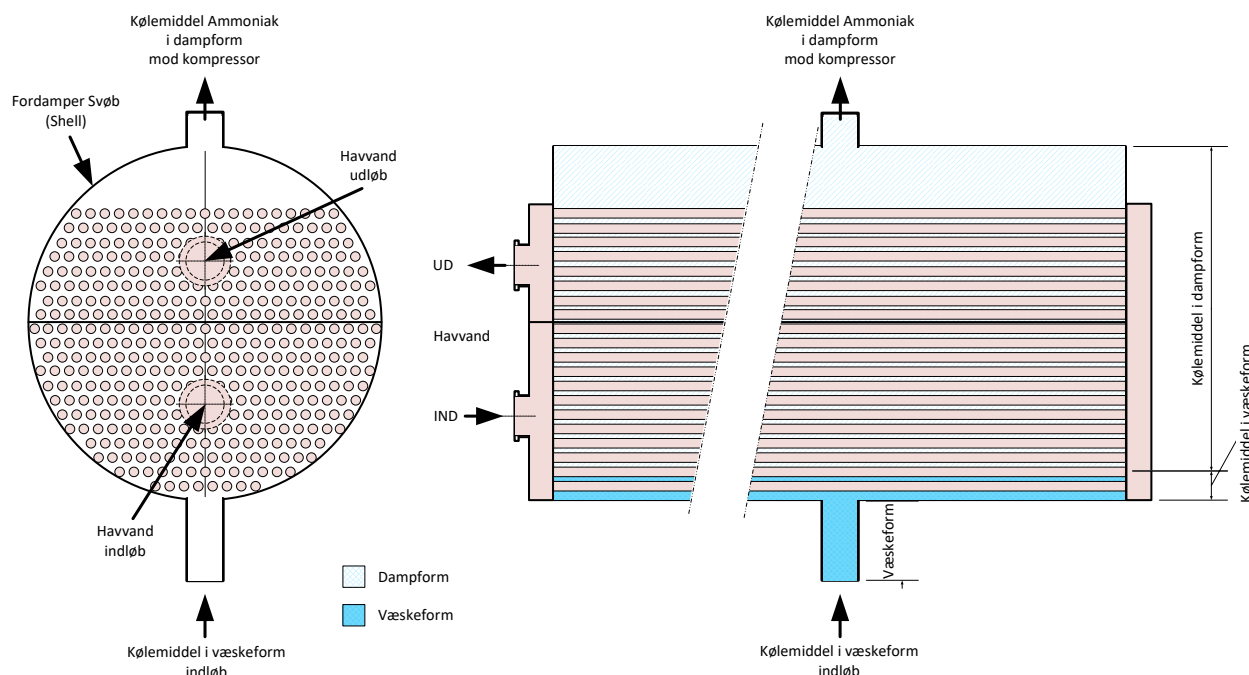
Eneste mulighed for lækage mellem kølemiddel og havvandet vil typisk være ved brud på et eller flere af de indvendige havvandsførende rør, eller ved utæthed ved havvandsrørenes gennemføring ved fordamperens vendekamre i enderne.

Ved fordampere af Falling Film typen vil kølemidlet være indeholdt i et større antal kanalplader. Eneste mulighed for lækage vil typisk være ved revne i kanalplade eller ved svejsningerne.

