



Energinet.dk

LI. Torup lagerudvidelse

Fysiske, kemiske og marinbiologiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord

April 2009

Energinet.dk

LI. Torup lagerudvidelse

Fysiske, kemiske og marinbiologiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord

April 2009

Ramboll Oil & Gas
Teknikerbyen 31
2830 Virum
Denmark

Phone +45 4598 6000
www.ramboll-oilgas.com

Rev.	Date	Made by	Checked by	Appr. by	Description
1	2009-04-14	MBK/DMM	MBK/JCXS	DMM	

Indholdsfortegnelse

1.	Introduktion	5
2.	Sammenfatning	6
2.1	Mulige fysiske og kemiske påvirkninger	6
2.2	Marinbiologiske forhold	8
2.3	Monitering og afværgeforanstaltninger	9
3.	Eksisterende forhold	11
3.1	Målsætning	11
3.2	Fysiske/kemiske forhold	11
3.2.1	Metodik	11
3.2.2	Bathymetri	11
3.2.3	Hydrografi	15
3.2.4	Salinitet	16
3.2.5	Haloklin (saltspringlag)	17
3.2.6	Ilt og iltsvind	19
3.2.7	Næringsstoffer	21
3.2.8	Temperatur	25
3.2.9	Suspenderet stof	27
3.2.10	Miljøfremmede stoffer	28
3.3	Marinbiologiske forhold	29
3.3.1	Metodik	29
3.3.2	Plankton	31
3.3.3	Bundfauna	32
3.3.4	Bundvegetation	35
3.3.5	Fisk	38
3.3.6	Marine pattedyr	45
4.	Vurdering af mulige påvirkninger	46
4.1	Generelt	46
4.1.1	Vandindtag i Hjarbæk Fjord til udskylnings- og fortyndingsanlægget	46
4.1.2	Udledning af saltvand i Lovns Bredning	46
4.2	Historik omkring lagerudvidelse	47
4.3	Mulige påvirkninger af fysiske/kemiske forhold	47
4.3.1	Model og metodik	47
4.3.2	Opblandingsforhold	52
4.3.3	Strømforhold	57
4.3.4	Salinitet	58
4.3.5	Haloklin (saltspringlag)	71
4.3.6	Ilt og iltsvind	80
4.3.7	Næringsstoffer	81
4.3.8	Temperatur	82
4.3.9	Skumdannelser	82
4.3.10	Suspenderet stof	82
4.3.11	Miljøfremmede stoffer	86
4.4	Mulige påvirkninger af de marinbiologiske forhold	91
4.4.1	Plante- og dyreplankton	94
4.4.2	Bundfauna	95
4.4.3	Bundvegetation	97
4.4.4	Fisk	98

4.4.5	Marine pattedyr	99
4.4.6	Sammenfattende vurdering	100
4.5	Kumulative effekter	101
4.6	Monitering og afværgeforanstaltninger	103
5.	Referencer	103

Ordliste og forkortelser

Anoxisk	Iltfrit.
DEVANO	Decentral vand- og naturovervågning.
Estuarie	Overgang mellem flod og hav, dvs. bugt, fjord el.lign. I et estuarie ses typisk store fluktuationer i saltforhold.
Eutrofiering	Eutrofiering betyder næringsrig og anvendes om vand der indeholder mange næringsalte. Eutrofiering kan medføre en kraftig algevækst, og følgende øget risiko for iltsvind.
Fuglebeskyttelsesdirektivet	Områder hvor ynglefugle (sjældne, truede eller følsomme overfor ændringer af levesteder) eller områder hvor fugle som regelmæssigt gæster Danmark (fx for at overvintre) beskyttes.
Gunstig bevaringsstatus	En definition hvor dyre- og planteliv og det fysiske miljø skal befinde sig i en basistilstand; dvs et alsidigt plante- og dyreliv der ikke – eller kun svagt – er påvirket af menneskelig aktivitet, og som i sin artssammensætning overvejende er bestemt af naturlige forhold.
Habitatdirektivet	Områder som er udpeget for at beskytte bestemte naturtyper (habitatdirektivets bilag I) og arter (habitatdirektivets bilag II).
Haloklin – saltspringlag	Skilleflade i vandsøjle betinget af salinitetsændringer.
Iltsvind	Iltsvind defineres som en iltkoncentration under 4 mg/l, hvor koncentrationer under 2 mg/l betegnes som kraftigt iltsvind.
Kaverne	Hulrum; eksempelvis hulrum i undergrunden til brug af lagring af naturgas.
NATURA 2000	EU-direktiv som beskytter natur i hele Europa. Under NATURA 2000 hører habitatområder, fuglebeskyttelsesområder samt Ramsar.
NOVANA	Det nationale program for overvågning af vand og natur.

Osmoregulatoriske mekanismer	Mekanismer som tillader organismer at tilpasse sig ændringer i salt.
Recipient	Modtager. Fx vandområde, vandløb, sø eller hav, som modtager rensat eller urensat spildevand.
Regimeskift	Når en kraftig påvirkning af et økosystem resulterer i, at det ændrer sig fra én tilstand til en anden, som er radikalt anderledes.
Salthorst	En geologisk struktur, der indeholder salt (primært kogesalt, NaCl), som er skudt op fra den dybere undergrund. I Danmark findes salthorste især i Midt- og Nordvestjylland. Salthorstens top findes fra få hundrede meters til et par kilometers dybde under jordoverfladen.
Vandrammedirektivet	Vandrammedirektivet fastsætter en række miljømål der skal opfyldes inden for en fastsat frist, og opstiller overordnede rammer for den administrative struktur samt planlægning og gennemførelse af tiltag for overvågning af vandmiljøet.

1. Introduktion

Natargaslageret i Lille Torup i Himmerland ønskes udvidet. Arbejdet indebærer dels at der skal indtages store mængder vand fra Hjarbæk Fjord til udskylning af eksisterende samt nye kaverner, og dels at udskylningsvandet indeholdende opløst salt skal returneres til Lovns Bredning. Begge aktiviteter kan have en effekt på fjordmiljøet og dermed også på de fysiske, kemiske og marinbiologiske forhold.

Dette notat belyser eksisterende fysiske, kemiske og marinbiologiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord og beskriver mulige påvirkninger af disse forhold i sammenhæng med en eventuel udvidelse af LI. Torup gaslager.

Da både Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord indgår i NATURA 2000-område N30 er det især vigtigt at sikre at lagerudvidelsen ved LI. Torup ikke skader de arter og naturtyper, som området er udpeget til at beskytte. Der er udarbejdet en separat konsekvensvurdering der omfatter de naturtyper og arter der indgår i udpegningsgrundlaget for NATURA 2000.

Udover at være et selvstændigt dokument vil dette notat indgå som baggrundsmateriale for VVM arbejdet i forbindelse med den planlagte lagerudvidelse.

2. Sammenfatning

Lagerudvidelsen er inddelt i to faser – et pilotprojekt ved minimal skyllehastighed (120 m³/t) samt udskylning ved maksimal skyllehastighed (op til 600 m³/t).

For hver fase, pilotprojekt og udskylning ved fuld kapacitet, er der, for at kunne vurdere mulige påvirkninger på de fysiske og kemiske forhold gennemført hydraulisk modellering af udskylningsscenarioer med udledning af saltvand ved hhv. 28 psu og 40 psu. Udskylningsscenarioerne i pilotprojektet benævnes 1A og 2A (for hhv. 2.000 m³/t ved 28 psu og 1.147 m³/t ved 40 psu) mens scenarioerne ved maksimal udskylning benævnes 1 og 2 (for hhv. 10.000 m³/t ved 28 psu og 5.735 m³/t ved 40 psu).

Endvidere er der foretaget en modellering af to scenarier (scenarie 3 og 4) i en situation hvor Virksunddæmningen er fjernet. Scenarie 4 arbejder med samme vandindtag som scenarie 1 (op til 10.000 m³/t), mens der i scenarie 3 udledes mættet saltvand (600 m³/t) i et nyt udledningspunkt udfor Ulbjerg Klint.

I de følgende afsnit **Error! Reference source not found.** og **Error! Reference source not found.** sammenfattes de mulige påvirkninger af fysiske, kemiske og marinbiologiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, forårsaget af en eventuel udvidelse af LI. Torup gaslager; en detaljeret beskrivelse kan findes i afsnit 0. Vurderinger af påvirkninger af de fysiske, kemiske og marinbiologiske forhold er foretaget generelt for Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, samt et nærområde omkring udledningspunktet. I afsnit 2.3 sammenfattes bemærkninger vedrørende monitoring og udvikling af effektive afværgeforanstaltninger.

2.1 Mulige fysiske og kemiske påvirkninger

Hydrologi og strømforhold

Overordnet ændres ikke på vandbalancen i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Der vurderes ikke at forekomme overordnede ændringer i strømforhold, mens der kan forekomme marginale ændringer i et ganske lokalt område omkring udledningen.

Salinitet

Udledning af saltvand til Lovns Bredning vurderes, iflg den hydrauliske model, at øge saliniteten i bund- og overfladevand, i både Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. I pilotprojektet er denne forøgelse mindre; generelt under 0,5 psu, med lidt højere salinitetsændringer i nærområdet omkring udledningen. Under maksimal skyllehastighed ses samme mønster med mindre ændringer; generelt op til 1 psu i scenarie 1, 2 og 4 med højere salinitetsændringer i nærområde 5 psu. I scenarie 3 vurderes der at være en stigning i salinitet i størrelsesordenen 5 psu i nærområdet omkring udledningen.

Haloklin (saltspringlag) og iltsvind

Vurderingerne af eventuelt iltsvind er baseret på generelle sammenhænge mellem salinitet/haloklin og ilt dynamik i lavvandede fjordområder.

I pilotprojektet viser den hydrauliske model generelt minimale ændringer i styrke og udbredelse af haloklinen i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, og det vurderes at der ikke er ændret risiko for iltsvind. Den hydrauliske modellering viser at hverken hyppigheden eller varigheden af perioder med haloklin ændres, og på denne baggrund vurderes det, at hyppigheden af betydende perioder med iltsvind ikke vil stige i pilotprojektet.

Under maksimal skyllehastighed ses en øget styrke og udbredelse af den eksisterende haloklin i nærområdet (op til 5 psu, især i scenarie 2 og 3). Generelt for Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord vurderes det dog, at den maksimale forøgelse i styrken af haloklin er så lille (<0,5 psu) at der ikke er risiko for øget iltsvind. Indvinding af vand fra Hjarbæk Fjord og udledning af saltvand i Lovns Bredning vurderes ikke at påvirke hyppigheden eller varigheden af perioder med haloklin i scenarie 1, mens der er risiko for opbyggelse af en saltkile i scenarie 2 og 3. På denne baggrund vurderes det, at hyppigheden af betydende perioder med iltsvind, samt risiko for øget udbredelse og styrke af iltsvind i nærområdet i scenarie 2 og 3. I scenarie 1 er denne risiko mindre.

Næringsstoffer

Fosfat og nitrat er ikke detekteret over den analytiske grænse. Idet ammonium er detekteret i enkelte prøver vurderes det, at der kan udledes meget små mængder. Denne vurdering er yderst konservativ og undersøges i pilotprojektet.

Temperatur

Ved udskylning af nye kaverner vurderes det, at der ikke vil ske en ændring af temperaturen i skyllevandet, idet der foregår varmeudveksling mellem det udledte og indtagne vand.

Ved genudskylning af eksisterende kaverner vil der ske en temperaturstigning i vandet på grund af højere temperatur i kavernen. Vandets temperatur vil være omkring 25°C når det forlader brønden ved kavernen. Temperaturforskellen vil imidlertid reduceres ved transporten fra kaverne til udledningssted og yderligere ved opblanding inden udledning til Lovns Bredning så det udledte vand vurderes at have en temperaturforskel på op til 1°C i forhold til vandet på udledningsstedet. Dog vil der i scenarie 3 ske udledning ved højere temperatur.

Suspenderet stof

I forbindelse med genudskylning af eksisterende kaverner vurderes det, at der vil fjernes suspenderet stof fra systemet. Under udskylning af nye kaverner vurderes det, at der i starten kan forekomme en øget koncentration af suspenderet stof i det udledte saltvand; i en gennemsnitlig koncentration på 7 – 36 mg/l. Koncentrationen vil imidlertid falde eftersom volumen af kavernen øges. Disse værdier inkluderer baggrundsvariationen i vandindtaget som varierer fra 2 – 29 mg/l.

Miljøfremmede stoffer

Der er foretaget analyser af indholdet af stoffer i salthorsten og i saltsøer, som befinder sig i bunden af de eksisterende kaverner. Baseret på analyserne og af

bundfældningsmønstre er det vurderet, at der ikke vil findes miljøfremmede stoffer i koncentrationer, der overskrider de gældende miljøkriterier.

2.2 Marinbiologiske forhold

Vurdering af mulige påvirkninger af marinbiologiske forhold er generel, og kan specificeres i forhold til scenarierne. Den væsentligste forskel mellem scenarierne er voluminet af vandindtaget i Hjarbæk Fjord, hvilket har betydning for mængden af organismer og æg som kan tags ind med skylle- og fortyndingsvandet. Desuden er der forskel på voluminet og fortyndingsgraden af det udledte saltvand, hvilket har betydning for ændringer i salinitet og haloklin.

Der installeres riste samt en filtrationsmekanisme for at mindske indtaget af biomasse i skylle- og fortyndingsvandet. Det vurderes dog, at filtret ikke vil fange plankton eller æg og larver fra fisk og bundfauna. De organismer som befinder sig i skyllevandet (skyllevandsindtaget svarer til <math>< 1,5\%</math> af vandføringen) vurderes at gå til grunde ved passage af pumper, rørsystemer og kaverner bl.a. pga. trykændringer, fysiske skader og den stærkt forøgede salinitet. De organismer som befinder sig i fortyndingsvandet vurderes at have en god overlevelse, idet de undersøgte organismegrupper kan overleve kortvarig eksponering til ændrede salinitetsforhold.

Organismerne i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er tilpasset skiftende salinitet. Det vurderes samlet, at der ikke vil være væsentlige påvirkninger på organismer forårsaget af de mindre ændringer i salinitet, som udledningen af saltvand medfører. Denne vurdering gælder alle scenarier.

Det er vurderet, at der ikke vil findes miljøfremmede stoffer i koncentrationer, der overskrider gældende miljøkriterier og dermed, at der ikke vil være væsentlige påvirkninger af de marinbiologiske forhold forårsaget af udledte miljøfremmede stoffer. Denne vurdering gælder alle scenarier.

Det er vurderet, at der kan forekomme mindre ændringer i mængden af suspenderet stof, i form af bundfældning i kavernerne og opløsning af salthorsten (primært i form af sand og silt). I pilotprojektet vil denne ændring ikke være væsentlig. Under maksimal skyllehastighed kan der forekomme perioder med øget koncentration af suspenderet stof. Det vurderes samlet at der ikke vil være en væsentlig påvirkning af de marinbiologiske forhold.

Plante- og dyreplankton

Vandindtaget i Hjarbæk Fjord vil kunne reducere biomassen af plante- og dyreplankton kortvarigt. Imidlertid har det meste plante- og dyreplankton relativt kort reproduktionstid og er ofte presset af intern konkurrence, hvorfor biomassen forventes at reetableres relativt hurtigt.

Vandindtaget til udskylnings- og fortyndingsanlægget i Hjarbæk Fjord vurderes overordnet ikke at ville have en væsentlig påvirkning på plankton i området, da bestandene relativt hurtigt vil genetablere en ligevægt. Midlertidigt reduceret

algebiomasse kan betyde et reduceret input af organisk materiale til bunden. Det vurderes dog, at biomassen ikke vil reduceres til under god økologisk tilstand.

Bundfauna

Skylle og fortyndingsvandet, som tages fra Hjarbæk Fjord, kan i perioder indeholde bundfauna æg og larver. Det vurderes, at en mindre del vil gå til grunde, mens størstedelen vil overleve. I pilotprojektet er vandindtaget lille og det vurderes, at der ikke vil være en påvirkning af bundfauna. Under maksimal skyllehastighed kan der i scenarie 1 og 4 være en mindre påvirkning i form af øget mortalitet af æg og larver.

Mindsket risiko for iltsvind i Lovns Bredning vurderes udelukkende at have positive påvirkninger for bundfaunaen (scenarie 1, 2 og 4). I nærområdet omkring udledningen (alle scenarier) og i Hjarbæk Fjord (scenarie 1, 2 og 4) ses dog en øget styrke og udbredelse af haloklinen, med øget risiko for iltsvind og dermed en potentiel negativ påvirkning af bundfauna.

Bundvegetation

Det vurderes at der ikke vil være en væsentlig påvirkning af bundvegetation i form af vandindtag eller grundet udledning af saltvand i pilotprojektet. Under maksimal skyllehastighed kunne et evt. iltsvind i scenarie 2 påvirke bundvegetationen – der forekommer dog ikke vegetation på de dybder hvor der er øget risiko for iltsvind.

Fisk

En eventuel øget udbredelse, og muligvis også en øget stabilitet, af haloklinen som kan forekomme i nærområdet omkring udledningen, med deraf følgende risiko for iltsvind, vurderes ikke at have væsentlig påvirkning af hverken fisk, fiskeæg eller fiskeyngel. Overfladesaliniteten fra Lovns Bredning til Simested Å er undersøgt, for at vurdere hvor eventuelle ændringer ville kunne påvirke vandrefisk som passerer området. Det vurderes, at der ikke vil forekomme nogen påvirkning.

Skylle og fortyndingsvandet, som tages fra Hjarbæk Fjord, vil i perioder kunne indeholde fiskeæg og -larver. I pilotprojektet er vandindtaget lille og det vurderes, at der ikke vil være en påvirkning af fisk. Under maksimal skyllehastighed kan der i scenarie 1 og 4 være en mindre påvirkning i form af øget mortalitet af æg og larver.

Det er i forbindelse med tidligere undersøgelser vurderet, at støj fra pumperne ikke vil virke skræmmende på fisk og dermed ikke reducerende for fiskenes passage af Virksunddæmningen, og altså at der ikke vil være støj som påvirker fisk.

Marine pattedyr

Marine pattedyr vil ikke blive påvirket af fundne ændringer i salinitet og haloklin, og der vil ikke forekomme væsentlige påvirkninger af marine pattedyr som følge af ændret fødegrundlag eller støj.

2.3 Monitoring og afværgeforanstaltninger

Lagerudvidelsen ved LI. Torup gaslager vurderes at have en påvirkning på visse marine parametre i Lovns Bredning og Hjarbæk. Som det fremgår, er der dog i flere

tilfælde et spinkelt eller utilstrækkeligt datagrundlag for at foretage en fuldstændig vurdering.

Der er derfor udarbejdet et forslag til marinbiologisk monitoring. Monitoringsprogrammet indeholder en baseline monitoring, som skal uddybe den nuværende viden om området. Desuden planlægges monitoring under pilotprojekt og udskylning ved maksimal skyllehastighed. Monitoringsprogrammet inkluderer vandkvalitet, bundfauna og –vegetation, fisk og skaldyr samt miljøfremmede stoffer. De data der fremkommer fra monitoringen vil blive opsamlet flere gange årligt, og benyttet til at foretage løbende justeringer i forhold til vandindtag og –udledning i Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning. Desuden vil data danne grundlag for mulig udvikling af afværgeforanstaltninger.

3. Eksisterende forhold

I dette kapitel beskrives de eksisterende forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Målsætningen for Limfjorden samt naturbeskyttelsesområder i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord beskrives i afsnit 3.1. De eksisterende fysiske og kemiske forhold, eksempelvis bathymetri samt årsvariation i temperatur og salinitet, beskrives i afsnit 3.2. I afsnit 3.3 beskrives de eksisterende marinbiologiske forhold, eksempelvis plankton, bundfauna og fisk.

3.1 Målsætning

Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er udpeget som NATURA 2000-område N30; herunder Habitatområde H30 samt fuglebeskyttelsesområder F14 og F24. Området har dermed gunstig bevaringsstatus. Gunstig bevaringsstatus vil sige at der ikke må ske en forringelse af det marinbiologiske miljø. Desuden gælder målet om god økologisk tilstand. Målsætningen for god økologisk tilstand i Limfjorden, herunder Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, er beskrevet i Limfjordsamternes regionplaner 2005. Der gælder generelt den målsætning "at dyre- og planteliv og det fysiske miljø skal befinde sig i en basistilstand. Med basistilstand forstås et alsidigt plante- og dyreliv der ikke – eller kun svagt – er påvirket af menneskelig aktivitet, og som i sin artssammensætning overvejende er bestemt af naturlige forhold" /1/.