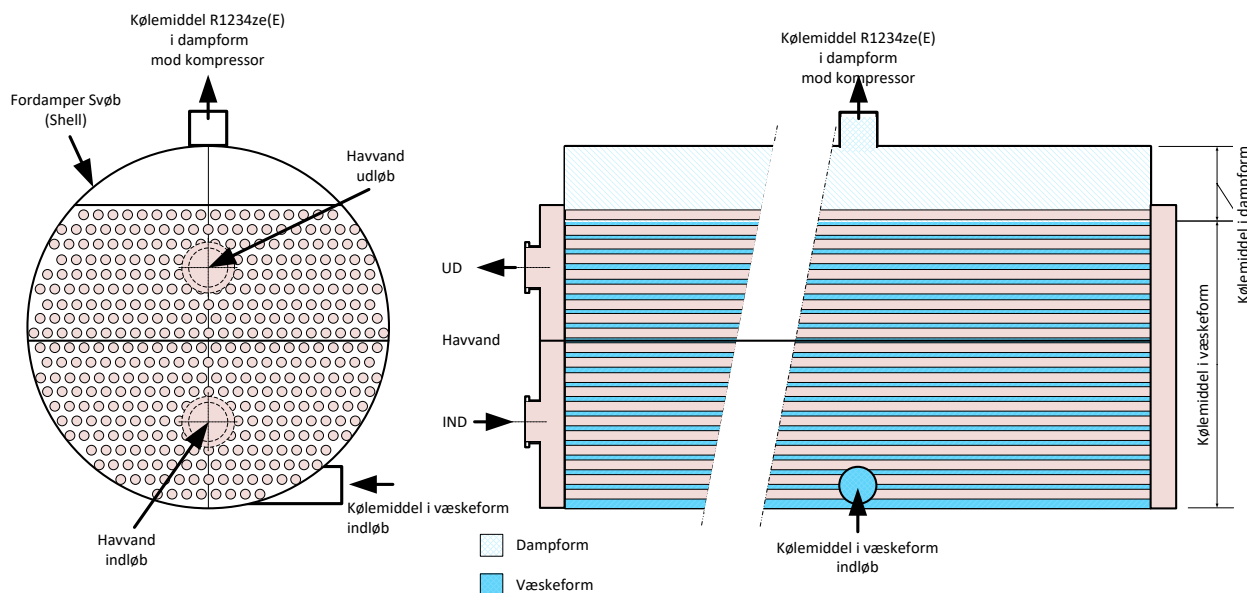
Til 150 MW fjernvarmekapacitet skal anvendes under 50 tons ammoniak eller ca. 120 tons R1234ze(E). Den store forskel i mængde skyldes primært kølemidlernes varmetekniske (termodynamiske) egenskaber, samt forskellen i opbygning af fordamperne.

5.1.1 Fordamper systemerne

5.1.1.1 Shell and Tube varmeveksler



Figur 5: Skematisk visning af Ammoniak fordamper/rørveksler (Shell and Tube), hvor havvandet løber inde i rørene (rød) og kølemidlet Ammoniak i svøbet omslutter havvandsrørene. Der er kun kølemiddel i væskeform i det nederste lodrette rør, mens hele resten af fordamperens svøb kun indeholder kølemiddel i dampform. En fordamper med en meget lille kølemiddelfyldning.



Figur 6: Skematisk visning af R1234ze(E) fordamper/rørveksler (Shell and Tube), hvor havvandet løber inde i rørene (rød) og kølemidlet R1234ze(E) i svøbet omslutter havvandsrørene. Der er kølemiddel i væskeform i næsten hele svøbet. Væskenniveauet ligger højt, således stort set alle rør er nedsænket i kølemiddel i væskeform. En fordamper med en relativ stor kølemiddelfyldning.

Figur 5 og Figur 6 viser principskitser for mulige vekslere til ammoniak og til kølemiddel R1234ze(E). De to vekslere er konstruktionsmæssigt meget lig hinanden, dog med den helt afgørende forskel, at kølemiddelfyldningen er markant forskellige. Fyldningen i ammoniakfordamperen er markant mindst.

Figureerne (5 og 6) viser mulige vekslertyper for ammoniak og for kølemidlet R1234ze(E).

Ved ammoniak som kølemiddel er vist et fordamper system (Figur 5), som har en meget reduceret kølemiddelfyldning (Spray-chiller løsning), da kun den nederste del af fordampersvøbet indeholder ammoniak i væskeform, og resten af fordampersvøbet er dampfyldt.

Ved R1234ze(E) (Figur 6) vil det meste af fordamper svøbet være væskefyldt, og kun den øverste del af svøbet vil være dampfyldt.

På ammoniak-fordamperen er alle havvandsrør over selve væskenniveauet i fordamper kun omgivet af ammoniak i dampform, og rørene er placeret så flydende ammoniak sprøjtes på rørene og fordamper til gasform.

Ved en lækage på en ammoniakfordamper vil der strømme ammoniak på dampform (ikke væskeform) ud til havvandssiden, og ved en lækage vil den udstrømmende ammoniakmængde være markant minimeret, da massefylden af ammoniakdamp er ca. en faktor 600 – 700 lavere end for ammoniakvæske.

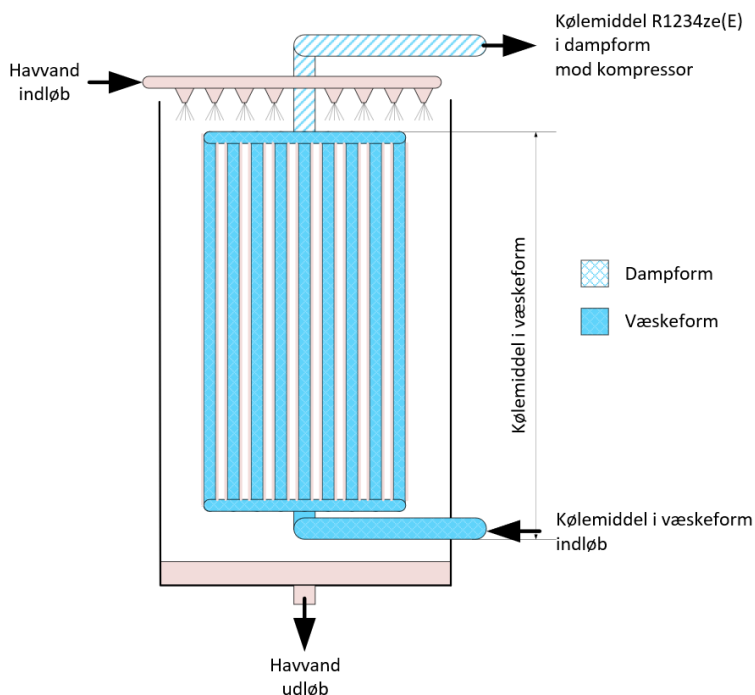
Ved begge løsninger, ammoniak eller R1234ze(E), er der opbygget en række lækage- forsvarsbarrierer, som alle bidrager til et opnå et sikkert system.

5.1.1.2 Falling Film varmeveksler

Nedenstående Figur 7 viser en principskitse for en Falling Film fordamper. Kølemidlet R1234ze(E) er indvendig i kanalpladerne og fungerer som en Flooded Evaporator, helt fyldt med kølemiddel i væskeform.

Havvandet sprayeres ned over den udvendige side af kanalpladerne, hvorved havvandet nedkøles.

Havvandet opsamles i en bundbakke, hvorfra det returneres til udløbskanalen.



Figur 7: Skematisk visning af R1234ze(E) Falling Film fordamper, hvor havvandet løber udvendig på kanalpladerne (rød) og kølemidlet R1234ze(E) (blå) indvendig i kanalpladerne.

En fordamper med en relativ stor kølemiddelfyldning.

Ved en lækage på en kanalplade, vil det meste af lækagen straks afdampe til omgivelserne, og kun i ringe grad optages i havvandet.

Havvandsrørene er udstyret med shutdownventiler (Se Appendiks 8), disse vil ved detektion af R1234ze(E)-udslip blive lukket samtidig med trip af havvandspumperne. På denne måde vil R1234ze(E) fra en eventuel lækage blive tilbageholdt i havvandsrørene, og vil ikke have mulighed for at forsætte ud i havmiljøet. Selve shutdownventilerne bliver aktiveret fra kølemiddel detektering på R1234ze(E) eller trykdetektion.

R1234ze(E) optages ikke nemt i havvandet, da havvandet kun kan indeholde 373 mg/l (ved 20 °C). Ved en reaktions- og lukketid på 5 minutter på systemets shutdownventiler, vil der fra et lækkende Falling Film system nå at lække 261 kg R1234ze(E) til havvandet hvorfra kølemidlet vil afdampe til luften.