Hele Limfjorden er i Limfjordsamternes regionplaner 2005 målsat til at opnå en basistilstand, som beskrevet ovenfor. Limfjorden, herunder Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, ventes ikke at opnå målsætningen inden 2015 /1/. De væsentligste forhold der forårsager den manglende målsætningsopfyldelse er iflg. /1/:

- næringstilførsel fra oplandet (især kvælstof)
- muslingeskrab
- sporstoffer og organiske stoffer (herunder organotin, som findes i skibes bundmaling)

3.2 Fysiske/kemiske forhold

3.2.1 Metodik

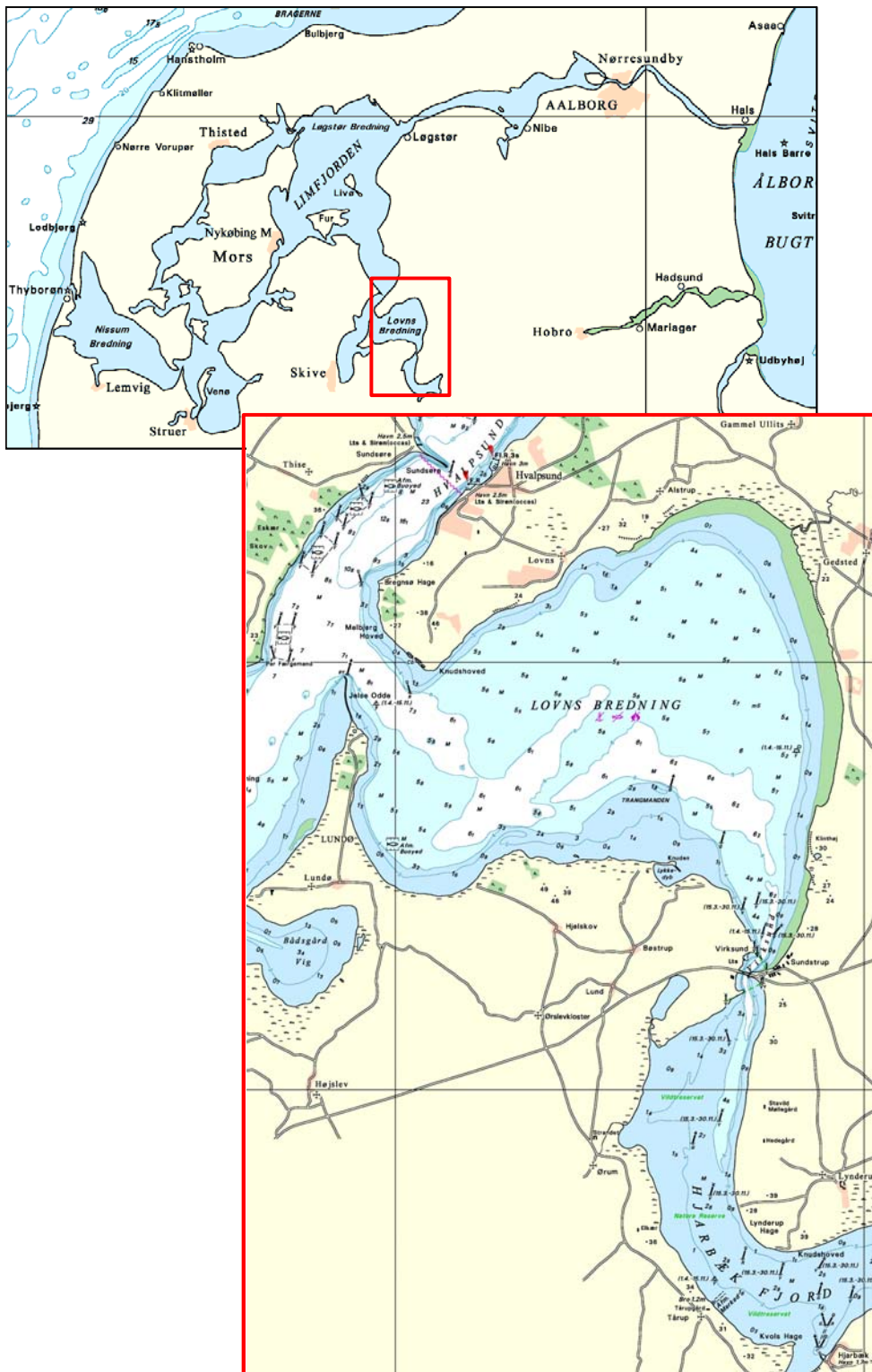
Der er indhentet eksisterende data for området. Disse data er hentet dels fra amternes limfjordsovervågning (overtaget i 2007 af Miljøcenter Aalborg og Miljøcenter Ringkøbing) herunder de nationale DEVANO og NOVANA programmer. Data er målt på flere stationer fordelt i hhv. Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, se Figur 3-22, og anses som repræsentative for området. Yderligere information om vandkvaliteten er indhentet fra overvågningsanalyser foretaget af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU). Informationer om dybdeforhold er indhentet fra søkort.

3.2.2 Bathymetri

Bathymetrien for Lovns Bredning, Virksund og Hjarbæk Fjord ses på Figur 3-1. Lovns Bredning står i forbindelse med den centrale del af Limfjorden (Løgstør Bredning) via Hvalpsund videre gennem Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt. Lovns Bredning

har en forholdsvis ensartet vanddybde, hvor hovedparten af bredningen er 4 - 6 m dyb. Den dybeste del af Lovns Bredning findes i munden mellem Lovns Halvø og Lundø, hvor dybder på 7 - 8 m forekommer. Hjarbæk Fjord er mod nord adskilt fra Lovns Bredning med en sluse ved Virksund. Hjarbæk Fjord har overvejende vanddybder fra 1 - 3 m, med en maksimal dybde på 4,6 m.

Lovns Bredning, Virksund og Hjarbæk Fjord har et samlet overflade areal på 94 km² og et volumen på 0,33 km³ /2/. Det svarer til en gennemsnitsdybde på 3,5 m.



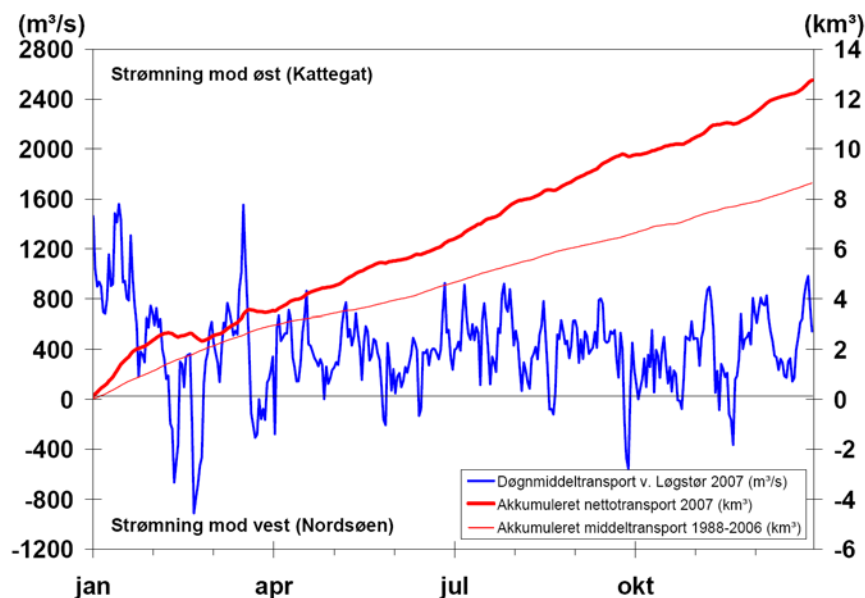
Figur 3-1 Bathymetri forhold for Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord



Figur 3-2 Målestationer i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, anvendt som datagrundlag for vandkvalitetsparametre.

3.2.3 Hydrografi

I Limfjorden er der overordnet en nettovandføring fra Thyborøn mod Hals på 8,4 km³/år ved Løgstør (1988-2004) /3/. Vandføringen viser en variation hen over året og en variation fra år til år. I 2007 var der en samlet nettovandføring ved Løgstør på ca. 13 km³ /4/.



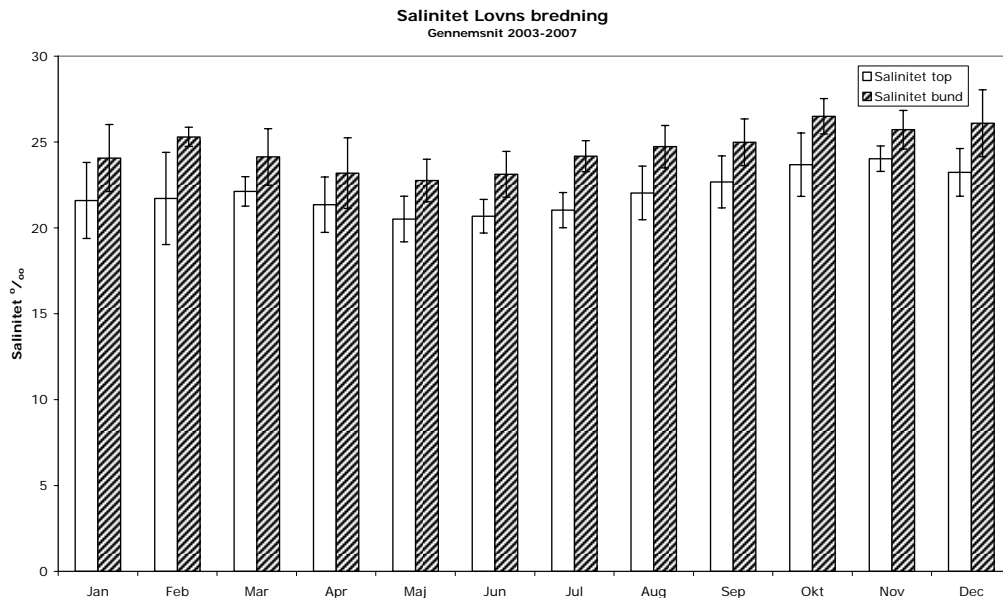
Figur 3-3. Døgnmiddeltransport og akkumuleret nettotransport ved Løgstør i 2007 samt akkumuleret middeltransport for perioden 1988-2006 /5/.

Lovns Bredning, Virksund og Hjarbæk Fjord har et samlet opland på 1452 km² /3/. Afstrømningen er for perioden 1985-2003 opgjort til 450 mio. m³/år /3/, svarende til en specifik afstrømning på 9,8 l/s/km². Denne afstrømning sammenholdt med det i afsnit 3.2.2 stående volumen betyder at systemet har en hydraulisk opholdstid på ca. 268 døgn, og der er således en udadgående strøm forårsaget af afstrømning. Vandet strømmer gennem Hvalpsund videre gennem Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt, indtil det når "hovedstrømmen" i Løgstør bredning.

Hjarbæk Fjord var i perioden 1964-1991 et ferskvandsområde, hvor slusen fungerede som afvandingssluse. Fra 1991 ændredes slusepraksis. Sluseportene skal stå åbne bortset fra de tidspunkter, hvor vandstanden i Lovns Bredning stiger til 40 cm over "normal vandstand". Der er således en højvandsbeskyttelse. Bunden af slusekamrene ligger i kote -2,5 m, og fjordbunden er beliggende i 6-7 m dybde umiddelbart nord for slusen. Det tungere saltvand fra Lovns Bredning, ca. 22 psu, strømmer ind i Hjarbæk Fjord og udgør et tungt bundlag, mens ferskvand fra vandløbssystemer strømmer nord på i overfladen /6/. Der opstår ofte haloklin (saltspringlag).

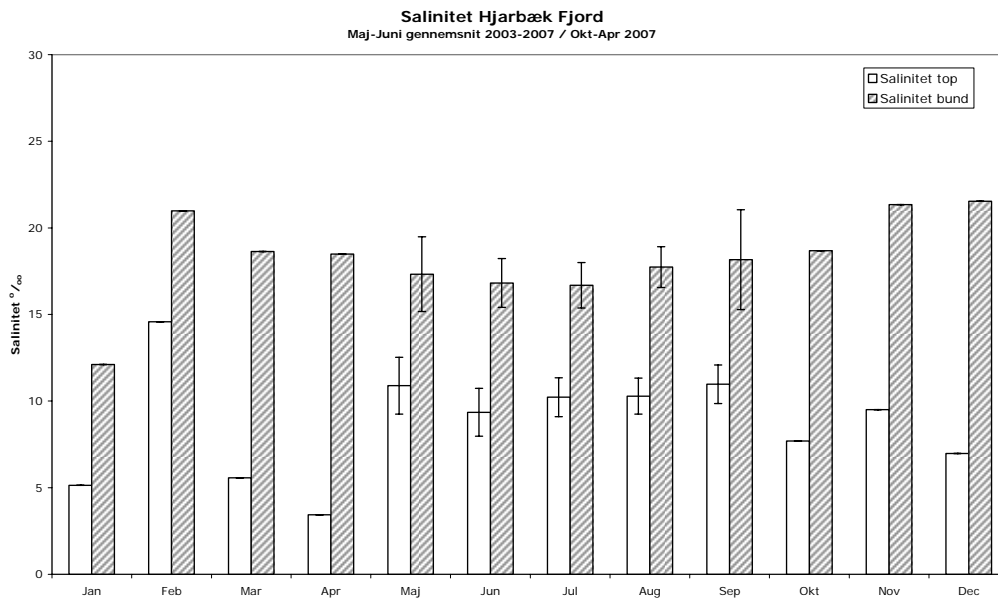
3.2.4 Salinitet

Saliniteten i Lovns Bredning har en forholdsvis lille årsvariation, se Figur 3-4. Saliniteten i topvandet i Lovns Bredning ligger i intervallet 20-25 psu og i bundvandet varierer saliniteten over året mellem 23-26 psu. På Figur 3-4 ses det også at forskellen i salinitet over året mellem top- og bundvand i Lovns Bredning ikke er særlig stor, maksimalt 2-3 psu.



Figur 3-4 Årsvariationen (\pm SD) i salinitet i Lovns Bredning. Søjlerne udtrykker et gennemsnit for 2-3 stationer i Lovns Bredning over perioden 2003-2007.

I Hjarbæk Fjord er årsvariationen og forskellen mellem top- og bundvand i salinitet væsentlig større end i Lovns Bredning, se Figur 3-5. Årsvariationen i topvandet i Hjarbæk Fjord ligger i intervallet 3-12 psu, mens variationen i bundvandet over året er i intervallet 12-22 psu. Den forholdsvis store forskel i salinitet for hhv. top- og bundvand er en naturlig følge af kombinationen af ferskvandsafstrømningen fra oplandet og tilførsel af saltholdigt vand fra Lovns Bredning.



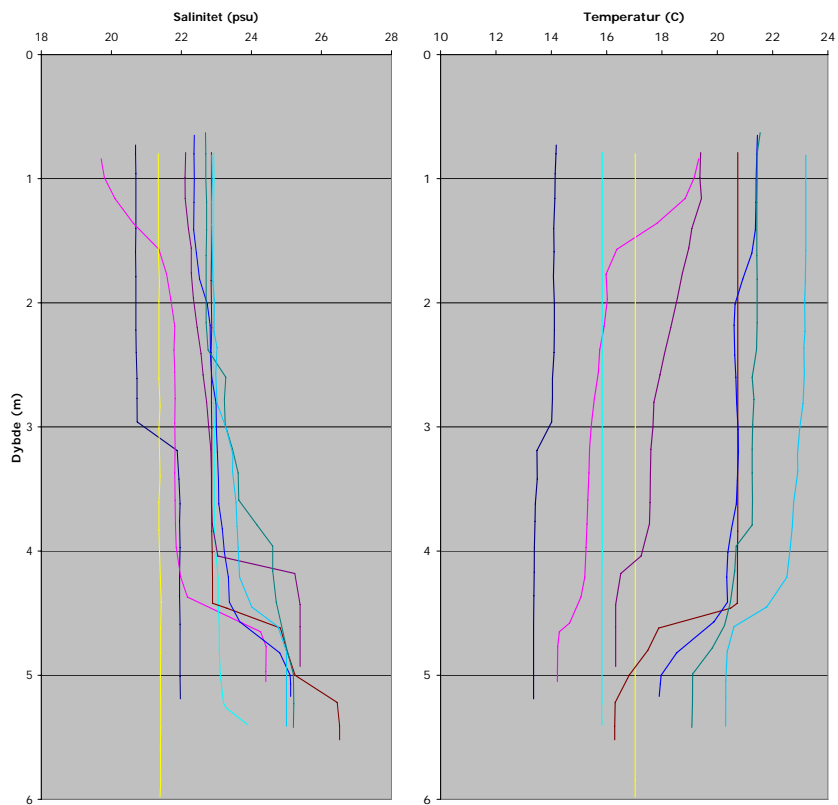
Figur 3-5 Årsvariationen (\pm SD) i salinitet i Hjarbæk Fjord. I perioden maj-september gengives et gennemsnit for perioden 2003-2007 for 5 stationer. For perioden oktober-april findes der kun data fra 1 station i 2007.

3.2.5 Haloklin (saltspringlag)

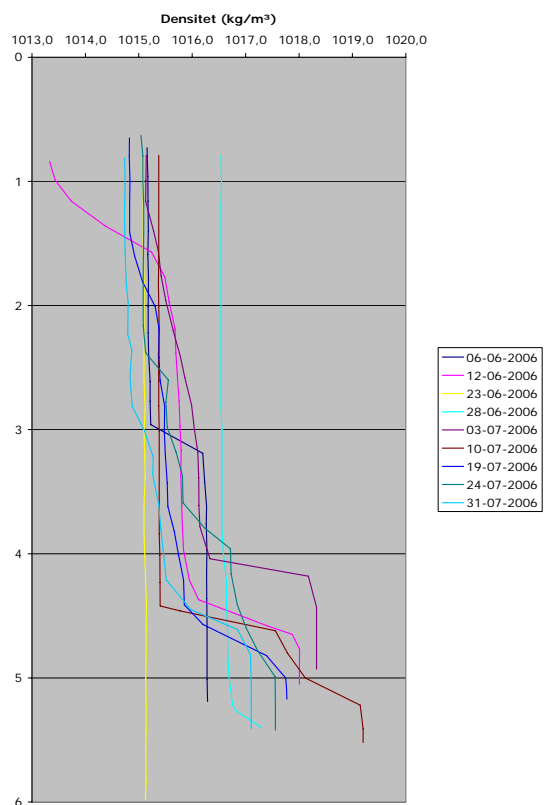
På nedenstående Figur 3-6 ses eksempler på vertikale profiler for salinitet, temperatur og densitet. Profilerne er målt i sommeren 2006 og illustrerer dynamikken i lagdelingen.

- Den 12. juni ses der et tilnærmelsesvist tre-lags system, med 19,7 psu, 21,8 psu og 24,4 psu i henholdsvis overflade-, mellem- og bundlag.
- Den 23. juni senere ses der en fuld opblanding med en salinitet på 21,4 psu.
- Den 28. juni ses der stadig en tilnærmelsesvist fuld opblanding men med et forøget salinitetsniveau på ca. 23. psu.
- Den 3. juli ses der igen en lagdelt vandsøjle med en salinitet i overfladen på 22,1 psu og en bundsalinitet på 25,4 psu. Haloklinen udbygges efterfølgende yderligere, hvorefter den borte-roderes.

Det ses, at efter den fulde opblanding den 23. juni sker der en forøgelse af saliniteten på 1,6 psu frem til den 28. juni og en yderligere forøgelse af bundsaliniteten på 1,4 psu frem til den 3. juli. Det er vanskeligt at konkludere på målingerne i et enkelt punkt da saliniteten har en rumlig variation, der på grund af den lave vanddybde er meget påvirkelig for vindpåvirkninger. Der synes dog at være en indikation af, at dannelse af haloklin i Lovns bredning betinges af udveksling af mere saltholdigt vand fra omgivende farvandsområder, primært gennem Hvalpsund.



Figur 3-6 Eksempler på vertikallprofiler for salinitet, temperatur og densitet målt i sommeren 2006 i Lovns Bredning (data fra DMUs database MADS).

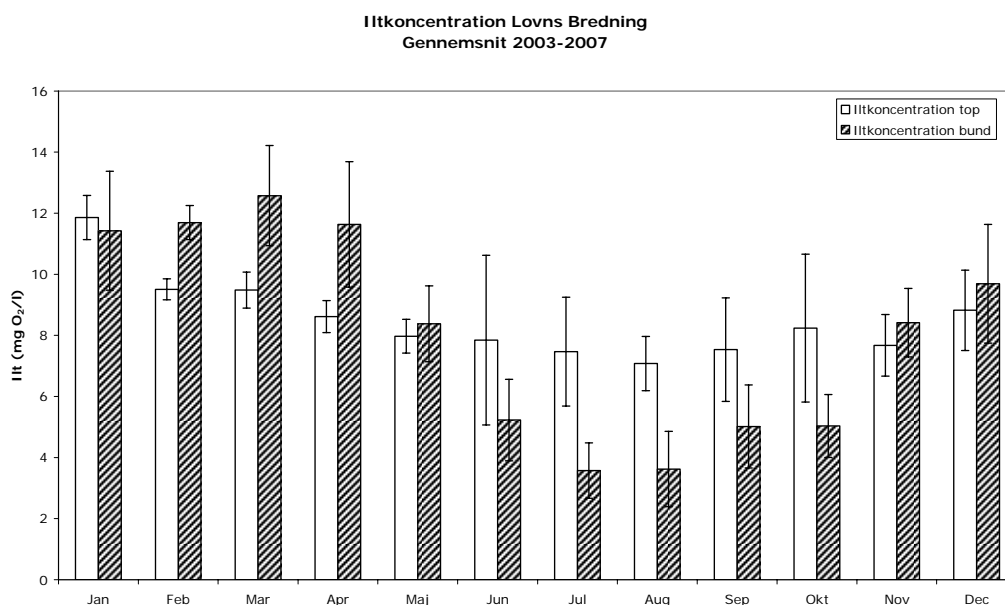


3.2.6 Ilt og iltsvind

I Figur 3-7 er iltkoncentrationen i top- og bundvand over året i Lovns Bredning afbildet som et gennemsnit for perioden 2003-2007. Årsvariationen i både top- og bundvand er forholdsvis stor. Generelt set ligger de laveste iltkoncentrationer i Lovns Bredning i bundvandet i sommermånederne på 3 - 4 mg O₂ /l. De højeste iltkoncentrationer ligger i topvandet i vintermånederne på 12-13 mg O₂ /l.

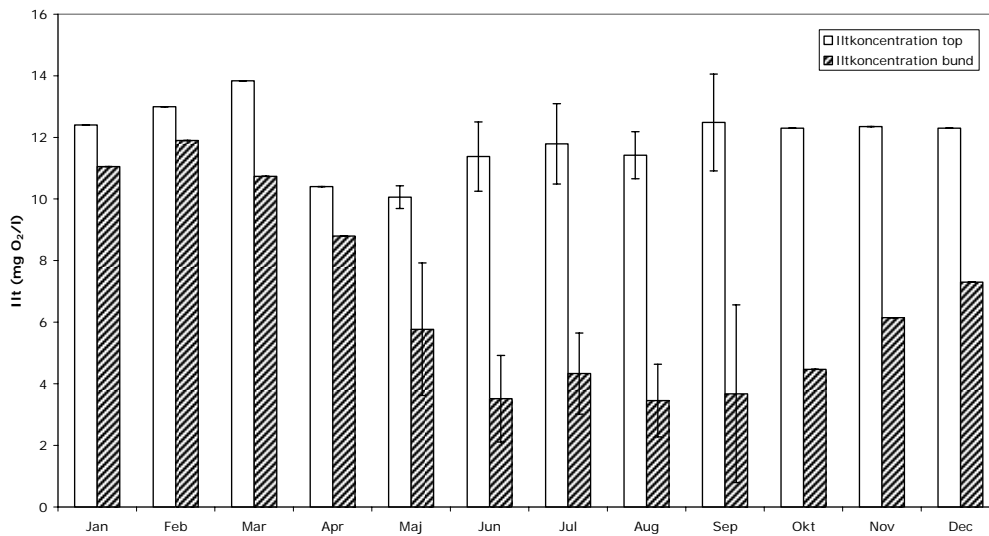
Data som præsenteres i Figur 3-8 er et gennemsnit for hele Lovns Bredning. Dog er endnu lavere iltkoncentrationer (1-2 mg O₂ /l) jævnligt forekommende i sommermånederne i dele af de dybe områder i Lovns Bredning /6-8/.

Gennemsnitlige iltkoncentrationer over året i hhv. top- og bundvand i Hjarbæk Fjord er vist i Figur 3-8. Årsvariationen i bundvandet i Hjarbæk Fjord ligner variationen i Lovns Bredning. I vinterhalvåret er bundvandet godt iltet med koncentrationer omkring de 12 - 13 mg O₂ /l og i sommerhalvåret falder ilt koncentrationerne drastisk til biologisk kritiske koncentrationer nær 3 - 4 mg O₂ /l. Som i Lovns Bredning er endnu lavere iltkoncentrationer (<3 mg O₂ /l) jævnligt forekommende i sommermånederne. Årsvariationen for iltkoncentrationen i topvandet i Hjarbæk Fjord ser imidlertid væsentlig anderledes ud end i Lovns Bredning. Bl.a. pga. den store ferskvandstilstrømning fra oplandet og den høje fytoplankton biomasse (Figur 3-22) er iltkoncentrationen i topvandet forholdsvis stabil omkring 10 - 12 mg O₂ /l – med et maksimum i marts måned på ca. 14 mg O₂ /l. Den stabilt høje iltkoncentration i overfladevandet i Hjarbæk Fjord bevirker, at der i sommerhalvåret, hvor der dannes stærk haloklin i fjorden, er en stor forskel i iltkoncentrationen mellem top- og bundvand i Hjarbæk Fjord.



Figur 3-7 Årsvariationen (\pm SD) i iltkoncentration i Lovns Bredning. Søjlerne udtrykker et gennemsnit for 2-3 stationer i Lovns Bredning over perioden 2003-2007.

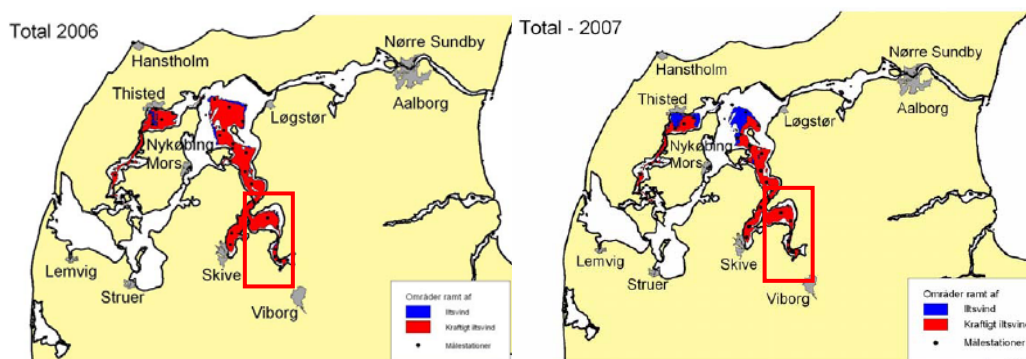
Iltkoncentration Hjarbæk Fjord
Maj-Juni gennemsnit 2003-2007 / Okt-Apr 2007



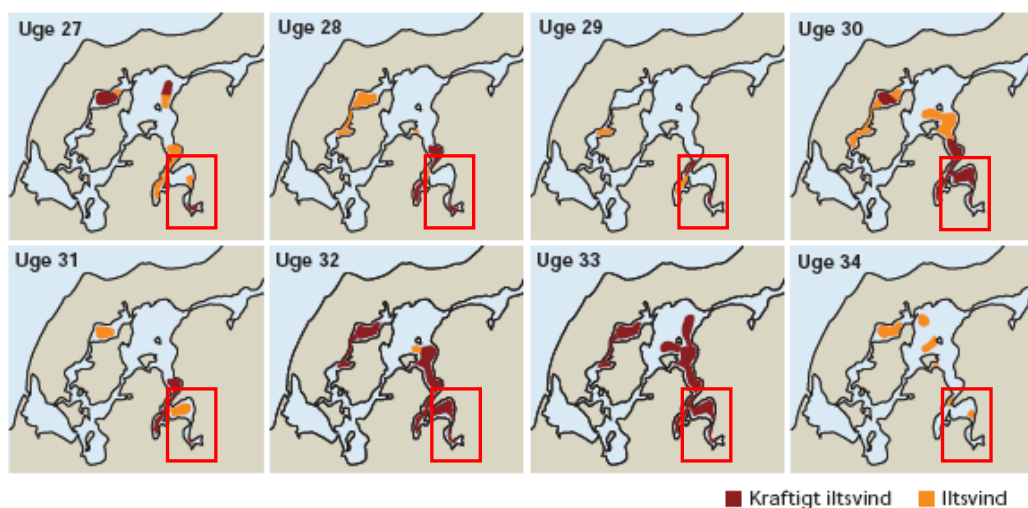
Figur 3-8 Årsvariationen i iltkoncentrationen (\pm SD) i hhv. top- og bundvand i Hjarbæk Fjord. I perioden maj-juni gengives et gennemsnit for perioden 2003-2007 for 5 stationer. For perioden oktober-april findes der kun data for 2007 for 1 station.

Iltsvind opstår ved en kombination af mange faktorer, blandt andet næringsstoffer, vejr og havstrømme. I et næringsberiget miljø vil der være en høj biomasse af plantep plankton, og et følgende stort forbrug af ilt når dette plantep plankton skal nedbrydes. Såfremt der ikke tilføres tilstrækkeligt ilt til systemet (enten via havstrømme eller fra overfladen) kan iltsvind forekomme. Empiriske studier gennemført af Danmarks Miljøundersøgelser viser at den afgørende faktor for udbredelsen af iltsvind i Limfjorden er vejret i sommermånederne juli til september, hvor høj temperatur og indstråling samt lav vind resulterer i kraftigst udbredelse af iltsvind. Temperaturen menes alene at kunne forklare op til 62 % af år til år variationen i iltsvindudbredelsen /2/.

Iltsvind defineres som en iltkoncentration under 4 mg/l, hvor koncentrationer under 2 mg/l betegnes som kraftigt iltsvind. Som beskrevet ovenfor optræder der jævnligt iltsvind i bundvandet i både Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Iltsvindssæsonen starter som regel sidst i maj og slutter 5 måneder senere omkring oktober – se også Figur 3-7 og Figur 3-8. Iltsvindperioden er således forholdsvis langvarig og med mindre der forekommer kraftige storme er perioden som regel uden afbrydelser. I Figur 3-9 afbildes den maksimale udbredelse af iltsvind i Limfjorden i 2006 og 2007 og i Figur 3-10 vises et eksempel på den tidsmæssige udvikling af en iltsvindperiode i Limfjorden, monitoreret i sommermånederne 2003.



Figur 3-9 Maksimal iltsvindsudbredelse i 2006 og 2007. I det røde område var iltkoncentrationen under 2 mg/l og i det blå område mellem 2 og 4 mg/l. Den røde firkant indikerer Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord /7, 9/.



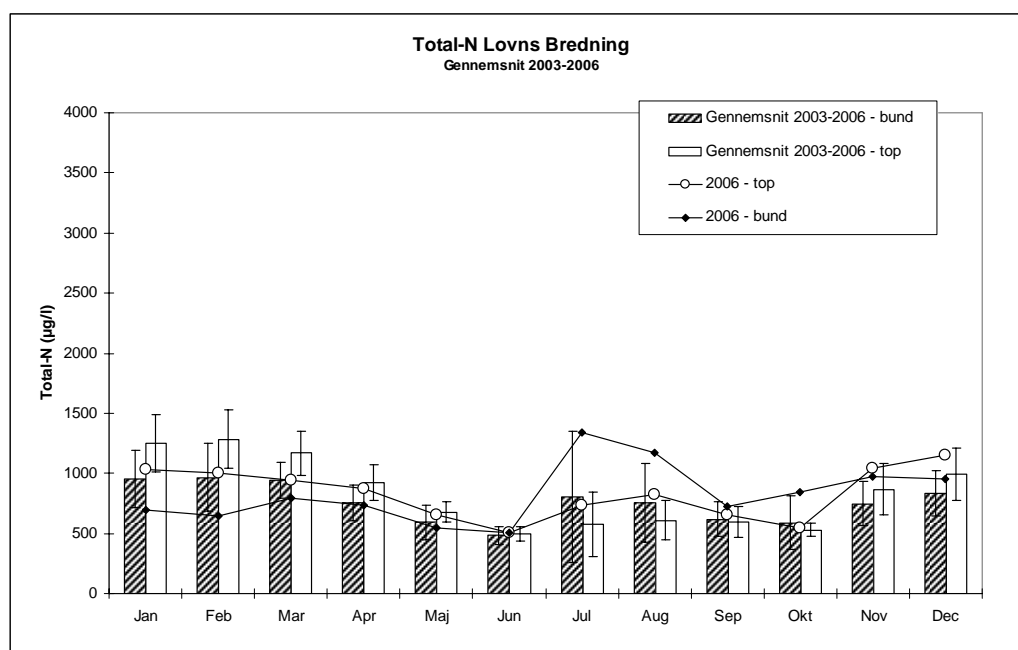
Figur 3-10 Udbredelse af iltsvind i Limfjorden i ugerne 27-34, 2003. Når vinden er for svag til at bryde haloklinen i området og omrøre hele vandsøjlen, opstår der iltsvind i fjorden. Omfanget af iltsvind varierer derfor ofte gennem sommeren afhængigt af vindens styrke, og iltsvindet kan komme og gå inden for få dage. Den røde boks indikerer Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord /10/.

3.2.7 Næringsstoffer

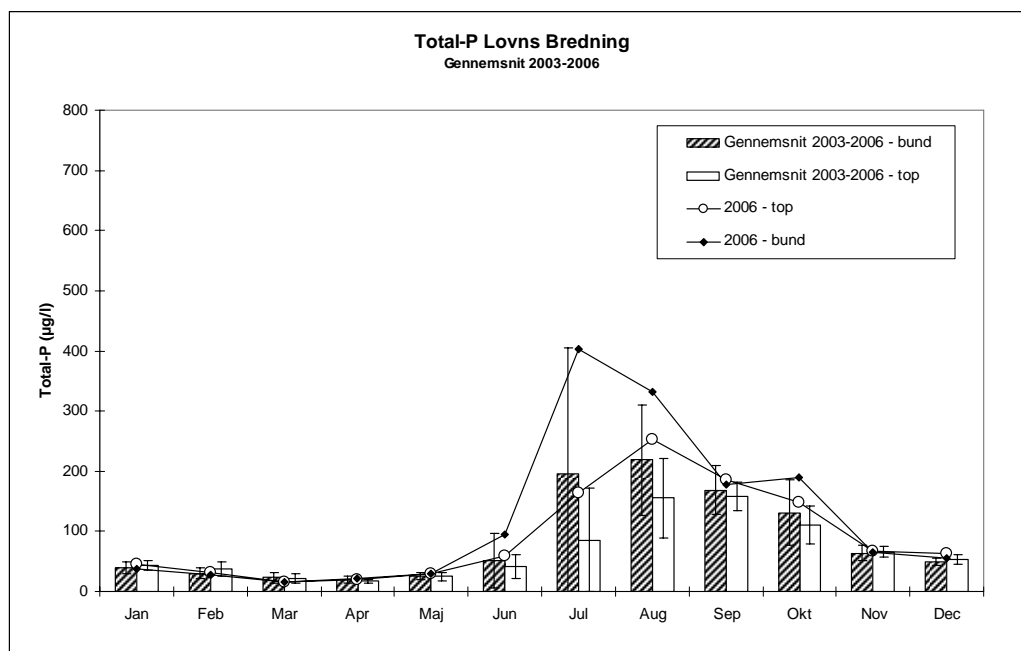
I vandrammedirektivets basisanalyse /6/ er det vurderet, at Limfjorden og i særdeleshed Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning er meget påvirkelig over for effekten af tilførslen af overskud af næringsstoffer. Overvågningsresultater viser, at både Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er påvirket af store tilførsler af næringsstoffer fra land, især af kvælstof. Selv om der er sket et fald i tilførslen af næringsstoffer til eks. Hjarbæk Fjord, siden der første gang blev lavet en særlig rensningsplan for området i 1986, er målene hverken opfyldt for fosfor eller for kvælstof. Det er især tilførslen fra landbruget, der fortsat er høj. 90-95% af kvælstoftilførslen stammer fra landbrugets arealer.

For Lovns Bredning findes næringsstof data fra én målestation for alle måneder i årene 2003-2006. Kvælstofkoncentrationer (total-N) for Lovns Bredning er præsenteret i Figur 3-11 og fosforkoncentrationer (total-P) for Lovns Bredning er vist i Figur 3-12.

Både kvælstof- og fosforkoncentrationerne i Lovns Bredning er væsentlig lavere end de er i Hjarbæk Fjord. Total-N i Lovns Bredning er højest i januar-februar i overfladevandet omkring 1300 µg total N/l. Koncentrationen af fosfor (total-P) i Lovns Bredning toppe omkring juli-august med 200-300 µg total P/l. Tilførslen af kvælstof og fosfor fra oplandet er betydelig mindre i Lovns Bredning end i Hjarbæk Fjord. Toppen af fosforkoncentrationen som ligger i sommerhalvåret stammer primært fra fosfor som frigives fra bunden under især anoxiske forhold.

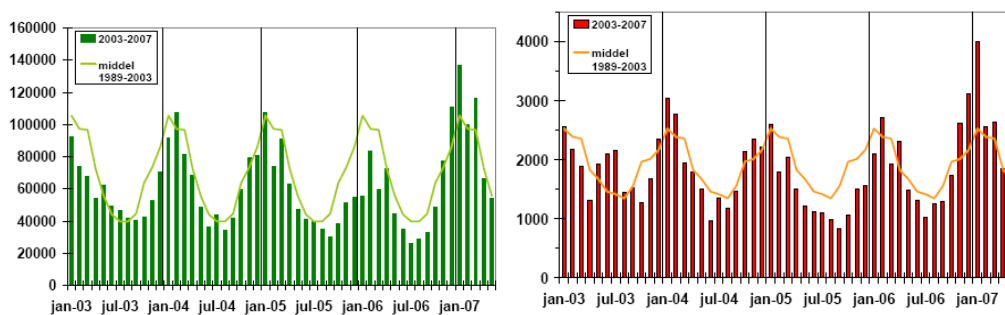


Figur 3-11 Årsvariation af kvælstofkoncentrationer (µg total-N/l) (\pm SD) i Lovns Bredning i perioden 2003-2006 i hhv. top- og bundvand. Data er fra én målestation.



Figur 3-12 Årsvariation af fosforkoncentrationer ($\mu\text{g total-P/l}$) (\pm SD) i Lovns Bredning i perioden 2003-2006 i hhv. top- og bundvand. Data er fra én målestation.

Hjarbæk fjord har en del højere indhold af kvælstof og fosfor, primært pga. en høj tilførsel fra oplandet. Kvælstof- og fosfortilførslen til Hjarbæk Fjord i perioden 2003-2007 fra to vandløb i oplandet (Skals Å og Jordbromølle Å) er vist i Figur 3-13. Den store tilførsel af næringsstoffer medfører forøget opblomstring af planktonalger, hvilket nedsætter vandets klarhed og derved forringer eks. ålegræssets dybdeudbredelse samt forøger risikoen for iltsvind ved bunden i de dybe områder (se også afsnit 3.2.6).

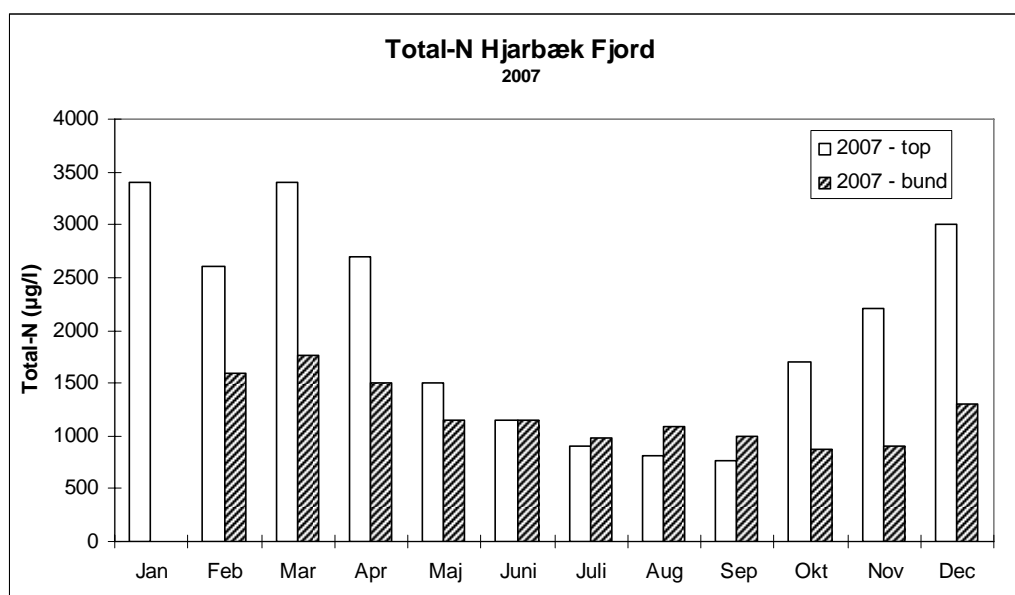


Figur 3-13 Afstrømning af kvælstof (kg total-N) (grønne søjler) og fosfor (kg total-P) (røde søjler) fra Jordbromølle Å og Skals Å, der ligger i oplandet til Hjarbæk Fjord i 2003-2007 sammenholdt med månedsgennemsnit for perioden 1989-2003 /11/.

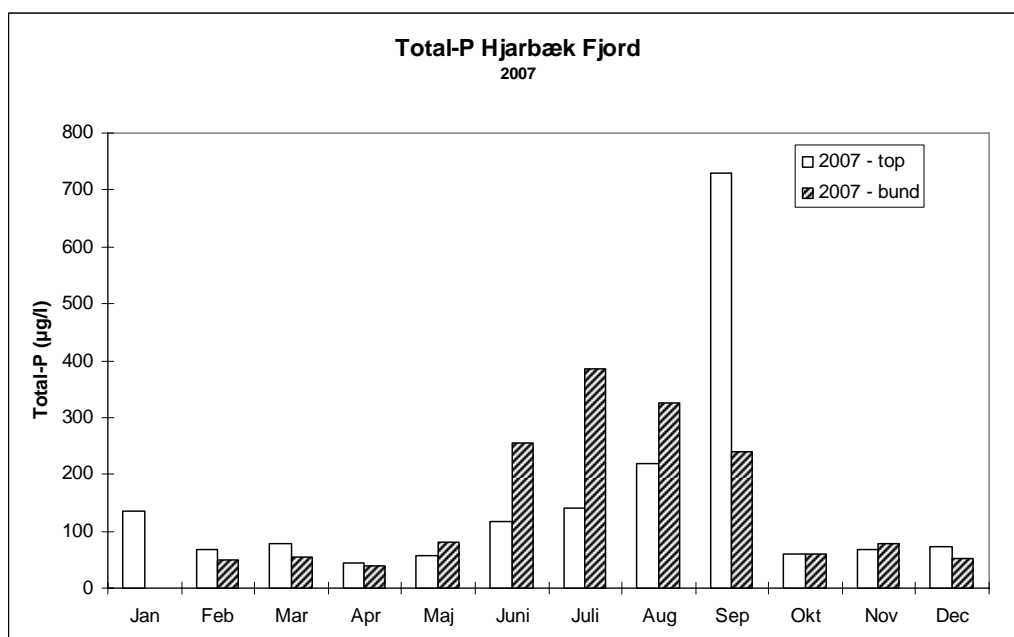
De nyeste målinger af næringsstoffer i Hjarbæk Fjord er fra 2007, hvor fjorden indgik i det danske DEVANO program. Inden 2007 skal man helt tilbage til 1999 for at finde næringsstofdata fra Hjarbæk Fjord, hvorfor vi i denne sammenhæng kun præsenterer data fra 2007 for Hjarbæk Fjord. Kvælstofkoncentrationer (total-N) for Hjarbæk Fjord 2007 er præsenteret i Figur 3-14 nedenfor. Fosfor (total-P) koncentrationer for Hjarbæk Fjord 2007 er præsenteret i Figur 3-15.

Årsvariationen af kvælstofkoncentrationerne i Hjarbæk Fjord (Figur 3-14) følger afstrømningskurverne som er vist i Figur 3-13 og planteplanktons aktivitet (primærproduktionen). I vinterhalvåret er koncentrationerne af kvælstof (total-N) højest i overfladevandet, med top omkring 3.500 µg total-N/l i januar-marts. Herefter falder koncentrationen over sommerhalvåret i takt med at primærproduktionen stiger og afstrømningen fra oplandet bliver mindre. Koncentrationen af kvælstof i bundvandet er mere eller mindre stabil omkring 1.000-1.500 µg total-N/l.

Fosforkoncentrationerne i Hjarbæk Fjord (Figur 3-15) er i både overfladen og ved bunden højest i sommerhalvåret. En stor kilde til fosfor tilførslen i Hjarbæk Fjord er den jernbundne fosforpulje som ligger i bunden af fjorden. Om sommeren frigives der store mængder fosfor fra bunden ved at svovlbrinte går i forbindelse med den jernbundne fosfor som derved frigives til vandet. Fosforkoncentrationen (total-P) i bundvandet i Hjarbæk Fjord ligger på sit højeste niveau i juli måned med koncentrationer omkring 400 µg total-P/l.



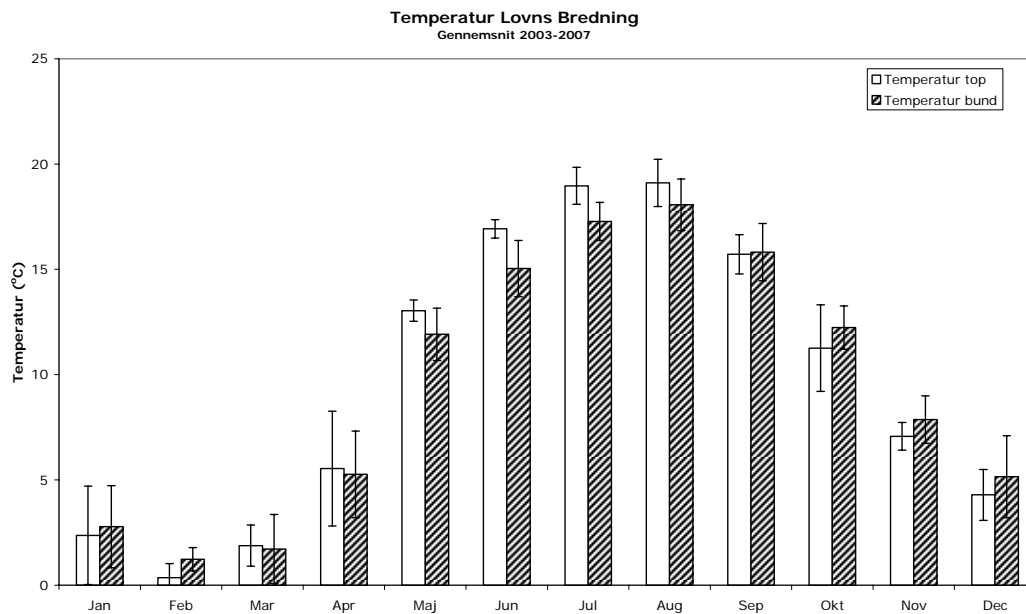
Figur 3-14 Årsvariation af kvælstofkoncentrationer (µg total-N/l) i Hjarbæk Fjord i 2007 i hhv. top- og bundvand. Data er fra én målestation.