5.2 Risiko og mitigering

Mange års driftserfaring fra kraftværksbranchen, hvor saltvand er et integreret medie i systemet, har medført nogle meget restriktive instrukser for en korrekt drift at systemerne og endvidere opstillet ganske detaljerede instrukser for service og vedligehold.

Risikoområderne og de respektive tiltag for at minimere eller eliminere (mitigering), samt de tilknyttede design og driftsmæssige forhold, er beskrevet i de følgende afsnit.

5.2.1 Sikring mod korrosion

Havvandvarmepumpens design og tekniske løsning er baseret på årtiers erfaringer fra kraftværker bygget i Danmark og udland. Her skal nævnes væsentlige sikkerhedssystemer/-foranstaltninger:

- Alle dele i fordamperen i direkte kontakt med havvand er konstrueret i materialecertificeret titanium med en materialekvalitet, som standardmæssig anvendes i kraftværker, hvor lækage er kritisk.
- Titanium er særdeles korrosionsbestandigt overfor saltvand, og baseret på erfaringen fra kraftværker forventes der ikke gennemtæring i anlæggets levetid. Desuden vil der blive foretaget regelmæssige inspektioner af konstruktionen.

5.2.2 Sikring mod rørbrud fra mekaniske påvirkninger og lækager i endeplader

Havvandvarmepumpesystemet er opbygget efter Best Available Technology (BAT) og er underlagt adskillelige direktiver, regler og standarder, hvor der lægges meget stor vægt på systemets tæthed.

- Alle dele fremstillet i titanium er svejst sammen, således de udgør én samlet enhed uden pakninger, flanger eller lignende, som ellers kunne føre til lækage. Der stilles skærpede krav til kvalitetssikring, derunder udføres NDT på udvalgte svejsninger.
- Fordamperen er før ibrugtagning tryktestet og konstruktions kontrolleret. Dette indebærer bl.a. tryktest ved tryk væsentlig over det højest tilladelige driftstryk, og med omhyggelig lækagekontrol under tryktesten.
- Rørkonstruktionen er opbygget og fysisk beskyttet, således der ikke kan opstå rørvibrationer, som evt. ellers efter mange års drift evt. kunne føre til revnedannelse.
- Desuden har den enkelte varmepumpeleverandør individuelle produktionstests samt lækagetest før hver enkelt opstart af anlæg.
- Trykudstyrsdirektivet (PED) beskriver periodevis inspektion og test, som vil blive indføjet i havvandpumpeanlæggets drifts- og vedligeholdelsesplaner

5.2.3 Sikring mod frostsprængning

Når vi nærmer os en vintertilstand, hvor havvandstemperaturen nærmer sig frysepunktet, vil havvandsvarmepumpens køle/varmekapacitet være reduceret, og på et tidspunkt vil havvandstemperaturen være så lav, at havvandsvarmepumpen må stoppes for at undgå en tilfrysning af fordamperen.

- Ved drift ved lave havvandstemperaturer (vinterdrift) kan der være risiko for, at der kan dannes is i havvandsvarmepumpen fordamperrør. En tiltagende dannelse af is kan medføre en blokering af fordamperrørene, hvilket kan medføre en risiko for lækage.

- Havvandsflowet gennem fordamperrørene er relativt højt, netop for at undgå begroning og dannelse af is.
- Ved en eventuel kontinuerlig salinitetsmåling, kan havvandets frysepunkt bestemmes, og havvandsvarmepumpen kan ved en forudbestemt grænse, defineret ved en temperaturforskel mellem havvandet og havvandsvarmepumpens fordampningstemperatur, begynde en powerdown proces, hvor kølekapaciteten på fordamperen nedsættes, og derved undgå en tilfrysning af fordampere, og for til sidst at stoppe helt.
- Tiltag for at undgå at en isdannelse udvikler sig, kan være at varmgas eller varm kølevæske fra havvandsvarmepumpens kondensatorside ledes til fordamperen, hvorved isdannelse meget hurtigt vil smelte og fjernes. Denne teknologi er meget anvendt indenfor fødevarerbranchen, hvor tilrimning (is) af fordamperen, hurtigt kan afsmeltes med varmgas.
- Skulle der være en formodet risiko for frostsprængning af fordamperrør eller utætheder imellem rør og endelplader, kan fordamperen hurtigt tomsuges, hvorved kølemidler fjernes fra fordamperen.