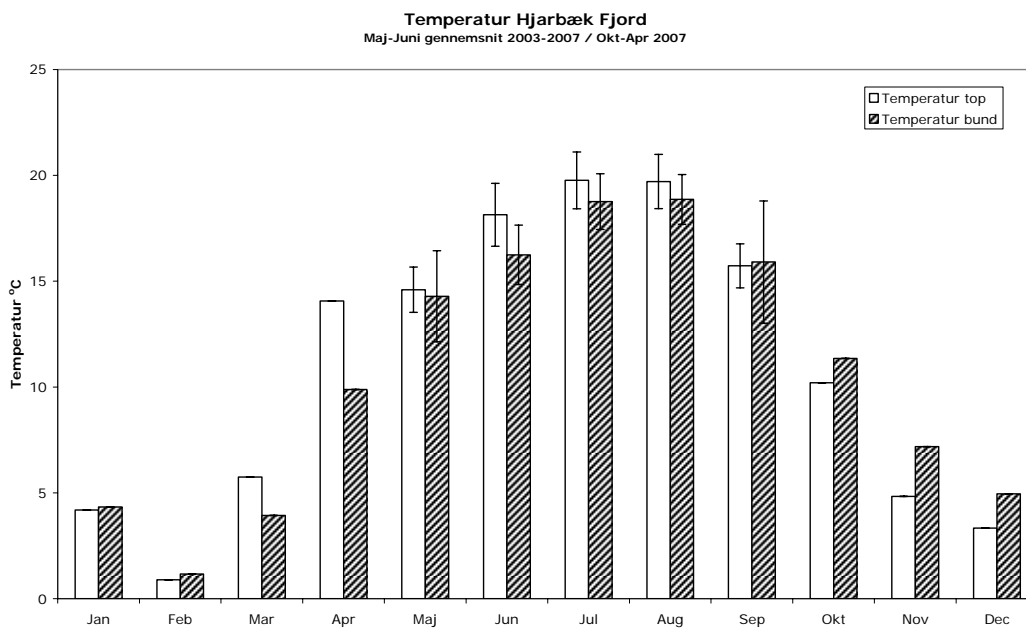
Figur 3-15 Årsvariation af fosforkoncentrationer (μg total-P/l) i Hjarbæk Fjord i 2007 i hhv. top- og bundvand. Data er fra én målestation.

3.2.8 Temperatur

Årsvariationen på vandtemperaturen i både Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord følger lufttemperaturen – se Figur 3-16 og Figur 3-17. Pga. den relativt lave vanddybde i området ligger temperaturen i begge områder i overfladevandet tæt på temperaturen i bundvandet. Maksimumtemperaturen i begge områder ligger omkring $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i juli og august og minimumstemperaturen ligger omkring $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ i februar måned. Den væsentligste forskel på temperaturen i hhv. Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er i forårmånederne hvor den lave vanddybde i Hjarbæk Fjord gør at temperaturen stiger hurtigere end i Lovns Bredning.



Figur 3-16 Årsvariationen i vandtemperaturen (\pm SD) i Lovns Bredning. Søjlerne udtrykker et gennemsnit for 2-3 stationer i Lovns bredning over perioden 2003-2007.

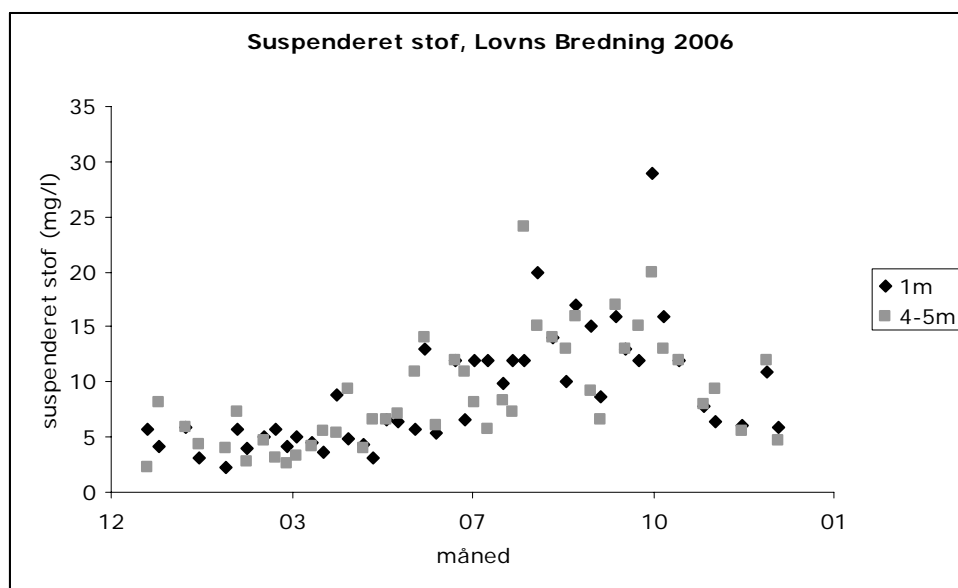


Figur 3-17 Årsvariationen i vandtemperaturen i hhv. top- og bundvand (\pm SD) i Hjarbæk Fjord. I perioden maj-juni gengives et gennemsnit for perioden 2003-2007 for 5 stationer. For perioden oktober-april er måleresultaterne for 2007 kun for 1 station.

3.2.9 Suspenderet stof

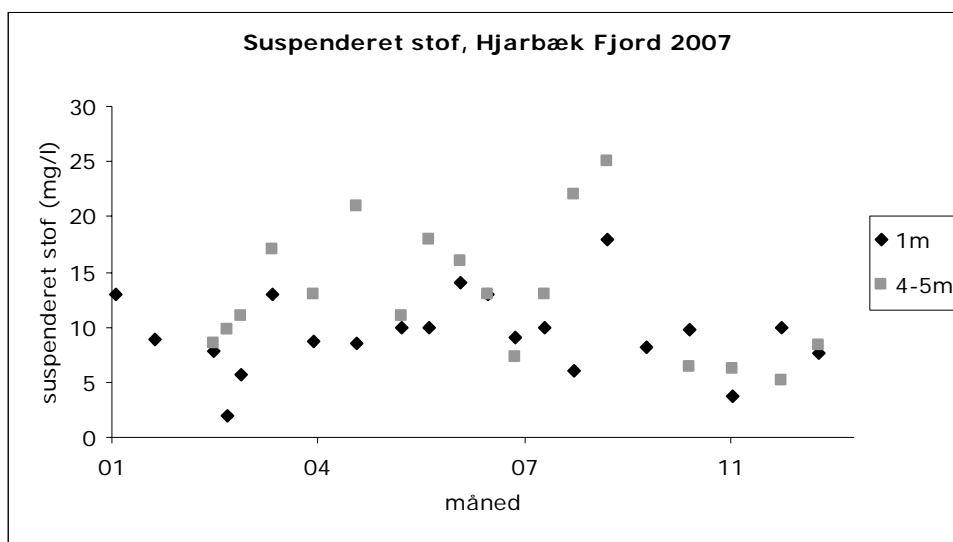
Suspenderet stof består af både uorganiske (fx silt) og organiske partikler (fx alger).

I Lovns Bredning er koncentrationen af suspenderet stof senest blevet målt ved 2006. Koncentrationen af suspenderet stof i Lovns Bredning varierer fra 2 - 29 mg/l. De højeste værdier er målt i efteråret, hvor planteplankton nedbrydes og sammen med andre partikler danner aggregater i vandsøjlen ("marin sne") som indgår i puljen af suspenderet stof. Der ses ikke nogen udtalt forskel i koncentrationen af suspenderet stof mellem top og bundvand.



Figur 3-18 Årsvariation i koncentrationen af suspenderet stof (mg/l) ved én målestation i Lovns Bredning i 2006. Prøverne er udtaget i 1 m og 4 - 5 m dybde.

De nyeste målinger af suspenderet stof i Hjarbæk Fjord er fra 2007, hvor fjorden indgik i det danske DEVANO program. Inden 2007 skal man helt tilbage til 1999 for at finde data fra Hjarbæk Fjord, hvorfor vi i denne sammenhæng kun præsenterer data fra 2007. Suspenderet stof er blevet målt månedsvis. Koncentrationen af suspenderet stof i Hjarbæk Fjord varierer fra 2 - 25 mg/l. Der ses en tendens til højere koncentration i sommermånederne, men ikke nogen tydelig årsvariation.



Figur 3-19 Årsvariation i koncentrationen af suspenderet stof (mg/l) ved én målestation i Hjarbæk Fjord i 2007. Prøverne er udtaget ved hhv. ved 1 m og 4-5 m dybde.

Mængden af organisk materiale (udtrykt som glødetab) varierer i Lovns Bredning fra 16 - 63 % af det totale suspenderede stof, uden nogen tydelig årsvariation. Andelen af organisk materiale i det suspenderede stof i Hjarbæk Fjord varierer over året fra 18 - 74 %, med de højeste værdier i sensommeren, hvor biomassen af planteplankton også er høj.

3.2.10 Miljøfremmede stoffer

Det har ikke været muligt at finde information om koncentrationen af miljøfremmede stoffer, herunder tungmetaller i vandfase i Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning.

Fra Hjarbæk Fjord findes data for tungmetaller i blåmuslinger fra en undersøgelse foretaget i 2007. Blåmuslinger akkumulerer tungmetaller, og kan derfor bruges som en indikator for niveau'et af tungmetaller i vandfase. Som vist i Tabel 3-1 ligger koncentrationen af bly og zink under alle referencekoncentrationerne (fastsat af OSPAR), mens kobber ligger over. Kviksølv og cadmium ligger på samme niveau som baggrundskoncentrationen BC.

Muslinger 2007

	Hjarbæk Fjord	BC	BAC	BRC
	mg/kg tørstof			
Zn	83,72	275	426	150
Cu	14,16	5,3	7,57	5,5
Hg	0,09	0,08	0,14	0,05
Cd	1,25	1,2	1,94	0,55
Ni	1,85			
Pb	0,52	0,9	1,52	0,95

Tabel 3-1 Koncentrationen af tungmetaller i muslinger (i mg/kg tørstof). Til sammenligning vises BC (baggrundskoncentrationer ud fra fjerntliggende "uforurende" stationer), BAC (baggrundsvurderingskriterium) samt BRC (baggrunds reference stationer).

Fra både Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord findes data om koncentrationen af tungmetaller i sedimentet fra undersøgelser i hhv. 2006 og 2007. Som det ses i Tabel 3.2 er kun cadmium fundet i koncentrationer der overstiger baggrundskoncentrationen (som defineret af Det Norske Forurensningstilsyn).

	Lovns Bredning	Hjarbæk Fjord	Baggrundskoncentration
Arsen (As)	6,1	-	<20
Bly (Pb)	13	20	<30
Cadmium (Cd)	0,6	0,8	<0,25
Krom (Cr)	9,1	-	<70
Kobber (Cu)	7,5	21,3	<35
Kviksølv (Hg)	0,03	0,06	<0,15
Nikkel (Ni)	11	23	<30
Zink (Zn)	52	103	<150

Tabel 3.2 Koncentration af tungmetaller i sediment (i mg/kg tørstof). Til sammenligning vises baggrundskoncentrationen, som defineret i /35/.

Samlet set vurderes Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord at være relativt upåvirket af tungmetaller, især bly og zink ligger under de præsenterede baggrundsværdier. Kobber og cadmium ligger dog over baggrundsværdierne i hhv. muslinger og sediment, og særlig fokus gives til disse stoffer.

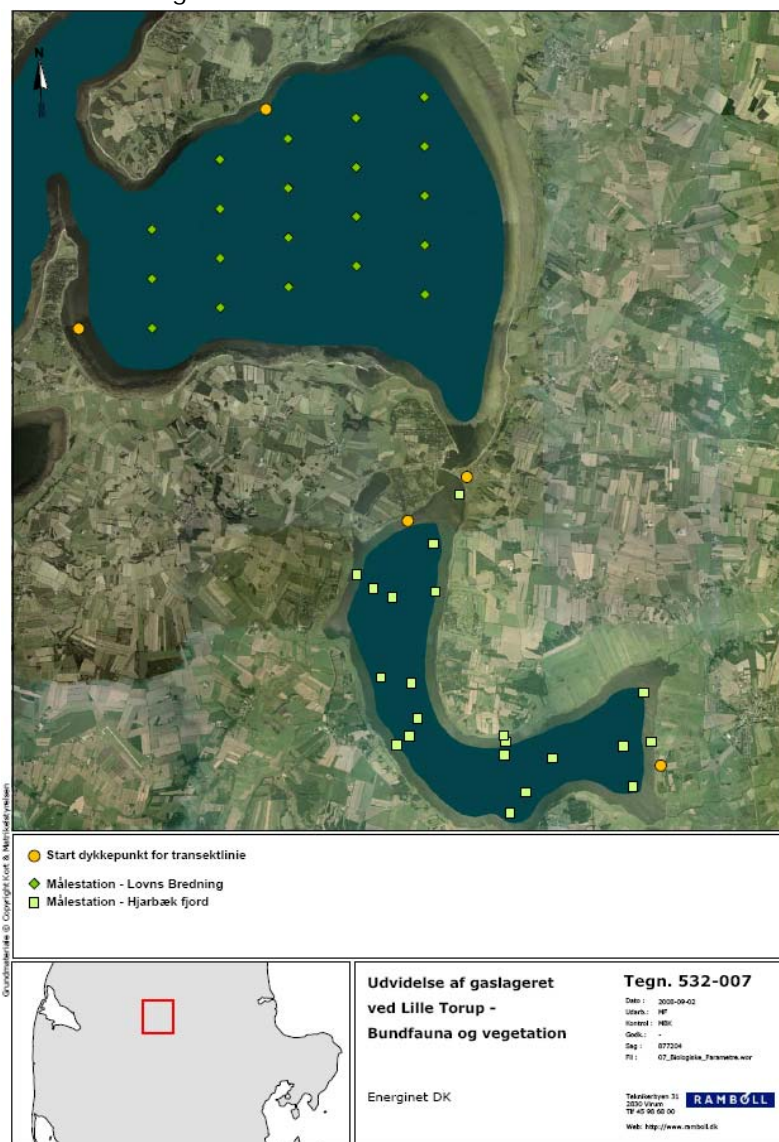
3.3 Marinbiologiske forhold

3.3.1 Metodik

Eksisterende data er hentet fra amternes limfjordsovervågning (overtaget i 2007 af Miljøcenter Aalborg og Miljøcenter Ringkøbing) herunder de nationale DEVANO og NOVANA programmer. Data er målt på flere stationer fordelt i hhv. Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Yderligere information om bundfauna og -vegetation er indhentet fra overvågningsanalyser i området foretaget af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU). De geografiske placeringer af de anvendte målestationer er vist på Figur 3-20.

Ud over eksisterende data er der også anvendt observationer fra feltundersøgelser gennemført af Rambøll i sommeren 2008 i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Feltundersøgelsen blev udført som en screening af biologiske forhold og der blev ikke indsamlet prøver. Der er udført dykninger nær slusen i både Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning, og forhold langs kysten er observeret og fotodokumenteret.

For at indsamle information om fisk og fiskeri i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er der gennemført interviews med de lokale fiskere og fiskeriorganisationer i området samt indsamlet fangststatistik fra Fiskeridirektoratet under Fødevarerministeriet



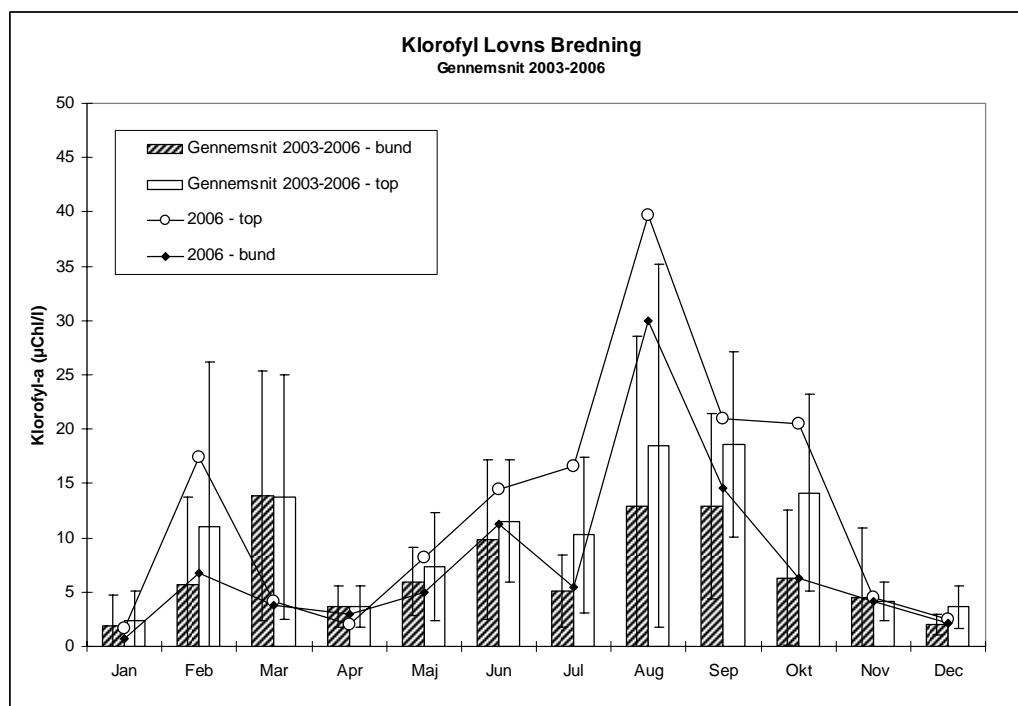
/12/.

Figur 3-20 Målestationer i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, anvendt som datagrundlag for beskrivelse af bundfauna og -vegetation.

3.3.2 Plankton

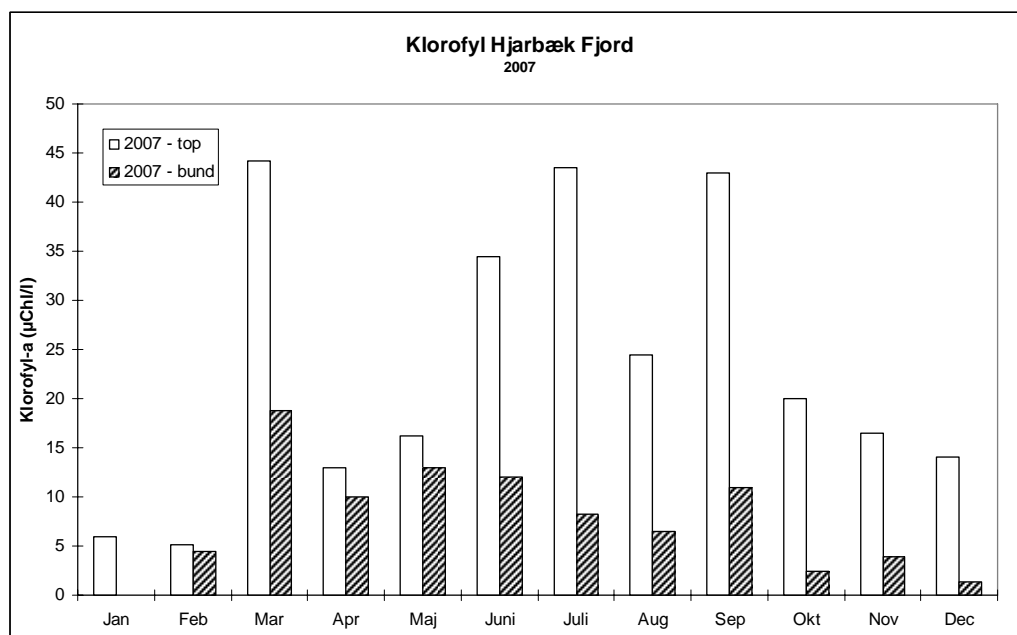
Klorofylkoncentrationer kan give et estimat af biomassen af planteplankton, og give en indikation af graden af eutrofiering i et område.

For Lovns Bredning findes nye klorofylldata for alle måneder i årene 2003-2006. Klorofylldata for Lovns Bredning er præsenteret i Figur 3-21. Årsvariationen i klorofylkoncentrationen i Lovns Bredning såvel som i Hjarbæk Fjord er typisk. Tidligt på foråret, med top i marts, ses en forårsopblomstring af plankton. Den senere sommeropblomstring starter omkring maj og topper i juli-september. Fra september falder klorofylkoncentrationerne i begge områder mod et minimum i december-januar måned.



Figur 3-21 Årsvariation af klorofylkoncentrationer ($\mu\text{g Chl a/l}$) (\pm SD) i Lovns Bredning i perioden 2003-2006 i hhv. top- og bundvand. Data er fra én målestation.

De nyeste målinger af klorofyl i Hjarbæk Fjord er fra 2007, hvor fjorden indgik i det danske DEVANO program. Inden 2007 skal man helt tilbage til 1999 for at finde klorofylldata fra Hjarbæk Fjord, hvorfor vi i denne sammenhæng kun præsenterer data fra 2007 for Hjarbæk Fjord. Klorofylldata for Hjarbæk Fjord er præsenteret i Figur 3-22. Klorofylkoncentrationen i topvandet i Hjarbæk Fjord er væsentlig højere end i topvandet i Lovns Bredning. Klorofylkoncentrationen i Hjarbæk Fjord i forårs- og sommermånederne er i enkelte tilfælde dobbelt så høje som i Lovns Bredning.



Figur 3-22 Årsvariation af klorofylkoncentrationer ($\mu\text{g Chl a/l}$) i Hjarbæk Fjord i 2007 i hhv. top- og bundvand. Data er fra én målestation.

For hverken Lovns Bredning eller Hjarbæk Fjord findes så vidt vides data om biomasse eller artssammensætning af dyreplankton.

3.3.3 Bundfauna

Indikatorer som individtæthed og biomasse for bundfauna skal ses samlet i vurderingen af, hvorledes bundfaunaen er udviklet i et område. Individtæthed er antallet af dyr pr. m^2 , hvilket er et godt udtryk for bunddyrenes mulighed for at være naturligt talrigt udbredt i området. Biomasse er vådvægten af bunddyr pr. m^2 , som sammenholdt med individtætheden giver et indtryk af om bundfaunaen er sammensat af få store dyr eller mange små dyr. Artsantal er også en parameter som kan anvendes i vurderinger af bundfauna, men denne indikator har ikke været præsenteret i alle tilgængelige datasæt fra området.

Data for bundfauna i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord giver et øjebliksbillede af tilstanden for de enkelte år.

I Lovns Bredning er de seneste bundfaunaundersøgelser udført i 2003, hvor der blev udtaget prøver fra 20 stationer. For krebsdyr er der dog kun udtaget prøver fra 4 stationer. Data for bundfauna i Lovns Bredning 2003 er vist i Tabel 3-3 samt afbildet grafisk i Figur 3-23 og Figur 3-24.

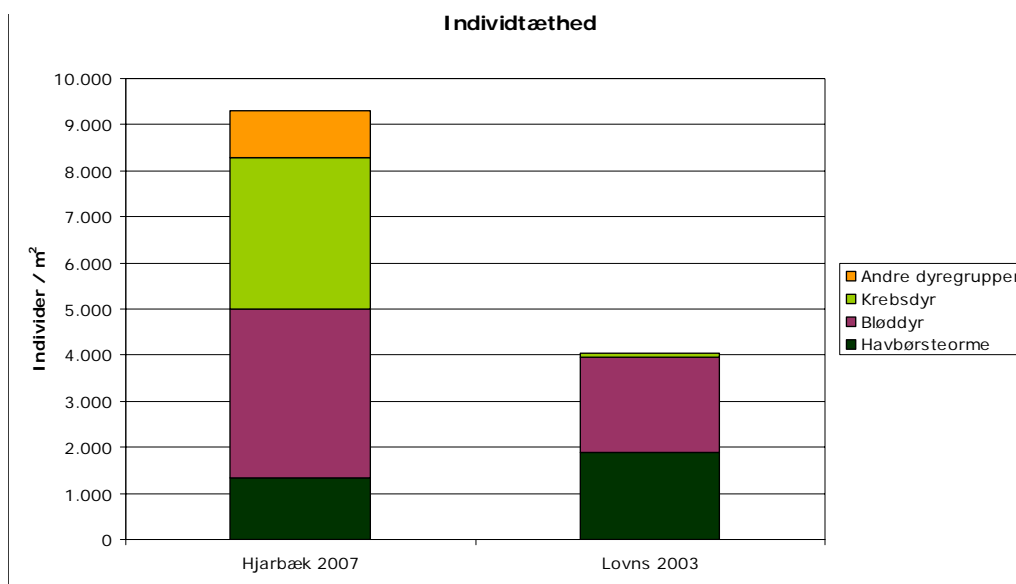
I Hjarbæk Fjord er de seneste bundfaunaundersøgelser udført i 2007, hvor der blev udtaget prøver fra 20 stationer - se også Figur 3-20. Imidlertid er alle data fra 2007 endnu ikke oparbejdet, hvorfor kun resultater fra 15 stationer er præsenteret her i teksten. Data for bundfauna i Hjarbæk Fjord 2007 er vist i Tabel 3-3 samt afbildet grafisk i Figur 3-23 og Figur 3-24.

Som det ses på Figur 3-23 er der en væsentlig forskel i individtætheden af bundfaunaorganismer i hhv. Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. I Lovns Bredning ligger den totale individtæthed omkring 9.000 individer/m², hvorimod den samme indikator i Hjarbæk Fjord er næsten halvt så stor med en individtæthed på 4.000 individer/m². En anden væsentlig forskel på bundfaunaen i hhv. Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er, at der i Lovns Bredning stort set ikke optræder krebsdyr, mens denne række af dyr udgør næsten 40 % af arterne i Hjarbæk Fjord. Som beskrevet ovenfor kan den store individtæthed og det høje antal krebsdyr i Hjarbæk Fjord skyldes det meget høje næringsniveau i fjorden og den lave salinitet.

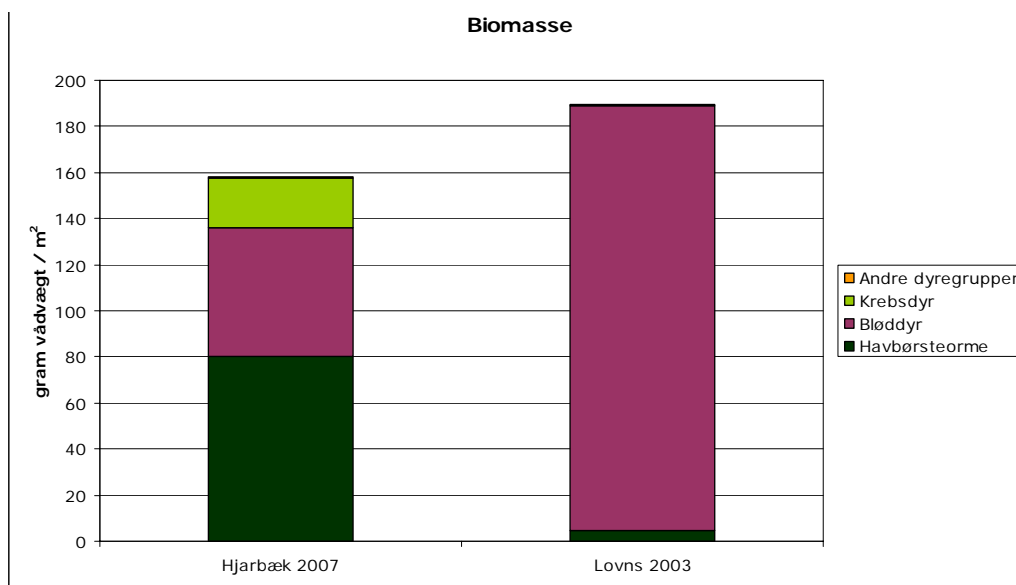
På Figur 3-24 afbildes biomassen af bundfauna i hhv. Hjarbæk Fjord (2007) og Lovns Bredning (2003). Biomassen i Hjarbæk Fjord lå i (2007) omkring 160 g/m², domineret af havbørsteorme. I Lovns Bredning (2003) var den totale biomasse omkring 190 g/m², hvilket er lidt højere end i Hjarbæk Fjord. Den væsentligste forskel mellem de to områder i de præsenterede år er imidlertid, at næsten 100 % af biomassen af bundfauna i Lovns Bredning udgøres af bløddyr. Det vurderes at det primært er store blåmuslinger (*Mytilus edulis*) som repræsenterer bløddyrene i Lovns Bredning (2003).

Bundfauna,	Hjarbæk Fjord 2007		Lovns Bredning 2003	
	Tæthed Individer/m ²	Biomasse gram/m ²	Tæthed Individer/m ²	Biomasse gram/m ²
Havbørsteorme	1.349	80,0	1.902	4,6
Bløddyr	3.640	56,3	2.047	184,6
Krebsdyr	3.299	21,0	87	0,1
Andre dyregrupper	1.008	0,9	-	-
Total	9.296	158,3	4.036	189,3

Tabel 3-3 Bundfauna i Hjarbæk Fjord (2007) og Lovns Bredning (2003). Data fra Hjarbæk Fjord er et gennemsnit for 15 stationer. Data for Lovns Bredning er et gennemsnit af 20 stationer.



Figur 3-23 Individttæthed af bundfauna i Hjarbæk Fjord (2007) og Lovns Bredning (2003). Værdierne for Hjarbæk Fjord repræsenterer gennemsnitlige værdier for 15 stationer. Værdierne for Lovns Bredning repræsenterer gennemsnitlige værdier for 20 stationer.



Figur 3-24 Biomasse af bundfauna i Hjarbæk Fjord (2007) og Lovns Bredning (2003). Værdierne for Hjarbæk Fjord repræsenterer gennemsnitlige værdier for 15 stationer. Værdierne for Lovns Bredning repræsenterer gennemsnitlige værdier for 20 stationer.

For bundfaunaen i Lovns Bredning i 2003 blev der registreret 19 arter/taxa af bunddyr: 10 arter havbørsteorme, 6 arter muslinger, 1 snegleart samt to arter krebsdyr.

Blot 20 bundfaunaarter i 20 prøver fordelt over hele den dybe del af Lovns Bredning vidner om et område i mindre god tilstand. Den ringe tilstand skyldes utvivlsomt især tilbagevendende iltsvind som følge af for stor tilførsel af næringsstoffer. Desuden er artsdiversiteten lav som følge af de få skaller og sten på bunden.

Den dominerende art var amerikansk boremusling, *Petricolaria pholadiformis*, der udgjorde 88 % af biomassen. Antallet af blåmuslinger, *Mytilus edulis* var betydeligt, men biomassen var lav. Hvis iltsvind undgås i de kommende år kan arten overtage rollen som væsentligste bundlevende filtrator i bredningen. Hampefrømusling, *Corbula gibba* var ligeledes talrig i bredningen. Absolut største tæthed havde den lille rørbyggende havbørsteorm *Polydora ciliata*, med 1507 individer/m².

For prøverne fra Hjarbæk Fjord i 2007 kan der kort opsummeres følgende:

- Der blev registreret 18 arter/taxa af bunddyr i prøverne. 7 arter havbørsteorme, 2 muslingearter, 1 snegleart, 5 krebsdyrarter samt 3 taxa tilhørende andre dyregrupper.
- Der blev observeret en udpræget brakvandsfauna, hvoraf flere arter ikke er kendt fra andre undersøgelser i den mere salte del af Limfjorden; - Lovns Bredning, Skive Fjord mv.
- På dybder lavere end 2 meter var der en væsentlig større tæthed og biomasse af bunddyr end der var på dybder større end 2 meter. Dette forhold hænger naturligt sammen med iltforholdene i Hjarbæk Fjord.
- Der blev observeret en meget høj tæthed af flere dyrearter på dybder under 2 meter vand, hvilket kan skyldes det høje næringsniveau i fjorden. Havbørsteormen *Hediste diversicolor*, slikkrebsen *Corophium volutator* og dyndsneflen *Hydrobia sp.* er eksempler herpå.

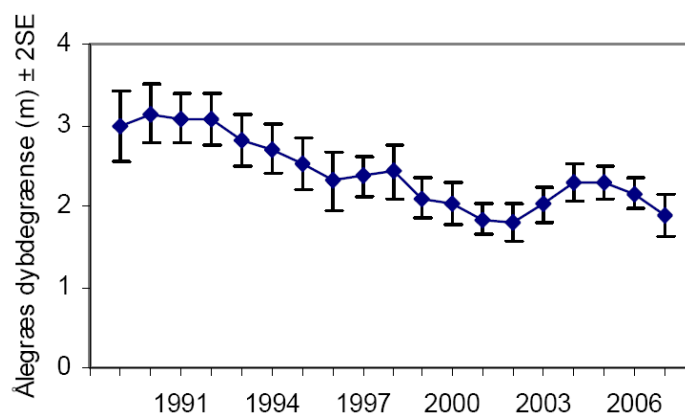
En generel observation som kan gøres for bundfaunaen i både Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er, at der generelt er en lav artsdiversitet med få, meget stresstolerante arter. Dette skyldes højst sandsynligt at både Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er stærkt påvirkede af store variationer i både abiotiske og biotiske forhold, såsom salinitet, strøm, temperatur, ilt- og næringsforhold samt prædations- og fangsttryk.

3.3.4 Bundvegetation

Bundvegetationen er en værdifuld parameter i vurderingen af miljøtilstanden for et fjordområde. Planternes påvirkelighed overfor fysiske- og kemiske forhold gør dem velegnede til at afspejle omgivelsernes tilstand og ændringer heri.

Rodfæstede vandplanter eksempelvis ålegræs (*Zostera marina*) er et vigtigt element i de fleste danske fjordes økosystemer. Ålegræssets dybdeudbredelse er en vigtig parameter, når man skal vurdere et områdes tilstand. Dybdeudbredelsen siger noget

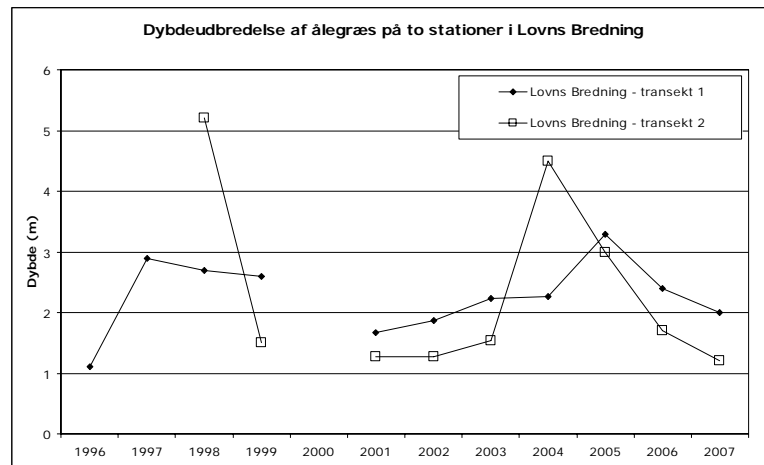
om hvor stor udbredelsen af ålegræs er; og er også en indikator for hvor meget lys der når bunden. Denne lysmængde er et udtryk for, hvor meget materiale (primært planteplankton) der er i vandsøjlen, og dermed, eksempelvis, et udtryk for hvor stor nærings saltbelastningen/eutrofieringen er. Dermed er dybdegrænsen en af de direkte indikatorer for miljøtilstanden. Dækningsgraden af ålegræs er et udtryk for hvor mange procent af det undersøgte område, der er bevokset med ålegræs. Dybdeudbredelse og dækningsgrad giver sammen et udtryk for et områdes miljøtilstand. I Figur 3-25 vises dybdegrænsen for ålegræs som gennemsnit for hele Limfjorden.



Figur 3-25 Dybdegrænse for ålegræs som gennemsnit for hele Limfjorden i perioden 1989-2007.

Makroalger kan ligeledes give et udtryk for miljøtilstanden i et område. Diversitet, dybdegrænse og dominerende arter samt tilstedeværelsen af eutrofieringsbetingede arter giver et indtryk af områdets grad af forstyrrelse.

I Lovns Bredning blev der i 2007 registreret 2 arter af havgræsser og 17 arter makroalger. Af rodfæstede planter findes primært ålegræs (*Zostera marina*), desuden er langstilket havgræs (*Ruppia cirrhosa*) observeret på et enkelt transekt i 2007. Nogle år har der i Lovns Bredning været enkelte observationer af ålegræs på dybder større end 4 m. I 2004 blev der på et transekt i Lovns Bredning observeret spredt ålegræs på ned til 4,5 m mod en dybdegrænse på 1,65 m året før (Figur 3-27). Det er set tidligere, at der har været ålegræs på disse dybder i Lovns Bredning, men forholdene i Lovns Bredning har ikke været så stabile, at ålegræs har fået lov at overleve på disse dybder på længere sigt. Til sammenligning lå gennemsnittet af dybdegrænsen for ålegræs i Limfjorden i 2007 omkring 2 meters dybde (Figur 3-26).



Figur 3-27 Dybdeudbredelse af ålegræs på to stationer i Lovns Bredning i perioden 1996-2006. Der findes ikke data for 2000.

Gennemsnitlige dækningsgraden af ålegræs i Lovns Bredning 2007 er vist i Tabel 3-4.

Dybdetrin (meter)	Dækningsgrad (%)
0-1 m	52
1-2 m	20
2-4 m	0

Tabel 3-4 Dækningsgrad af ålegræs som gennemsnit for to transekter i Lovns Bredning i 2007.

Af dominerende makroalger i Lovns Bredning kan nævnes alm. børstetråd (*Chaetomorpha linum*), alm. vatalge (*Ectocarpus siliculosus*), tosidet havpryd (*Aglaothamnion bipinnatum*) samt carrageentang (*Chondrus crispus*) og japansk drivtang (*Sargassum muticum*).

I Hjarbæk Fjord er bundvegetationen domineret af to arter; vandplanten langstillet havgræs (*Ruppia cirrhosa*) og makroalgen søsalat (*Ulva lactuca*).

Ålegræs (*Zostera marina*), som er almindelig i Lovns Bredning, findes ikke i Hjarbæk Fjord. Langstillet havgræs har en meget bred tolerance; fra næsten fersk til fuld salinitet (2-35psu). Desuden er børsteblandet vandaks (*Potamogeton pectinatus*) registreret på et enkelt transekt i 2007.

Den gennemsnitlige dybdegrænse af langstillet havgræs i Hjarbæk Fjord 2007 er 1,2 ±0,27 m (baseret på fem transekter fra 2007), hvilket er lavere end den

gennemsnitlige dybdegrænse for ålegræs i resten af Limfjorden på 2 m (se figur 3-24). Dækningsgraden af langstilket havgræs i Hjarbæk Fjord er vist i Tabel 3-5.

Dybde trin (meter)	Dækningsgrad (%)
0-1 m	65
1-2 m	12
2-4 m	0

Tabel 3-5 Dækningsgrad af langstilket havgræs som gennemsnit for transekter i Hjarbæk Fjord i 2007.

Sammensætningen af algesamfund i Hjarbæk Fjord er tydeligt præget af at fjorden er et blødbundsområde med få faste overflader at hæfte sig på, og at området jævnligt har langvarige perioder med iltsvind. Makroalgerne i Hjarbæk Fjord er ikke velundersøgt, men domineres af søsalat (*Ulva lactuca*). Søsalat er en typisk eutrofieringsbetinget hurtigvoksende makroalge som kan vokse løst på sedimentet eller viklet ind i de rodfæstede planter. Søsalat trives i næringsberigede miljøer.

3.3.5 Fisk

En detaljeret beskrivelse af fisk i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord kan findes i /13/. Dette afsnit skal betragtes som en sammenfatning af teksten i /14/, og der vil her blive lagt særlig vægt på arter med stor betydning for fiskeriet i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord samt arter som er truede eller forventes at komme til at indgå i udpegningsgrundlaget for NATURA 2000 området N30 Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord.

Saliniteten har en afgørende betydning for hvilke fiskearter der forekommer i Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning. Det er i den forbindelse vigtigt at være opmærksom på, at det ikke kun er den gennemsnitlige salinitet som er bestemmende men i lige så høj grad variationen heri. Saliniteten i overfladevandet er i gennemsnit lavere end i bundvandet men afhængigt af vind- og strømforhold kan forhøjede saliniteter også forekomme helt ind til kysten i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. De fiskearter der findes her er derfor tilpasset varierende saliniteter og iltfattige forhold, men dels kan forekomst af meget iltfattige, salte bundlag – herunder forskydning af disse ind på mere grundt vand i særlige vindsituationer - have katastrofale konsekvenser for fisk der "fanges" heri, og dels kan hurtige svingninger i saliniteten være kritisk for visse arter som følge af stress på de osmoregulatoriske mekanismer.

Indtil ændringen af driften af sluserne i Virksunddæmningen i 1991 (jf. ændring af sluseregulativet dateret den 20. april 1991) var Hjarbæk Fjord stort set fersk for herefter at blive omdannet til en brakvandsfjord med en gennemsnitlig salinitet på omkring 20 psu. Dette betyder, at fiskeundersøgelser gennemført før 1991 /15, 16/, er af begrænset interesse set i relation til den planlagte lagerudvidelse.

Den eksisterende viden om fisk i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er mangelfuld, og det er i det følgende valgt at give en kort gennemgang af centrale fiskearters forekomst i Limfjorden – arter som det må antages også vil være relevante for Lovns Bredning og den nu salte Hjarbæk Fjord. Især er der fokuseret på arternes fiskerimæssige betydning og på deres reproduktionsbiologi, som er relevant set i lyset af de store vandmængder, der skal pumpes ind i anlægget fra Hjarbæk Fjord. Det skal understreges, at den eksisterende viden om de angivne arters forekomst er mangelfuld, og at ikke alle arter nødvendigvis er relevante i relation til indpumpningen af skylle- og fortyndingsvand til lagerudvidelsen ved LI. Torup (primære kilder: /17-20/).

3.3.5.1 Vigtige arter for fiskeriet – i Limfjorden

Vigtige arter for fiskeriet defineres som arter fanget i Limfjorden, som i et eller flere af årene 2003-2007 har haft en landingsværdi på over 200.000 kr. Arterne er ordnet efter betydning.

Blåmusling (*Mytilus edulis*). Den absolut vigtigste art for det kommercielle fiskeri. Biomassen af blåmuslinger i Lovns Bredning er relativt stor og udgjorde således i 2006 omkring 34.000 tons svarende til 25% af den samlede bestand i hele Limfjorden. Bestanden i Limfjorden har generelt, pga omfattende iltsvind, været på tilbagegang siden 1993 /21/. Blåmuslingen er særkønnet og gyder, normalt medio maj, æg og sædceller direkte i vandet i meget stort tal (hver hun gyder 2-5 mio. æg). I løbet af få døgn udvikles en larve, der igennem de næste 2-4 uger transporteres passivt med vandmasserne indtil den har udviklet gæller og en fod, som gør den i stand til at slå sig ned og fastgøre sig på et passende underlag, hvor forvandlingen fra larve til fastsiddende musling kan gennemføres.

Østers (*Ostrea edulis*). En sydlig art, der i Danmark lever nær sin nordlige grænse. Sandsynligvis pga den igangværende klimaændring henimod varmere vandtemperaturer er bestanden af østers i Limfjorden vokset markant og er nu en meget vigtig art for det kommercielle fiskeri. Primære fangstområder er Nissum Bredning, omkring Venø, Kaas Bredning og Sallingsund. Kræver relativt salt og varmt (18-20 °C) vand for at kunne formere sig. Gennem hele sit liv skifter østersen køn afhængigt af temperatur- og fødeforhold. Sæden gydes om sommeren og æggene (omkring 1 mio. styk pr. hun) befrugtes i hunnens kappehule, hvor de opholder sig en uge til larverne er udviklede. Larven måler 0,1 mm og er pelagisk 10-20 dage inden den slår sig ned på et passende underlag.

Sild (*Clupea harengus*). Sild og brisling udgør tilsammen den vægtmæssigt og produktionsmæssigt vigtigste fiskegruppe i Limfjorden. Fangsten og bestanden af sild i Limfjorden er steget markant igennem de sidste 10-15 år. Bestanden består dels af fisk, der vandrer ind fra Nordsøen som ungsild og atter udvandrer som voksne sild, dels af lokale stammer, som gyder i Limfjorden. Gydningen foregår, afhængigt af sildestamme, både forår og efterår. En hun gyder 20.000-50.000 æg, som synker ned på bunden hvor de klæber sig til sten, planter, skaller m.v. Nedsat vandskifte og dermed øget sedimentation og reduceret ilttilførsel kan øge dødeligheden i ægstadiet. Larverne klækkes i løbet af få uger, hvor de har en længde på 6-7 mm og hvorefter de i store stimer opholder sig i de overfladenære vandlag.

Brisling (*Sprattus sprattus*). Brisling er, som tidligere nævnt, sammen med sild den mængdemæssigt set vigtigste fiskeart i Limfjorden. Anvendes som industrifisk. Bestanden her tilbringer hele sin livscyklus i fjorden. Gydningen foregår i flere omgange over store områder i perioden april til juli. Brislingens æg (omkring 10.000 stk pr. hun) er pelagiske og larverne måler 4-5 mm ved klækning, efter ca. 10 døgn er blommesækken tømt og larven må herefter aktivt finde føde. Fisken opholder sig ved bunden om dagen og svømmer mod overfladen om natten. Findes om vinteren på dybere vand end om sommeren.