5.2.4 Sikring mod tilstopning

For at sikre mod tilstopning af fordamperrør, er der i havvandsindtaget monteret filtre, der skal opfange partikler, der kan være årsag til tilstopning.

- Erfaringerne fra Nordjyllandsværkets blok 3 viser, at muslinge- og rurerlarver til en vis grad sætter sig på ru vægge og begynder at leve/vokse her. Store muslingeskaller kan dernæst, når de løsner sig, evt. føre til tilstopning af rørene i fordamperne. For at modvirke dette, er der dels et grovfilter (mesh 100 mm) monteret i indløbskanalen, der automatisk holdes rent.

Der er endvidere indbygget et selvrensende roterende filter med mesh 5mm. Processystemet er opbygget således, at en rørsektion på havvandssiden omkring fordamperne kan afspærres og opvarmes til en temperatur, der vil destruere begroningen, som derefter vil bortledes til havvandsudløbet. Denne proces er almindelig brugt til netop havvandsindtag i forbindelse med køleanlæg og lignende industrielle systemer.

På Nordjyllandsværket er sand ikke et stort problem, men der kan over tid ophobes slam, som vil reducere varmeoverførslen i fordamperen.

Havvandsflowet gennem fordamperen har et loop fra indløb til udløb og retur, hvorigennem et rensesystem (Tapperokk system) kan sende rensebolde igennem fordamperrørene, og renser indersiden af rørene. Dette system bruges allerede på Nordjyllandsværket kondensator systemer med succes.

5.2.5 Sikring mod for højt tryk

Havvandsvarmepumpens tryk på kølemiddelsiden af fordamperen, er noget større end trykket i havvandssystemet gennem havvandsvarmepumpens fordamper.

- Fordamperen er derfor beregnet og konstrueret til at modstå dette højere tryk (trykforskel) på kølemiddelsiden. Havvandvarmepumpesystemet er opbygget i henhold til trykudstyrsdirektivet,

samt andre regler og standarder, hvor der lægges meget stor vægt på systemets tryk.

- Kølesystemet beregnes for et tryk langt højere end det i kølesystemet forekommende driftstryk.
- Der er endvidere indbygget sikkerhedsventiler på de strategiske korrekte steder, for at kunne udlufte/aflaste systemet ved en uforholdsmæssig stor stigning i tryk.
- Trykudstyrsdirektivet (PED), samt andre direktiver, regler og standarder beskriver hvordan disse tryksatte kølesystemer skal konstrueres, herunder hvilke sikkerhedsforanstaltninger der skal etableres på kølesystemet, samt endvidere hvordan periodevis inspektion og test skal udføres, som vil blive indføjet i havvandpumpenlæggings drifts- og vedligeholdelsesplaner.

5.2.6 Lækagedetektion og præventive funktioner

Såfremt en lækage skulle forekomme, er havvandssystemet udstyret med et antal kølemiddeldetektorer der vil detektere kølemiddelmængder som tidligere beskrevet, og lækagesignal sendes til shutdownventilerne i havvandssystemet indløb og udløb fra varmepumpebygningen.

- Shutdownventilerne vil inddæmme det kølemiddelblandede havvand, og derved undgå en kontamineret havvandsmængde at nå Limfjorden.
- Samtidig vil den respektive havvandsvarmepumpe powerdown, og havvands cirkulationspumper vil stoppe.
- Det kontaminerede havvand kan derefter efterfølgende sendes til godkendt modtager.

5.2.7 Selve lækagedetektionen baseres på forskellige målemetoder

Lækagedetektionens nøjagtighed og reaktionshastighed afhænger af måleudstyret.