Hjertemusling (*Cerastoderma sp.*). Hjertemuslinger indgår som bifangst i blåmuslingefiskeriet. Tidligere har disse fangster ikke været store og kun forekommet med års mellemrum. Hjertemuslingen lever nedgravet i havbunden og fanges derfor normalt ikke af skraberne. I de senere år synes hjertemuslingerne imidlertid at have ændret deres opholdssted, således at man i dag kan finde udbredte mængder, som kun lever delvis nedgravet. Disse muslinger kan kendes på at noget af skallen er mørkfarvet og ikke helt hvid som normalt hos almindelig hjertemusling (*C. edule*). En anden mulighed kan være at der er tale om en anden art hjertemusling – den såkaldte brakvands-hjertemusling (*Cerastoderma lamarcki/glaucum*) – Dansk Skaldyrcenter er anmodet om at undersøge dette nærmere. Hjertemuslinger gyder æg og sæd frit i vandet i forårmånederne. Af de befrugtede æg udklækkes fritsvømmende larver, som kan føres vidt omkring indtil de søger ned på havbunden, hvor de udvikler sig til egentlige skaldyr.

Fjordreje (*Palaemon adspersus/elegans*). Fangsterne heraf har i de seneste 3 år ligget på et historisk højt niveau. Rejerne holder til på lavt vand og foretrækker en tæt vegetation af ålegræs på et par meters dybde. Om vinteren og i den varmeste tid tilbringes på lidt større vanddybder. Hunnerne bærer i maj-juni 500-2.500 befrugtede æg som klækkes i juni-juli på lidt dybere vand. Larverne har umiddelbart efter klækning en længde på ca. 3 mm. Efter flere skalskifter og ved en længde på 8 mm søger de ned på bunden inde på helt grundt vand.

Alm. hummer (*Homarus gammarus*). Bestanden af hummer har udvist en bemærkelsesværdig positiv udvikling begyndende i midten af 1990'erne men især i de seneste 3 år har fangsterne nået et historisk højt niveau. Hunnen bærer de befrugtede æg på bagkroppen i næsten et år inden de klækkes i juli/august. Larven lever frit i vandet, hvor den gemmer sig i vegetationsbæltet i et par uger inden den søger mod bunden, hvor den herefter opholder sig. Findes i store dele af Limfjorden, dog ikke i iltsvindsområderne. Er følsom over for miljøgifte og kræver tilstedeværelse af ålegræsvegetation.

Ål (*Anguilla anguilla*). Ålefiskeriet var tidligere det økonomisk vigtigste fiskeri i Limfjorden men er nu kun af væsentlig betydning for enkelte erhvervs-/bierhvervsfiskere. Årsagen til de stærkt reducerede landinger af ål, ikke alene i Limfjorden men i hele Danmark, antages at skyldes en kraftig nedgang i antallet af glasål, der når de danske kyster. Glasål optræder ved vore kyster, herunder i Limfjorden, i marts-maj, for at søge op i vandløbene. Glasål er upigmenterede og har en længe på 65 mm. Glasålene udvikler sig til såkaldte gulål, som for en dels vedkommende vokser op i brakvandsområder. Om efteråret (august-oktober)

vandrer ålen, som blankål, ud af brakvandsområderne/fjordene. I DF&H's undersøgelse fra 1984 blev der fanget ål i filtrene i LI Torup – hovedsageligt sætteål /19/.

3.3.5.2 Arter uden særlig fiskerimæssig betydning

En del arter har en vigtig økologisk betydning og forventes at indgå i udpegningsgrundlaget for NATURA 2000 området N30 Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord.

Helt (*Coregonus lavaretus*). Har en væsentlig betydning for det rekreative fiskeri men figurerer i den officielle fangststatistik kun med ganske beskedne landinger (< 500 kg/år) fra det kommercielle fiskeri. Er udbredt i relativt ferske dele af Limfjorden. Helten gyder i vandløb hvor æggene klæber til sten eller planter. De nyklækkede larver driver i marts-april med strømmen ud af vandløbet og ud i de brakke kystområder.

Havørred (*Salmo trutta*). Har stor betydning for det rekreative fiskeri men figurerer i den officielle fangststatistik kun med ganske beskedne landinger (100-1000 kg/år) fra det kommercielle fiskeri. Ørreden er en anadrom vandrefisk som gyder og vokser op i ferskvand, hvorfra en del af bestanden trækker til havet for at æde og vokse i 1 til 4 år.

3-pg. Hundestejle (*Gasterosteus aculeatus*). Vidt udbredt art, findes især i fjordens vegetationsbælte, undertiden i masseforekomst. Gyder i maj-juli æg i flere portioner á 40-400 styk, har yngelpleje.

Stavsild (*Alosa falax*). Forventes at komme til at indgå i udpegningsgrundlaget for NATURA 2000- område N30 Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord /22, 23/. Arten findes i Limfjorden, med der eksisterer ikke viden om artens forekomst i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord ligesom den ikke er fanget i forbindelse med DTU Aqua's forsøgsfiskerier i området. DTU Aquas forsøgsfiskeri anvender bundtrawl som ikke er velegnede til at fange stavsild, der er pelagisk. Stavsild trækker i maj-juni op i vandløbene for at gyde. Æggene er demersale. og larverne/ynglen trækker eller driver om efteråret ud i opvæksområderne i salt/brakvand.

Flodlampret (*Lampetra fluviatilis*). Forventes at komme til at indgå i udpegningsgrundlaget for NATURA 2000-område N30 Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord /22, 23/. Der eksisterer ikke viden om artens forekomst her ligesom den ikke er fanget i forbindelse med DTU Aqua's forsøgsfiskerier. Det skal bemærkes, at arten blev registreret i forbindelse med DF & H's undersøgelser af vandindvindingen fra Hjarbæk Fjord i 1984 /15/. Flodlampret gyder i ferskvand i maj-juni. Æggene bevæger sig med strømmen 1-2 uger og klækker. Larverne og ynglen vokser op i vandløbene og trækker først som 9-15 cm store lampretter ud i havet.

Over de sidste årtier er sket et markant såkaldt regimeskift i Limfjorden, hvor tidligere tiders bestande af fiskearter såsom torsk, rødspætte, skrubbe, ål, ålekvabbe

og ulk er gået voldsomt tilbage, mens bestandene af hummer, østers, fjordrejer og hjertemuslinger er vokset markant. Bestandene af blåmusling, sild og brisling har varieret fra år til år men uden nogen udviklingstendens. DTU Aqua har i 2008 sammen med Århus Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser indledt en nærmere undersøgelse af regimeskiftet i Limfjorden. I den forbindelse gennemføres mere omfattende fiskeundersøgelser i dele af Limfjorden, herunder i Skive Fjord /24/. De kommende års resultater herfra vil i et vist omfang kunne betragtes som repræsentative også for Lovns Bredning.

3.3.5.3 Arter i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord

Baseret på centrale fiskearters forekomst i Limfjorden samt oplysninger fra lokale fiskere i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord gives her en oversigt over centrale fiskearter i Lovns Bredning og Hjarbæk. Det skal understreges, at ikke alle arter nødvendigvis er relevante i relation til indpumpningen af skylle- og fortyndingsvand til lagerudvidelsen ved Ll. Torup.

Vigtige arter for erhvervsfiskeriet	Mindre betydning for erhvervsfiskeriet, men vigtige for fritidsfiskeriet	Uden direkte fiskerimæssig interesse
Blåmusling Hjertemusling Fjordreje Sild Brisling Ål	Skrubbe Hornfisk Helt Havørred Pighvarre	3-pg. hundestejle Sortkutling Sandkutling Smelt Ålekvabbe

Tabel 3-6 Oversigt over centrale fiskearter i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord

Der forekommer andre fiskearter end de i tabel 4 angivne, herunder mindre salt- og brakvandsarter, primært knyttet til ålegræsbæltet, samt ferskvandsarter såsom aborre, skalle, gedde m.fl. - dog kun som enkeltindivider uden for nærområderne omkring de større vandløbsudløb i fjorden. Det skal understreges, at ikke-kommercielle fiskearter naturligvis også kan have en væsentlig økologisk betydning og dermed også indirekte en stor betydning for fiskeriet bl.a. ved at indgå i fødegrundlaget for fiskeriets målarter.

Det blev desuden oplyst, at da fjorden var fersk blev der af og til fanget flodlampretter (som indgår i NATURA 2000 udpegningsgrundlaget) i ruserne men at disse ikke er set af de rådspurgte fiskere siden fjorden blev salt.

Danmarks Fiskeriundersøgelser (nu DTU Aqua) har igennem mange år rutinemæssigt gennemført forsøgsfiskeri i Limfjorden – dog ikke i Hjarbæk Fjord. Undersøgelserne giver imidlertid ikke et fuldt dækkende billede af hvilke fiskearter der forekommer i fjorden, eftersom der kun er fisket med trawl på vanddybder mellem 3 og 18 meter og kun på jævn sand-mudderbund /17/. Inden for perioden 2000-2004 er følgende arter blevet fanget i Lovns Bredning/Skive Fjord: Rødspætte, ising, skrubbe, sild, brisling, sortkutling, hvilling, hestemakrel, tangsnarre og tangnål – kun sild og brisling er fanget i større antal.

3.3.5.4 Fiskeudsætning

Igennem mange år er der i Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning udsat helt, skrubbe, pighvar og ål /25/.

I 2008 er der udsat i alt 17.000 stk. ål, hvoraf de 9.000 stk. er udsat i Hjarbæk Fjord. De udsatte ål er såkaldte sætteål med en individuel vægt på omkring 3 gram. Tidligere i 80erne og 90erne er der udsat ål under en erstatningsaftale mellem DONG og Dansk Fiskeriforening indgået 1985, som fastlagde at der årligt skulle udsættes åleyngel for 50.000 kr i Limfjorden (ikke nødvendigvis i Hjarbæk Fjord).

Der er ikke blevet udsat pighvar i Hjarbæk Fjord siden 2002, hvor der blev udsat 3.000 stk, 10 cm store pighvaryngel. Der er ikke hidtil blevet udsat pighvar i Lovns Bredning.

Der har været foretaget udsætninger af skrubber i Limfjorden siden 1993. Udsætningerne har været af varierende omfang – i 2007: 9.380 stk. med en størrelse på 3-6 cm, og 5.353 stk. med en størrelse på 6+ cm. Der er ikke udsat skrubber i Hjarbæk Fjord siden 2003, hvor der blev udsat 2.000 stk. Baggrunden for den reducerede udsætningsindsats har været dårlige miljøforhold og ringe genfangst. Den bedring i Limfjordens miljø der er konstateret inden for de seneste par år har imidlertid fået DTU Aqua til at overveje at gennemføre forsøgsudsætninger i fjorden (pers. komm. Josianne Støttrup, DTU Aqua).

Viborg Amtskommune gennemførte i perioden 1984-86 et udsætningsprogram, hvorunder der blev udsat heltyngel (3 cm) i Hjarbæk Fjord. Siden 1994 har der været gennemført store årlige udsætninger af yngel i fjorden – senest i 2008 hvor der blev udsat 564.000 stk. til en samlet pris af 175.000 kr.



Figur 3-28 Heltyngel parat til udsætning (Foto: fiskepleje.dk).

Endelig skal nævnes, at der i de fire relativt vandrige åer med udløb i Hjarbæk Fjord hvert år foretages udsætninger af ørredyngel og 1-års fisk – i 2008 til en værdi af 103.000 kr.

3.3.5.5 Vandrefisk

Indledningsvis skal det understreges, at alle fiskearter vandrer i et eller andet omfang – eventuelt blot fra lavere til dybere vand inden for samme lokalområde. I Limfjorden, herunder Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning, forekommer der i visse år

særligt store tilvandringer af forskellige egentlige saltvandsarter, eksempelvis hvilling, torsk, rødspætte m.fl. og i de senere år også af mere eksotiske arter såsom ansjos og hestemakrel. Her skal alene omtales fiskearter som har en udpræget og regelmæssig vandringsadfærd - som regel i forbindelse med vandringer til og fra gydeområder.

Art	Vandreperioder	Bemærkninger
Stavsild*	Trækker som 3 årig op i vandløb i maj-juni (-august). Ynglen trækker i efteråret ud i brak-/saltvand.	Vandring til vandløb er bl.a. temperaturafhængig: 10,6-12,3 °C Pelagisk stimefisk som voksen.
Majsild*	Samme adfærd som stavsild	Ringede viden om biologi og udbredelse. Kun registreret i Ringkøbing Fjord og Randers Fjord i nyere tid
Flodlampret*	Vandrer op i vandløb for at gyde i maj-juni. Ynglen vandrer som 9-15 cm store fisk ud i brak-/saltvand (forår ?). Dør efter gydning	Eventuelt også opgang om efteråret. Kan suge sig fast på andre fisk, eksempelvis ørred, under opgangen til ferskvandsområder
Havlampret*	Biologi og adfærd som flodlampret. Større ved udvandring (15-20 cm)	
Ål	Glasål søger i juli (lokal oplysning) op i vandløbene, hvor den vokser op til såkaldte gulål – en del vokser op i brakvand. Om efteråret (ved månemørke i august-oktober) vandrer ålen som blankål ud af brakvandsområderne/ fjordene	Er globalt gået voldsomt tilbage inden for de sidste 20 år. Ålebeskyttelsesplan er vedtaget. Lokalt forlydender om en markant øget forekomst af gulål inden for de seneste år
Sild	Gyder i foråret (marts-maj) hvor de i store stimer vandrer ind i områder med passende gydesubstrat. Sildeynglen samler sig i stimer og vokser op på relativt lavt vand. De voksne sild trækker længere ud i fjorden/havet	Mange forskellige stammer med til dels forskellige gydetidspunkter. Har klæbrige æg der fæstner sig på planter, sten m.v.
Stenbider	Gyder på kystnært, grundt vand i marts-april. Ynglen trækker om efteråret ud af Limfjorden	Forekomst i Hjarbæk Fjord/Lovns Bredning ukendt
Hornfisk	Gyder først på sommeren (maj-juni) i tangbæltet på relativt lavt vand. Ynglen opholder sig på lavt vand sommeren igennem og trækker om efteråret ud på dybere vand uden for Limfjorden	Forekommer undertiden i betydeligt antal i området. Klæbrige æg
Havørred	Opgang i vandløbene strækker sig over en lang periode: juli-december. I februar-marts vandrer de udgydte havørreder tilbage til brak-/saltvand. Ørredyngelen vokser op i vandløbene men vandrer om foråret som smolt (2-årige, omkring 15 cm) ud i brak-/saltvand – ofte ikke langt fra hjemåens udmunding.	
Helt	Trækker sidst på året op i større vandløb for at gyde. Heltlarver/-yngel føres med strømmen ud i brakvandsområder hvor de vokser op	
Smelt	Trækker først på året (marts-april) op i større vandløb/brakvand for at gyde. Vokser op i brakvandsområder	Stimefisk. Stærkt varierende forekomst

Tabel 3-7 Fiskearter som vandrer til og fra gydeområder, med fokus på arter som potentielt vandrer i Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning. * indikerer at arten er prioriteret i Natura 2000 området.

3.3.6 Marine pattedyr

I udpegningsgrundlaget for habitatområde H30 (som inkluderer Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord) indgår spættet sæl, *Phoca vitulina* og odder (*Iutra lutra*). Odder observeres jævnligt i både Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning. Spættet sæl er den mest almindeligt forekommende sæl i Danmark og indgår i udpegningsgrundlaget for NATURA 2000 område N30 – Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Statskovdistriktet har registreret 14 sæler ved Lundø (ved den vestlige del af Lovns Bredning, se figur 3-1) i august 2002, 1 i 2003 og ingen i 2005. Der er ingen sælreservater i Lovns Bredning eller Hjarbæk Fjord.

Marsvin er ikke observeret i Hjarbæk Fjord, men bliver ifølge www.hvaler.dk sjældent observeret i de ydre dele af Lovns Bredning.

4. Vurdering af mulige påvirkninger

I dette afsnit beskrives mulige påvirkninger af fysiske, kemiske og marinbiologiske forhold i hhv. Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord forårsaget af lagerudvidelsen ved LI. Torup.

4.1 Generelt

Indledningsvis beskrives i afsnit 4.3.1 den tredimensionelle model som ligger til grund for miljøvurderingerne i forbindelse med opblandingsforhold og påvirkning af salinitet. I afsnit 4.3 og 0 er de mulige påvirkninger for hhv. fysiske, kemiske og marinbiologiske forhold beskrevet i detaljer. Vurderingen er foretaget generelt for Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning, samt for et nærområde omkring udledningen (se Figur 4-1).

I afsnit 0 er der foretaget en vurdering af mulige påvirkninger af fysiske, kemiske og marinbiologiske forhold i en situation hvor Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord har opnået god økologisk tilstand (gunstig bevaringsstatus).

Identificering af mulige kilder til påvirkning af Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er gjort på baggrund af projektbeskrivelsen /26/, modelsimuleringen (afsnit 4.2, /27/) samt beskrivelsen af eksisterende forhold i afsnit 3.

De mulige kilder til påvirkning af fysisk/kemisk og marinbiologiske forhold vurderes at være følgende:

4.1.1 Vandindtag i Hjarbæk Fjord til udskylnings- og fortyndingsanlægget

Vandindtaget til udskylnings- og fortyndingsanlægget (op til 10.000 m³/t) sker i Hjarbæk Fjord, umiddelbart syd for dæmningen og øst for slusen. Indtaget sker ved bunden ca. i kote -3 m. Den naturlige variation i Hjarbæk Fjord er 3-12 psu (topvand) og 12-22 psu (bundvand). Vandindtaget vurderes at være hele vandsøjlen, og saliniteten vurderes således at være en middelværdi. I beregninger af voluminer fortyndingsvand er benyttet en gennemsnitlig salinitet i vandindtaget på 11,5 psu. Såfremt denne forudsætning ikke mødes reduceres mængden af skyllevand. Det maksimale vandindtag vil således være 10.000 m³/t (scenarie 1). Indtaget af det udstrømmende relativt ferske vand, vurderes at ville resultere i en tilsvarende stor kompenserende indstrømning af vand fra Lovns Bredning med en overvejende højere salinitet.

4.1.2 Udledning af saltvand i Lovns Bredning

Som det fremgår af projektbeskrivelsen /28/ vil der i forbindelse med udskylning af kaverne i LI. Torup periodisk blive udledt op mod 10.000 m³/t saltvand i Lovns Bredning. Udledningen vil i scenarie 1A, 2A, 1, 2 og 4 ske gennem et diffuserarrangement, med 4 udløbsporte Ø600 placeret med 10 m afstand fra omkring 40 m til 70 m fra kysten på 6 m vanddybde. I scenarie 3 udledes mættet saltvand ved en nyetableret udledning udfor Ulbjerg Klint. Dette sikrer opblanding med det eksisterende vand i recipienten/Lovns Bredning.

4.2 Historik omkring lagerudvidelse

Dansk Naturgas A/S (DONG) etablerede i perioden 1983-96 gaslageret ved LI. Torup, på samme måde som det planlægges at udskykke nye kaverner i scenarie 1A, 2A, 1 og 2. Der blev i hele perioden udskyllet knap 8 mill. tons salt. Til sammenligning er der til stadighed ca. 180 mill. tons salt i Limfjorden. Fra Vesterhavet tilføres netto årligt i størrelsesordenen 250 mill. tons salt. Udledningen er således marginal i forhold til den naturlige salttransport igennem fjorden. Der er ifølge de relevante myndigheder ikke i perioden blevet dokumenteret nogle effekter af lageretablering i 1983-1996. I dette afsnit foretages en vurdering af mulige påvirkninger, forårsaget af genudskylning af eksisterende kaverner og udskylning af nye kaverner ved LI. Torup gaslager.

4.3 Mulige påvirkninger af fysiske/kemiske forhold

I dette afsnit beskrives og vurderes mulige påvirkninger af de eksisterende marinbiologiske forhold under udvidelsen af LI. Torup gaslager. For både pilotprojekt ved skyllehastighed på 120 m³/t (scenarie 1A og 2A) samt udskylning ved skyllehastighed på 600 m³/t i den nuværende situation med dæmning (scenarie 1 og 2) og en situation hvor dæmningen er fjernet (scenarie 3 og 4) præsenteres et overblik over Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, samt fokus på de to nærområder ved Virksund og udfør Ulbjerg Klint - se Figur 4-1.

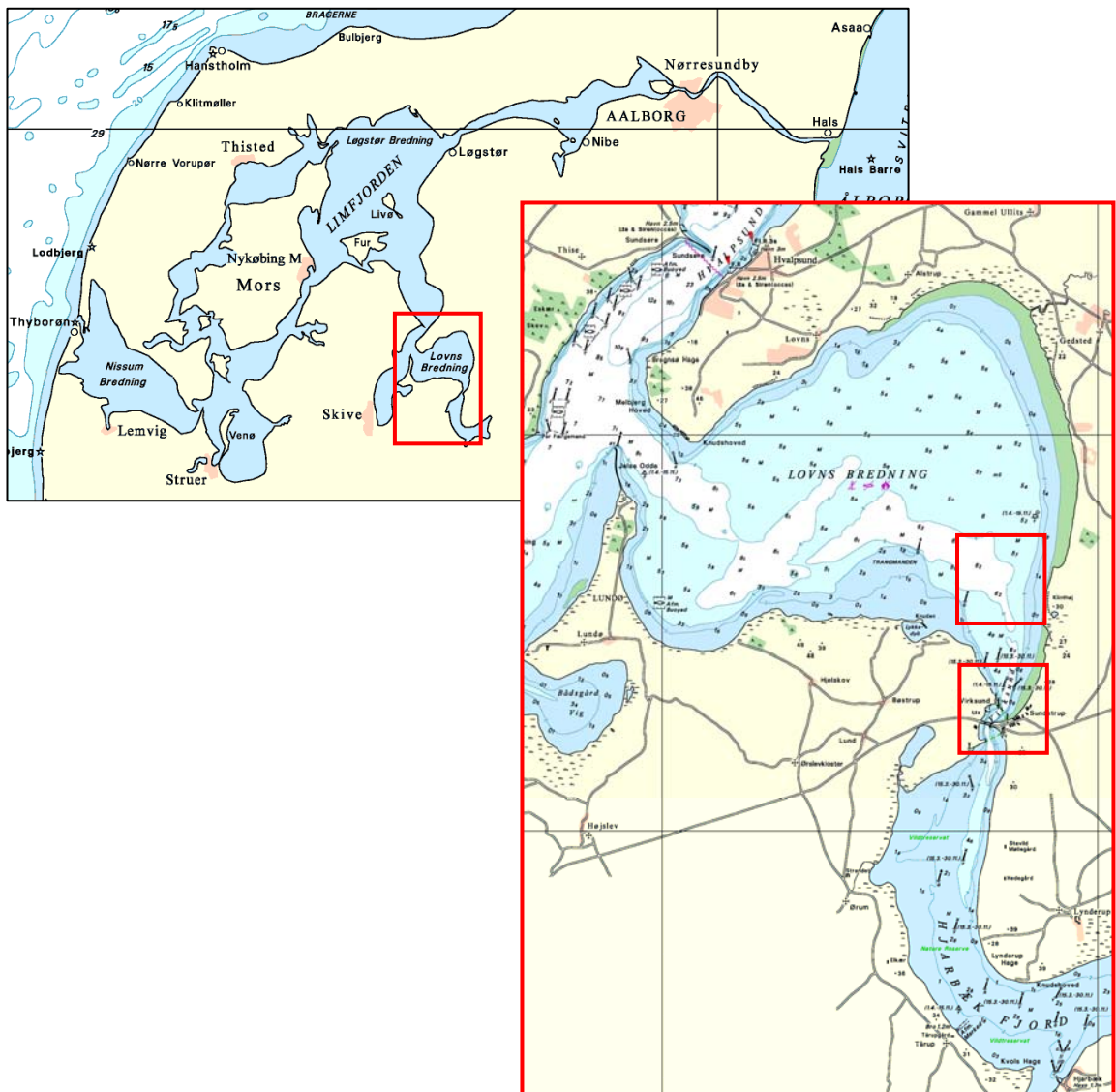
4.3.1 Model og metodik

For at kunne vurdere mulige påvirkninger af de fysiske og kemiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord forårsaget af lagerudvidelsen ved LI. Torup er der opstillet en tredimensionel hydrodynamisk model. Dette afsnit opridser baggrunden for modellen samt præsenterer resultater for opblandingsforhold. For detaljer vedrørende opsætning og kalibrering, se /29/. Modellen er opstillet i Mike 3 HD/FM med udgangspunkt i et set-up, der er under udvikling af MC Ålborg/SNS.