En pludselig stor lækage vil let kunne detekteres, og systemet vil hurtigt lukkes og stoppe den videre lækage at udbrede sig.

- Store pludselige lækager er lettest at opdage og vil hurtigt blive detekteret på to måder
- Kølemiddel lækagen vil hurtig blive registeret af lækagedetekteringen, systemet vil stoppe og lukke ned.
- En stor lækage vil endvidere blive registreret i havvandsvarmepumpens kontrolsystem som løbende måler temperaturer, tryk og væskniveau (kølemiddel)
- Samtidig lukkes shutdownventilerne på havvandssystemet indløb og udløb af den berørte fordamper.

Små sivende lækager er noget vanskeligere at detektere, hvorfor der her må vælges detektionsudstyr med stor præcision. Her findes en række avancerede online-detektionssystemer, der vil være nødvendig for at undgå, at kontamineret havvand sendes tilbage til Limfjorden.

- Anvendes ammoniak som kølemiddel er en standard målemetode at måle havvandets ledningsevne.

Der er dog mange parametre, der kan have indvirkning på havvandets ledningsevne. Her skal nævnes den almindelige ændring at Limfjordens ledningsevne som følge af ydre påvirkninger. Det kan derfor være nødvendigt at udføre kontinuerlige målinger før og efter, for at kunne bestemme den tilførte lækagemængde gennem fordamperen.

- Det forventes at anvende udstyr der kan måle en tilført koncentration på 10 – 30 ppm.
Denne koncentration skal endvidere ses i lyset af, hvor lille lækage risikoen egentlig er.
- Anvendes HFO kølemidlet R1234ze(E) findes der udstyr der kan måle kølemiddelkoncentrationen direkte. Da opløseligheden af R1234ze(E) har en ganske lille opløselighed, vil der kunne etableres en målefælde i havvandsflowet efter fordamperen, hvor kølemidlet i gasform måles i henhold til tidligere nævnte koncentration 100-300 ppm.

5.2.8 Vedligehold af udstyr til lækagedetektion

Al lækagedetektionsudstyr vil blive vedligeholdt og løbende kalibreret i henhold til leverandørens krav. Hele sikkerhedssystemet vil blive testet med en rimelig frekvens.

6. Referencer

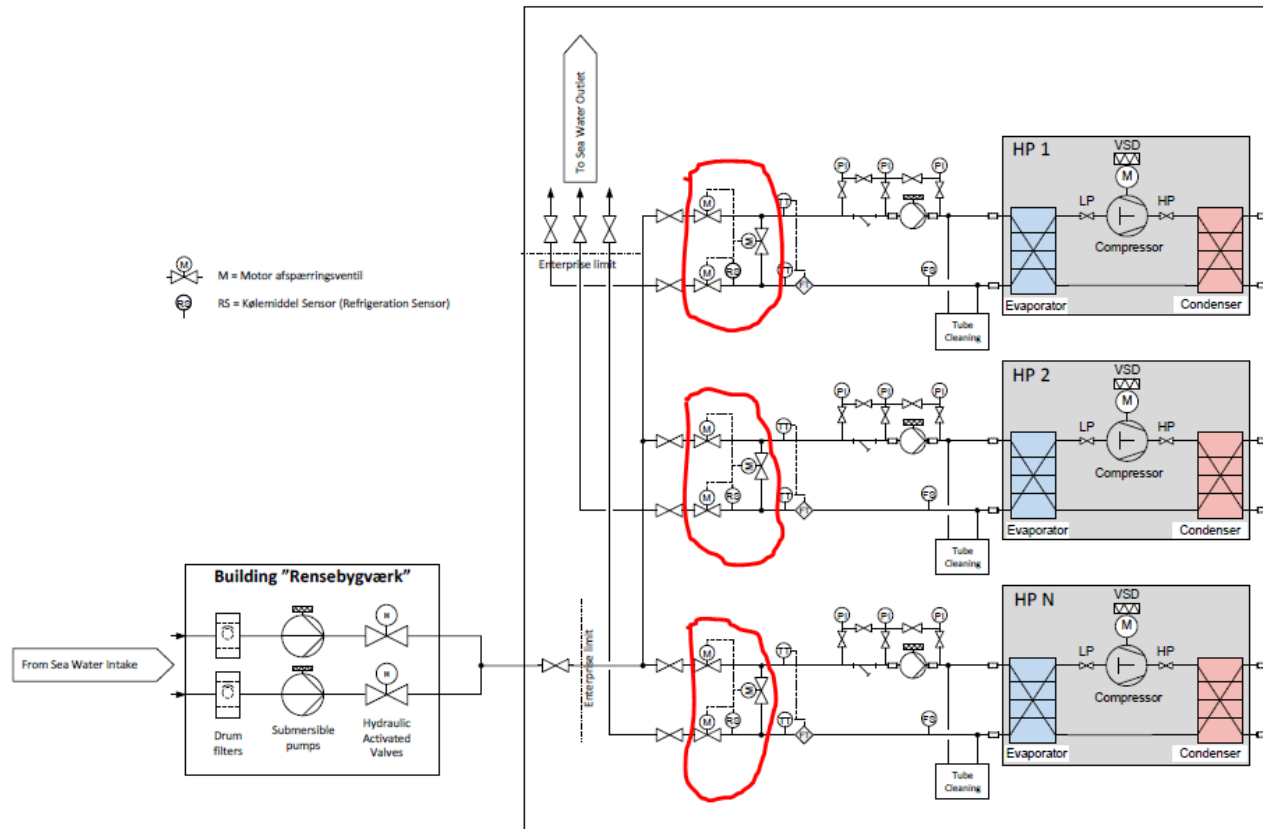
/1/ National Institute of Public Health and the Environment, (2009), Reference Manual Bevi Risk Assessments version 3.2

7. Appendiks A

Ref.	What-If	Årsag	Hændelse	Konsekvens	Sikkerhedsbarrierer	LOPA
1.3b	Lækage ud i havet?	Rørbrud (D19) -Designfejl -Materialefejl -Korrosion -Trykfejl -Vedligeholdelsesfejl	Ammoniak i begge retninger af havvandsrørene (gasform)	Forurening af Natura2000, med fredet fisk. Fisk lige udenfor røret vil dø, men ingen konsekvens for større område. Ekstra kvælstof kan ikke tillades i området (grundet højt nuværende niveau)	Titaniums rør i veksleren Fuldsvejsning Trykprøvning ved nedlukning Shutdownventil: -Niveaumåling af ammoniak i faldrørene -Der skal måles 10-30 ppm kontinuerligt -Lækagestopventil (vil give måske 100 m ³ vand som skal renses, kan dette sendes til Godkendt modtager)	Rørbrud – titaniums rør – Shutdownventil: 5×10 ⁻⁸ /år
2.4	Hvis der er udslip til vand siden i varmepumpen ved rørbrud.	Rørbrud/ Lækage -Designfejl -Materialefejl -Korrosion -Trykfejl -Vedligeholdelsesfejl -Isdannelse	Udslip i en væske/væske fordamper Der er udslip på ca. 30 kg/s ved 4 rørbrud Stødkogning i vandet, hvilket giver vibrationer Kan give vandhammer (grundet gas i væsken) Kan danne is	Totalt havari af veksleren (ved vandhammer) Flere rør vil brudes Der er ingen umildbar konsekvens ved udløb af R1234ze i havmiljøet.	Titaniums rør i veksleren Fuldsvejsning Trykprøvning ved nedlukning (ca. 2 gange årligt) Shutdownventil -Detektion af niveau. -Tryk detektion. -Lækagestopventil (vil give måske 100 m ³ vand/R1234ze, som kan adskilles) Butterflyventiler i stedet for kontraventiler	Rørbrud – titaniums rør – Shutdownventil: 1×10 ⁻⁶ /år

Figur 5:

8. Appendiks B



Figur 6: Udsnit af Havvandsvarmepumpeanlægget – shutdown ventilerne indkredset med rødt.