Modellen styres af en række input:

- Vandstandsrand ved Thyborøn og Hals.
- Salinitetsrand ved Thyborøn og Hals.
- Vind på overfladen.
- Afstrømning fra vandløb.
- Solindstråling og afkøling.

Model-bathymetrien er udviklet således, at Hjarbæk Fjord er med i modellen. (Hjarbæk Fjord er ikke med i det oprindelige set-up). Herunder er der lavet en beskrivelse af slusen ved Virksund. Det er gennemført kalibreringskørsler for at sikre beskrivelsen af slusen ved Virksund. Dette arbejde har samtidigt skulle sikre en realistisk beregningstid, når slusen medtages i modellen. I forbindelse med kalibrering og vurdering af modelresultaterne er der anvendt data fra målestationer i Limfjorden. Figur 4-1 viser placeringen af disse.



Figur 4-1. Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. De røde firkanter markerer "nærområdet" omkring udledningen; både for diffusor systemet ved Virksund (scenarie 1A, 2A, 1, 2 og 4) samt en ny udledning (scenarie 3).



Figur 4-2 Udvalgte målestationer i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, samt placering af vandindtag og udledningspunkt for scenarie 3 samt scenarie 1A, 2A, 1, 2 og 4.

Beregningerne er gennemført for perioden 1. januar 2005 til 1. november 2005, som af Miljøcenter Ålborg vurderes at være repræsentativ. Perioden 1. januar til 1. november indeholder en "warm-up" periode hvorunder modellens resultater stabiliserer sig. De første måneders resultater er således ikke egnede til analyse, og de præsenterede resultater er midlet for perioden maj-oktober /30/.

Den hydrauliske model har god overensstemmelse mellem modelleret og målt temperatur på de undersøgte målestationer, og viser at vandtemperaturen primært afhænger af vejrforhold over Lovns Bredning /31/. I modsætning til dette ses en vis forskel mellem de absolutte niveauer af modelleret og målt salinitet. Dette tilskrives det faktum at saliniteten afhænger af strømforhold og blandingsprocesser mellem Thyborøn og Lovns Bredning; faktorer som ikke er tilstrækkeligt bestemt /32/.

Det vurderes, at modellen beskriver dannelsen og opbrydningen af haloklin korrekt /33, 34/ og at de lokale dynamiske forhold, der er bestemmende for udbredelse og styrke af haloklin, er tilstrækkeligt velbestemt til, at modellen kan anvendes til beskrivelse af de lokale ændringer af salinitetsforholdene og haloklin under udledning af saltvand.

I modelarbejdet er der gennemført en referencekørsel (januar-oktober 2005) samt seks scenarier. For placering af vandudledning (Lovns Bredning, Virksund), se Figur 4-2. Scenarierne er opsummeret i Tabel 4-1.

Pilotprojekt – udskylning ved minimal skyllehastighed på 120 m³/t

Det planlægges at foretage et pilotprojekt det første år lagerudvidelsen ved LI. Torup forløber, med et minimalt vandindtag fra Hjarbæk Fjord. Minimalt vandindtag svarer til genudskylning af én kaverne (TO-8) som genudskylles med 120 m³/t. Der vurderes på følgende scenarier:

- Scenarie 1A: udledning af saltvand med en salinitet på 28 psu og konstant temperatur på 15 °C på 2.000 m³/time ved Virksund.
- Scenarie 2A: udledning af saltvand med en salinitet på 40 psu og konstant temperatur på 15 °C på 1.147 m³/time ved Virksund.

Udskylning ved maksimal skyllehastighed på 600 m³/t

Når pilotprojektet er overstået planlægges det at øge vandindtaget til 600 m³/t. I dette hovedprojekt foretages genudskylning af kaverne TO-5, TO-6, TO-7, TO-9, TO-10 og TO-11 samt udskylning af nye kaverne. Der vurderes på flg. scenarier:

- Scenarie 1: udledning af saltvand med en salinitet på 28 psu og konstant temperatur på 15 °C på 10.000 m³/time ved Virksund.
- Scenarie 2: udledning af saltvand med en salinitet på 40 psu og konstant temperatur på 15 °C på 5.735 m³/time ved Virksund.

Udskylning ved maksimal skyllehastighed på 600 m³/t i en situation hvor Virksund dæmningen er fjernet

Et muligt værktøj for at forbedre den økologiske tilstand i Hjarbæk Fjord er at fjerne dæmningen. På foranledning af Miljøcenter XX er derfor foretaget en modellering for udskylning ved maksimal skyllehastighed (600 m³/t) i en situation hvor Virksund dæmningen er fjernet. I dette hovedprojekt foretages genudskylning af kaverne TO-5, TO-6, TO-7, TO-9, TO-10 og TO-11 samt udskylning af nye kaverne. Vandindtag og –udløb er placeret med 100-200 meters afstand, og i en situation hvor dæmningen er fjernet er der en risiko for "kortslutning" hvor det udledte saltvand indtages igen. Af denne grund er der tilføjet et scenarie med et andet udledningspunkt (scenarie 3). Der vurderes på flg. scenarier:

- Scenarie 3: udledning af saltvand med en salinitet på 300 psu på 600 m³/time i Lovns Bredning (udfor Ulbjerg Klint)
- Scenarie 4: udledning af saltvand med en salinitet på +18 psu (18 psu højere end saliniteten i vandindtaget) på 10.000 m³/time ved Virksund.

Scenarie	Vandindtag/Udledning			Udledning salinitet	Topografi
	Skyllevand	Fortynding	Vand total		
	m ³ /t	m ³ /t	m ³ /time		
<i>Projekt nuværende forhold, maksimal skyllehastighed</i>					
Scenarie 1	600	9.400	10.000	28 psu	Med dæmning
Scenarie 2	600	5.135	5.735	40 psu	Med dæmning
<i>Pilotprojekt, nuværende forhold, genudskylning af én kaverne</i>					
Scenarie 1a	120	1.880	2.000	28 psu	Med dæmning
Scenarie 2a	120	1.027	1.147	40 psu	Med dæmning
<i>Projekt under forhold ved fjernelse af Virksunddæmningen, maksimal skyllehastighed</i>					
Scenarie 3	600	0	600	300 psu	Uden dæmning
Scenarie 4	600	9.400	10.000	Ind +18 psu	Uden dæmning

Tabel 4-1 Oversigt over de seks modelleringsscenarier for udledning af saltvand til Lovns Bredning.

Resultaterne er i det følgende præsenteret som:

- Oplandingsforhold i overfladevandet og i bundvandet (midlet over maj-okt. 2005)
- Ændringer i salinitet i overfladevandet og i bundvandet (midlet over maj-okt. 2005)
- Ændringer haloklinens (salthspringlaget) udbredelse og gennemsnitlige styrke (midlet over maj-okt. 2005)
- Tidsserier af den tidlige udvikling af haloklinen ved station Lovns 3
- Akkumulerede frekvenser af haloklin ved station Lovns 3

4.3.2 Opblandingsforhold

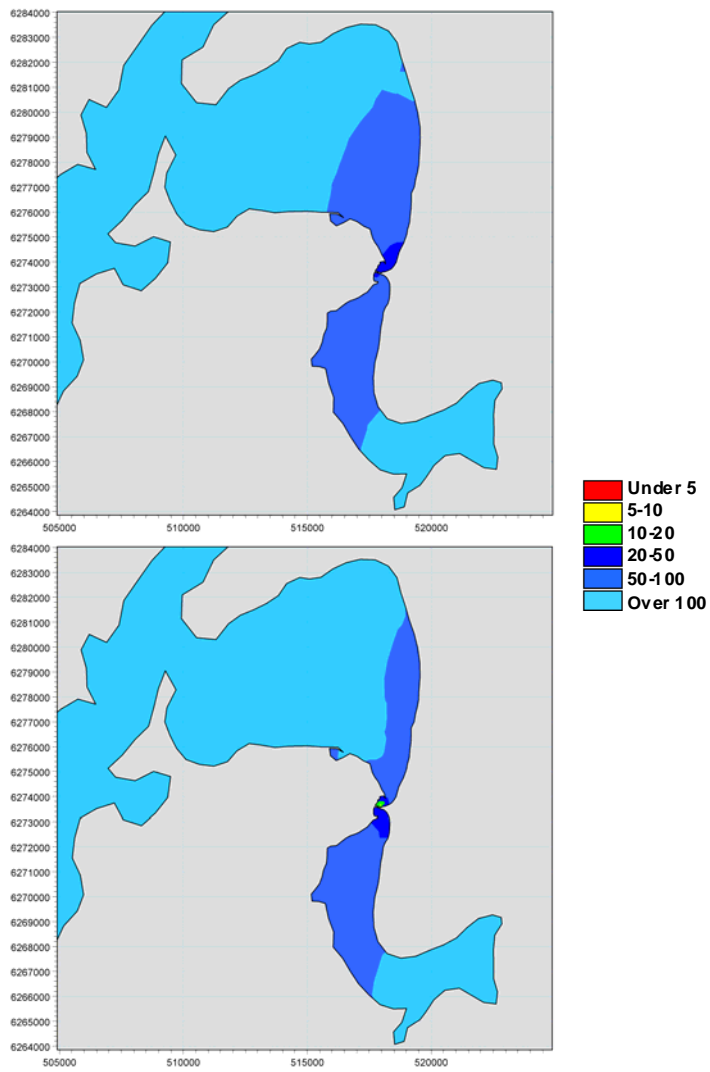
Ved udledning af saltvand til Lovns Bredning sker der en opblanding af det udledte saltvand med recipienten, dvs. vandet i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Opblandingen af udledt saltvand modelleres for at kunne undersøge hvorledes eksempelvis udledte sporstoffer og organiske stoffer (glycoler) opblandes med recipienten.

Opblandingsforholdene er beregnet ved hjælp af programmodulet Mike AD (advection dispersion) ved brug af data fra den opstillede hydrauliske model. Ved udledning af sporstof med koncentration "1", hvorledes dette sporstof opblandes i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord.

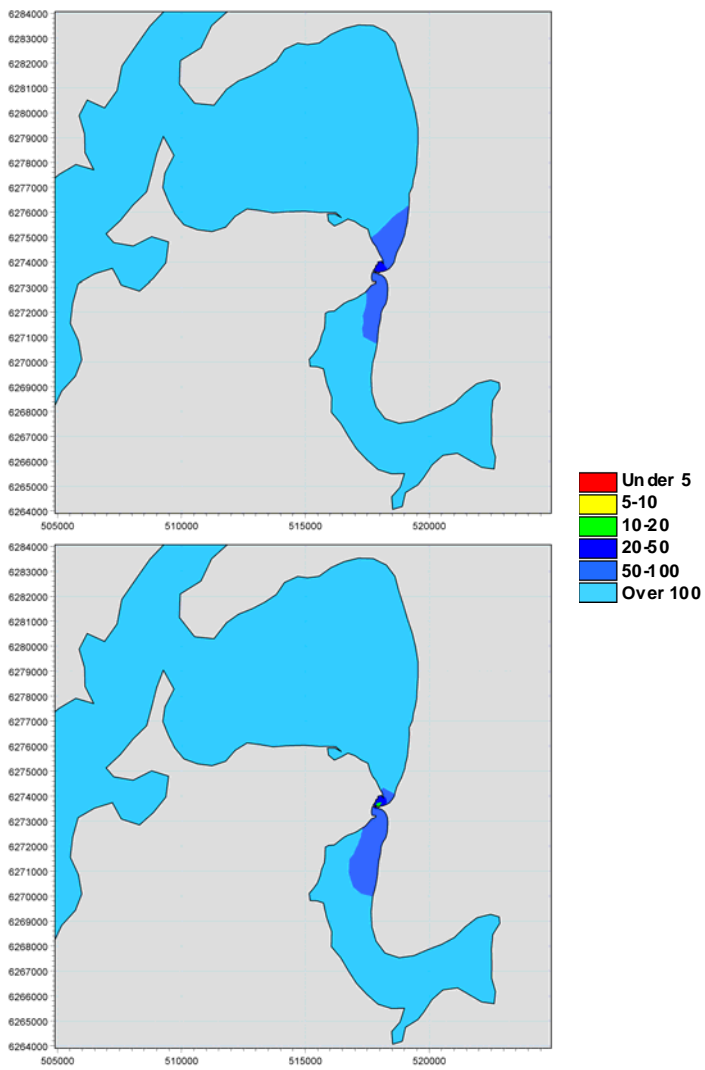
I det følgende præsenteres gennemsnitlige opblandingsforhold (antal gange sporstof er fortyndet i recipienten). Der er foretaget et estimat af arealer, hvor specifikke opblandingsgrader forekommer. Det estimerede areal er totalt, det vil sige, at der ikke er taget hensyn til hvorvidt opblandingsgraden forekommer i top- og/eller bundvand, men at arealet er baseret på den laveste opblandingsgrad i et givent punkt.

Gennemsnitlige opblandingsforhold

De gennemsnitlige opblandingsforhold er midlet for den undersøgte periode (maj - okt) i hhv. top- og bundvand. Figur 4-5 og Figur 4-4 viser den gennemsnitlige koncentration af modelleret sporstof for pilotprojektet (scenarie 1A og 2A). Det ses, at der i hele Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord sker en opblanding på over ti gange (blå og grønne nuancer). Der er ingen områder der er markeret med under 10 gange fortynding, desuden er der kun et meget lille område, hvor der er mellem 10-20 gange opblanding (grønt).



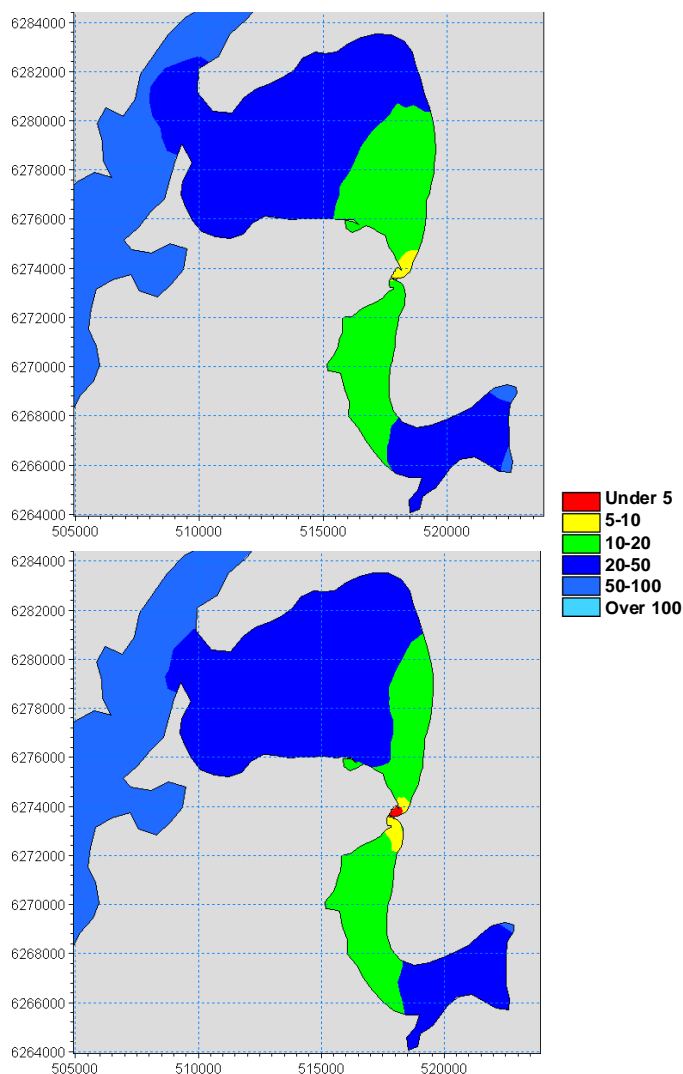
Figur 4-3 Opblandingsforhold af modelleret koncentration af sporstof i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord i scenarie 1A. Øverst ses overfladevandet, nederst ses bundvandet.



Figur 4-4 Opblandingsforhold af modelleret koncentration af sporstof i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord i scenarie 2A. Øverst ses overfladevandet, nederst ses bundvandet.

Figur 4-5 og Figur 4-6 viser den gennemsnitlige koncentration af modelleret sporstof for maksimal skyllehastighed, dvs scenarie 1 og 2.

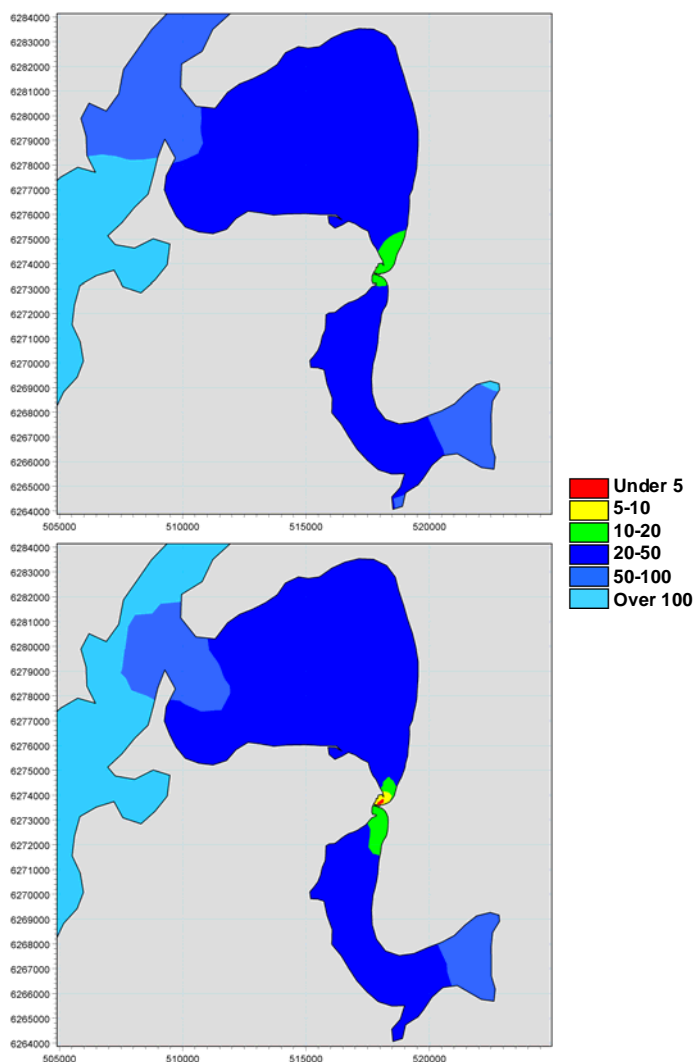
I scenarie 1 ses det, at der i størstedelen af Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord sker en opblanding på over ti gange (blå og grønne nuancer). I nærområdet omkring Virksund ses et område på ca. 2 km² (markeret med gul og rødt), hvor der på et eller flere tidspunkter sker en opblanding på 5-10 gange og der er et mindre område 0,15 km² for bundvandet hvor der er under 5 gange opblanding.



Figur 4-5 Opblandingsforhold af modelleret koncentration af sporstof i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord i scenarie 1. Øverst ses overfladevandet, nederst ses bundvandet.

Figur 4-6 viser den gennemsnitlige koncentration af modelleret sporstof for scenarie 2. Det ses, at der i størstedelen af Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord sker en opblanding på over ti gange (blå og grønne nuancer). I nærområdet omkring

Virksund ses et mindre område i bundvandet, (markeret med gul og rødt), hvor der på et eller flere tidspunkter sker en opblanding på under 10 gange.



Figur 4-6 Opblandingsforhold af modelleret koncentration af sporstof i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord i scenarie 2. Øverst ses overfladevandet, nederst ses bundvandet.

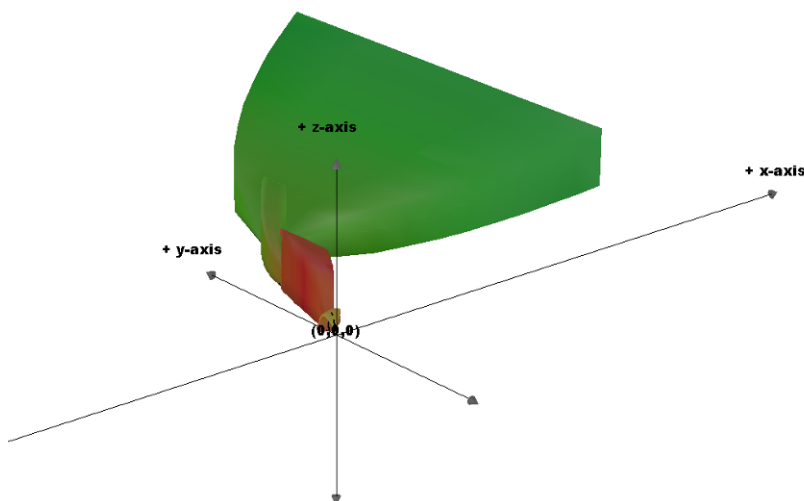
Udledning udfor Ulbjerg Klint i Lovns Bredning - scenarie 3

Der er gennemført Cormix beregninger til dokumentation af initialfortydingen ved udledning af mættet saltvand i scenarie 3. Denne beregning er en raffinering af de helt lokale forhold omkring initialfortydingzonen. Disse forhold er på grund af opløsningen i beregningsnettet ikke beskrevet i samme detaljering i Mike 3 beregningerne.

CORMIX modelværktøjet er egnet til beregning af opblanding i havet ved punktkildeudledninger. Det beregner med udgangspunkt i en udløbsfane

fortyndingsgraden og koncentrationen under antagelse af givne hydrauliske forhold i den omgivende recipient og udledningsgeometrien.

I scenarie 3 udledes mættet saltvand ved $600 \text{ m}^3/\text{t}$ ved et nyt udledningspunkt udfor Ulbjerg Klint i Lovns Bredning. Under antagelse af at udledningen foregår i strømretningen, gennem et rør med en diameter på $0,2 \text{ m}$ ved en vinkel på $0,45^\circ$ er der foretaget en CORMIX beregning af opblandingsforhold i initialfortyndingszonen; i to situationer: med og uden haloklin. Der er ikke væsentlig forskel på de to lagdelingssituationer, sandsynligvis på grund af tyngden af det mættede saltvand.



Figur 4-7. Eksempel på Cormix resultat. Det mættede saltvand udledes i punkt $(0,0,0)$ og løftes op i vandsøjlen af impulsen fra diffusoren under opblanding for derefter gradvist at falde mod bunden. Det mættede saltvand transporteres af strømmen under fortsat opblanding.

Af Figur 4-7 fremgår det, at initialfortyndingen i Lovns Bredning sker i to faser – en fase forårsaget af en puls, og en fase forårsaget af densitetsopblanding. Initialfortyndingen forårsaget af en puls strækker sig over ca. 75 m og medfører en 35 gange opblanding. Den densitetsskabte fortynding strækker sig yderligere ca. 60 m . Samlet set viser CORMIX beregningen, at der ved en afstand på 135 m er sket en 60 gange opblanding af det udledte mættede saltvand.

Diffusoren er i beregningen ikke optimeret, men alene tænkt som et eksempel på design, og udledningen kan evt. fordeles over flere udløbsporte hvilket vil forbedre opblandingen. Det vurderes derfor, at det ved optimering vil være muligt at fastlægge et design, der sikrer en bedre opblanding end det ovenfor skitserede.

4.3.3 Strømforhold

Vandet indvindes ca. 150 m øst for slusen, og udledes ca. 150 m nordøst for slusen. Overordnet set er udskyllingen neutral i forhold til vandbalancen (der indvindes samme mængde vand som der udledes). Indtag/udledning varierer afhængig af scenarie. I pilotprojektet vil vandmængden være $<1 \text{ m}^3/\text{s}$, mens der ved maksimalt vandindtag (scenarie 1 og 4) vil indtages en vandmængde svarende til $2,78 \text{ m}^3/\text{s}$. Denne vandmængde flyttes fra slusen, og det vurderes, at der ganske lokalt sker en øget vandstrømning gennem slusen. I forhold til de eksisterende strømforhold (afsnit

Error! Reference source not found.) vurderes det, at denne lokale indvirkning vil være af mindre. Det bemærkes at dette lokale område ikke er det samme som det "nærområde" der omtales i forbindelse med den hydrauliske modellering. Driften af anlægget har således kun en ganske lokal direkte indvirkning på strømforholdene.

Indtaget og udledningen af vand har dog en indirekte indvirkning, der er knyttet til driften af slusen. Dette skyldes, at slusen adskiller det relativt ferske vand i Hjarbæk Fjord og det mere salte vand i Lovns Bredning. Det tungere vand fra Lovns Bredning forsøger at trænge ind i Hjarbæk fjord, men står i balance med udstrømmende mere fersk vand hidrørende fra vandløbsafstrømning. Når udstrømningen gennem slusen reduceres og flyttes over gennem udskylningsanlægget, forrykkes denne balance og saltvand i Lovns Bredning får lettere ved at trænge ind i Hjarbæk Fjord. Denne forrykkelse af balance giver ikke anledning til væsentlige ændringer i strømforholdene udenfor nærområdet. Ændringerne manifesterer sig primært i salinitetsforholdene i Hjarbæk Fjord og overflade saliniteten i Lovns Bredning, således at saliniteten øges i Hjarbæk Fjord og i overfladevandet i Lovns Bredning.

I scenarie 3 betyder det lille volumen kombineret med et nyt udledningspunkt udfor Ulbjerg Klint at eventuelle ændringer i strømforhold vil være marginale.

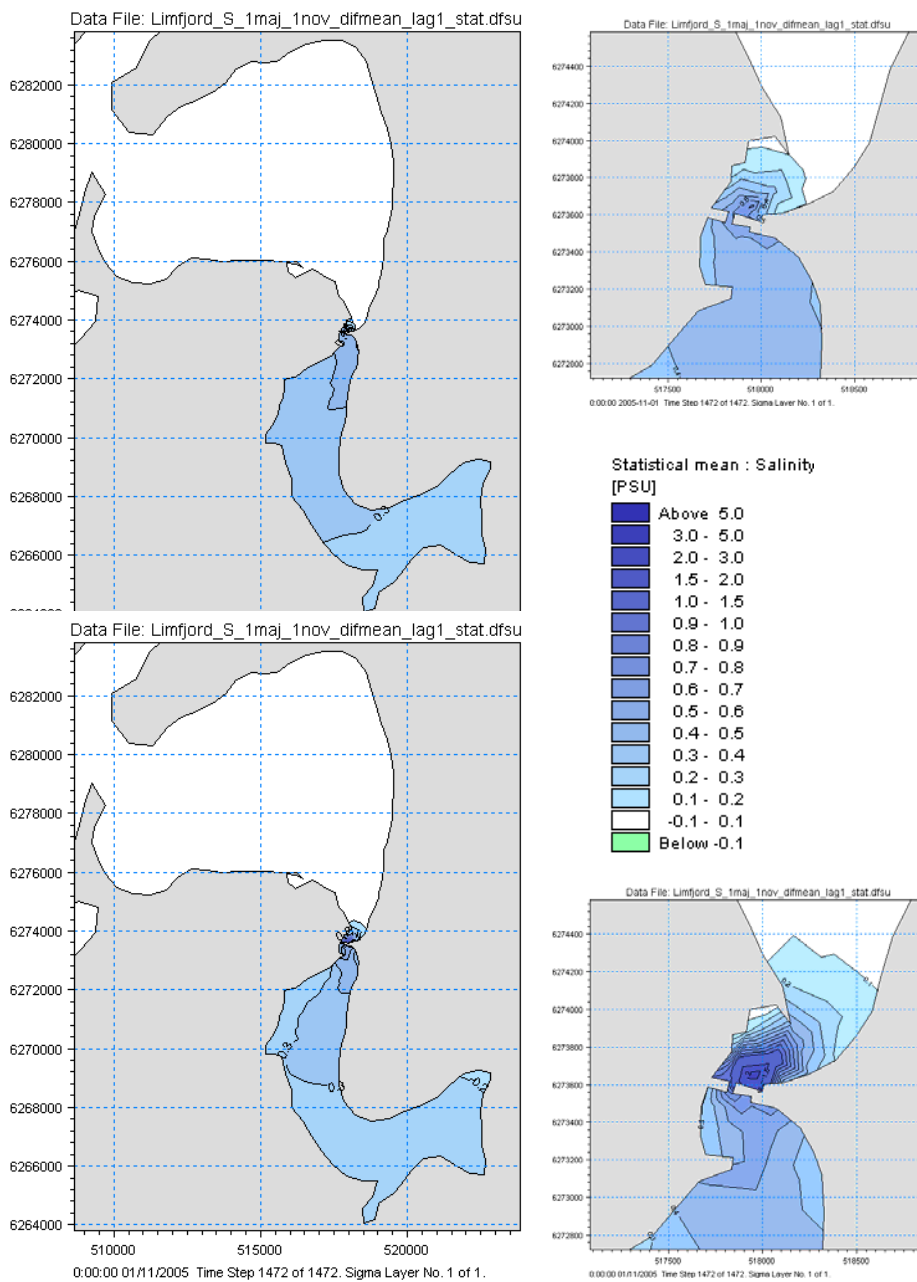
4.3.4 Salinitet

I dette afsnit præsenteres absolutte ændringer i saliniteten fra referencetilstanden og frem til udledning af saltvand (jf. de seks scenarier).

Pilotprojekt (scenarie 1A og 2A)

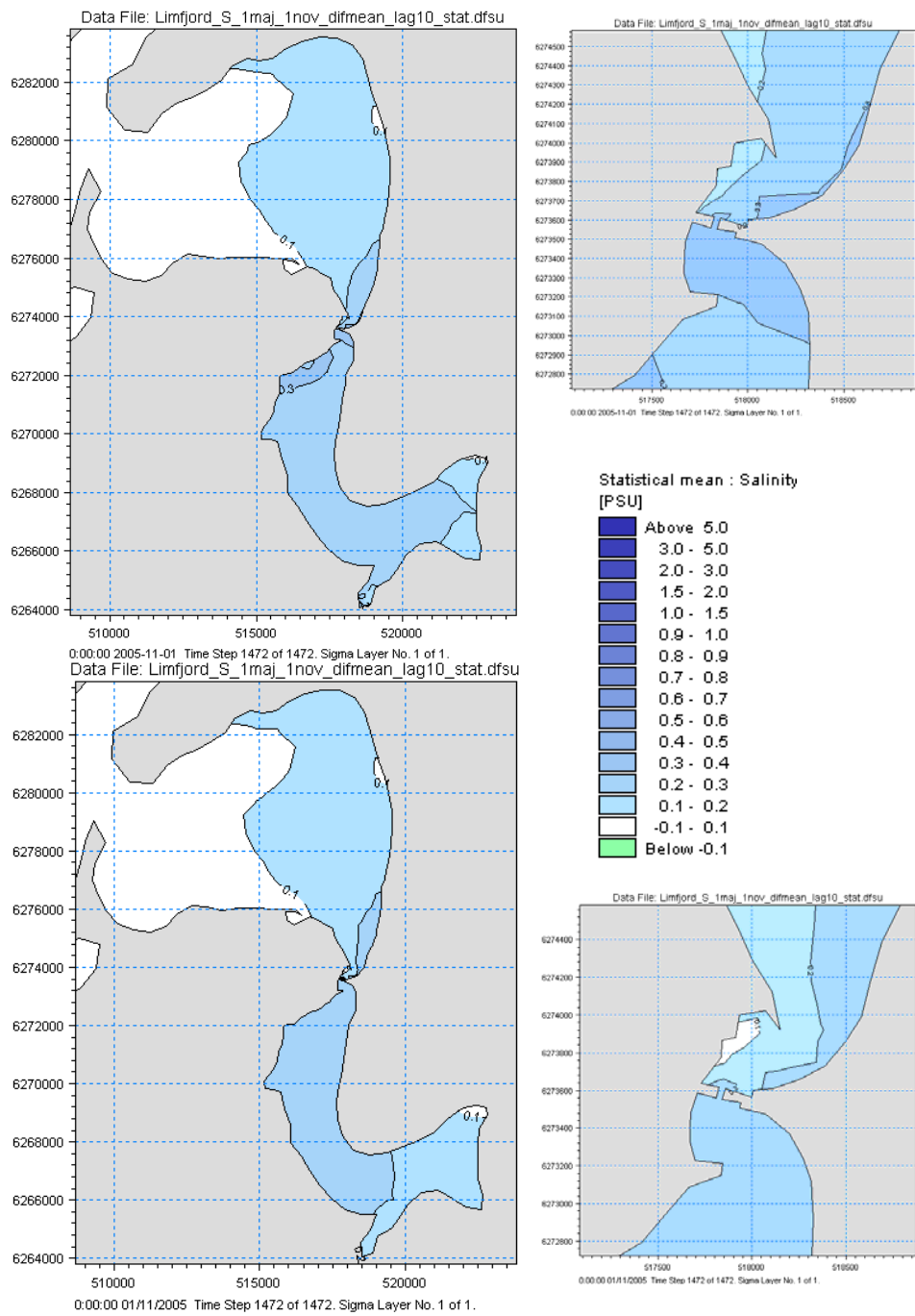
I Lovns Bredning ses en ændring i bundsaliniteten i et mindre område lige nord for Virksund – se Figur 4-8. Denne effekt er mest udtalt i scenarie 2A, hvor den maksimale ændring er 2 psu. I begge scenarier ses en ændring (<0.1 psu) i bundsalinitet i Lovns Bredning udenfor nærområdet.

I Hjarbæk Fjord ses en ændring i bundsaliniteten i hele fjorden. I nærområdet syd for Virksund ses en ændring på op til 1 psu (afhængig af scenarie), mens der i resten af Hjarbæk Fjord ses en mindre ændring på under 0,5 psu.



Figur 4-8 Ændringer i bundsalinitet ved scenarie 1A (øverst) og scenarie 2A (nederst); i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, samt nærområdet omkring Virksund. Resultaterne er midlet over perioden maj-okt 2005.

I Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord ses kun en mindre ændring i overfladesaliniteten (se Figur 4-9). Den største ændring på 0,3 psu (afhængig af scenarie) ses i nærområdet lige syd for Virksund.

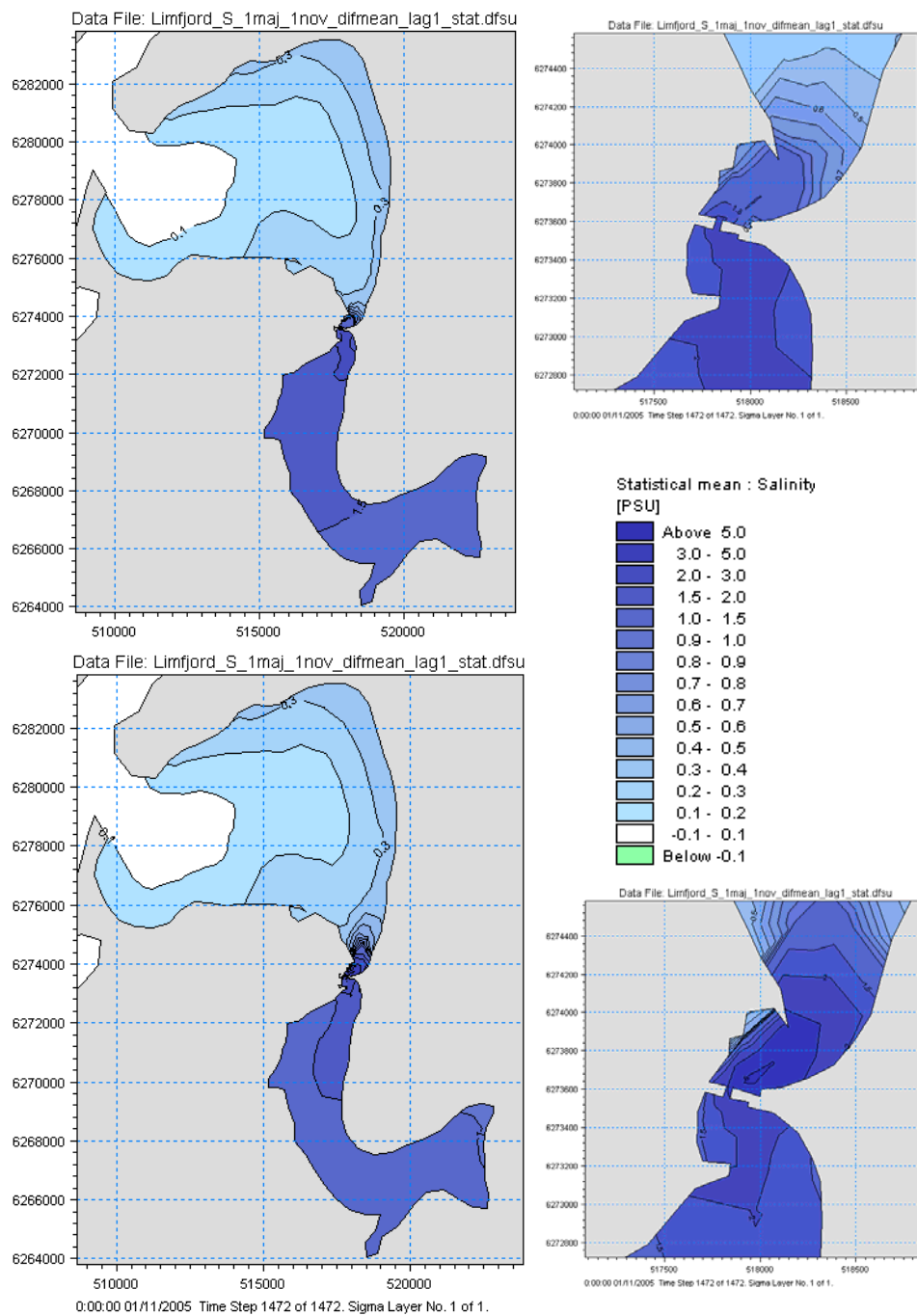


Figur 4-9 Ændringer i overfladesalinitet ved scenarie 1A (øverst) og scenarie 2A (nederst) i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, samt nærområdet omkring Virksund. Resultaterne er midlet over perioden maj-okt 2005.

Udskylning ved skyllehastighed på 600 m³/t (scenarie 1 og 2)

Bundsaliniteten i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord påvirkes i scenarie 1 og 2. I begge scenarier ses en mindre stigning på op til 0,5 psu i Lovns Bredning. I nærområdet lige nord for Virksund er stigningen i bundsalinitet dog større, op til 1,5 psu (scenarie 1) eller 5 psu (scenarie 2). Der udledes samme mængde salt både i scenarie 1 og scenarie 2. I scenarie 2 udledes saltvand med en højere salinitet, og dette medfører, at der ses en højere salinitet i nærområdet ved Virksund. Det udledte saltvand bliver fortyndet med recipienten, og saliniteten aftager med øget afstand fra udledningen.

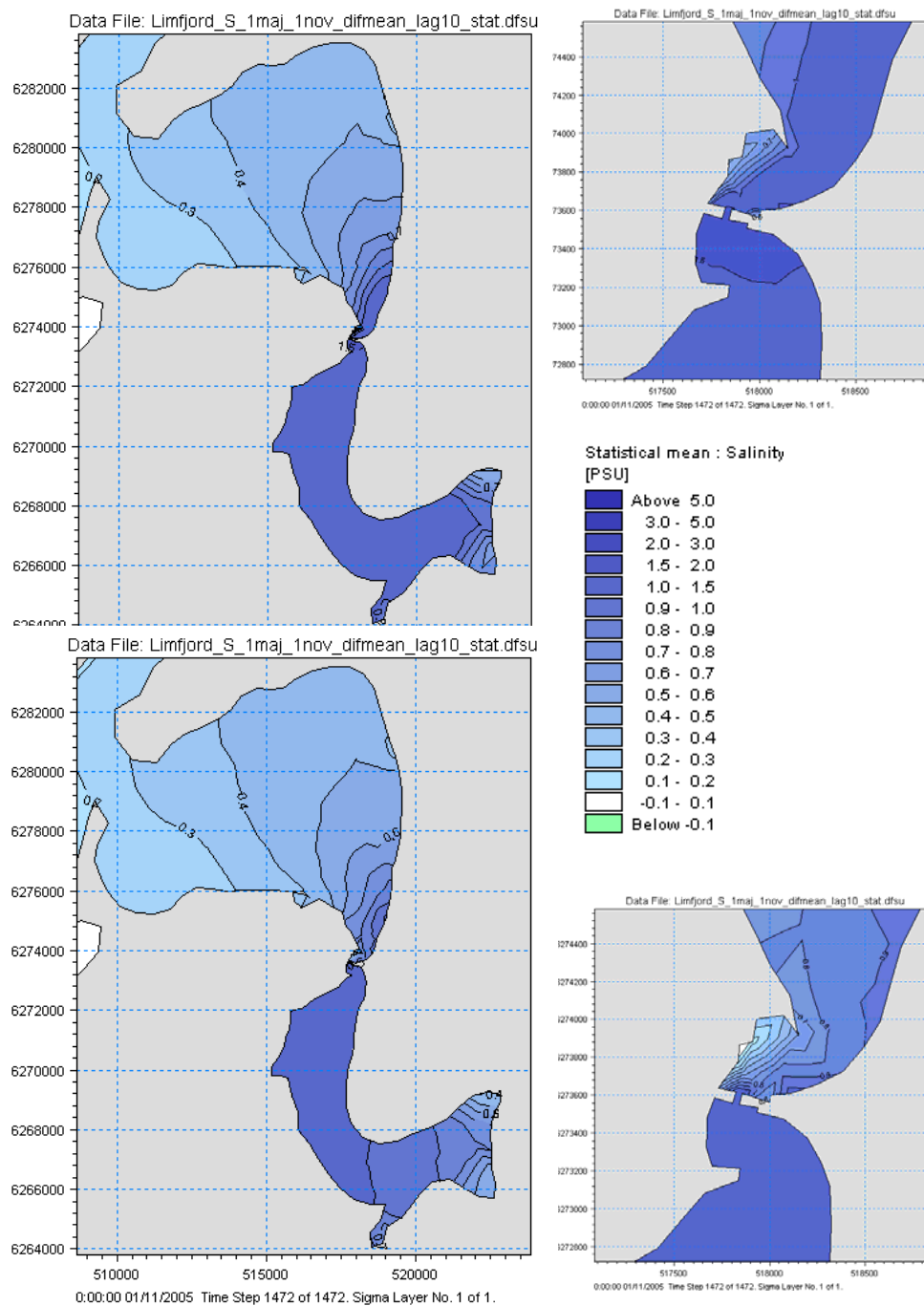
Syd for Virksund ses en forøgelse i bundsaliniteten på omkring 2 psu i begge scenarier. Resten af Hjarbæk Fjord påvirkes med en øget bundsalinitet på 1-1,5 psu. For områderne længere inden i Hjarbæk Fjord er påvirkningen af salinitetsniveauet i bundvandet mindre for scenarie 2 end for scenarie 1.



Figur 4-10 Ændringer i bundsalinitet ved Scenarie 1 (øverst) og scenarie 2 (nederst) i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, samt nærområdet omkring Virksund. Resultaterne er midlet over perioden maj-okt 2005.

Overfladesaliniteten i nærområdet omkring Virksund ændres i begge scenarier, med en forøgelse i overfladesaliniteten på op til 1 psu lige nord for Virksund. I resten af Lovns Bredning ses en mindre forøgelse i overfladesaliniteten på op til 0,5 psu. Ændringen i overfladesaliniteten falder mod nord, således at der ved Hvalpsund ses en forøget overfladesalinitet på omkring 0,2 psu i begge scenarier.

Syd for Virksund ses ligeledes en ændret salinitet, med en relativ forøgelse på 1 psu. I resten af Hjarbæk Fjord ses også en ændring med øget overfladesalinitet. Denne effekt aftager sydpå, hvor der i bunden af fjorden ses en forøgelse på 0,7 psu (scenarie 1) og 0,5 psu (scenarie 2). Den mindre effekt ved scenarie 2 vurderes at kunne tilskrives at der indtages en mindre vandmængde i Hjarbæk Fjord ved scenarie 2 end ved scenarie 1. Det vil sige, at den naturlige afstrømning gennem slusen ved Virksund ikke reduceres i samme grad ved scenarie 2.

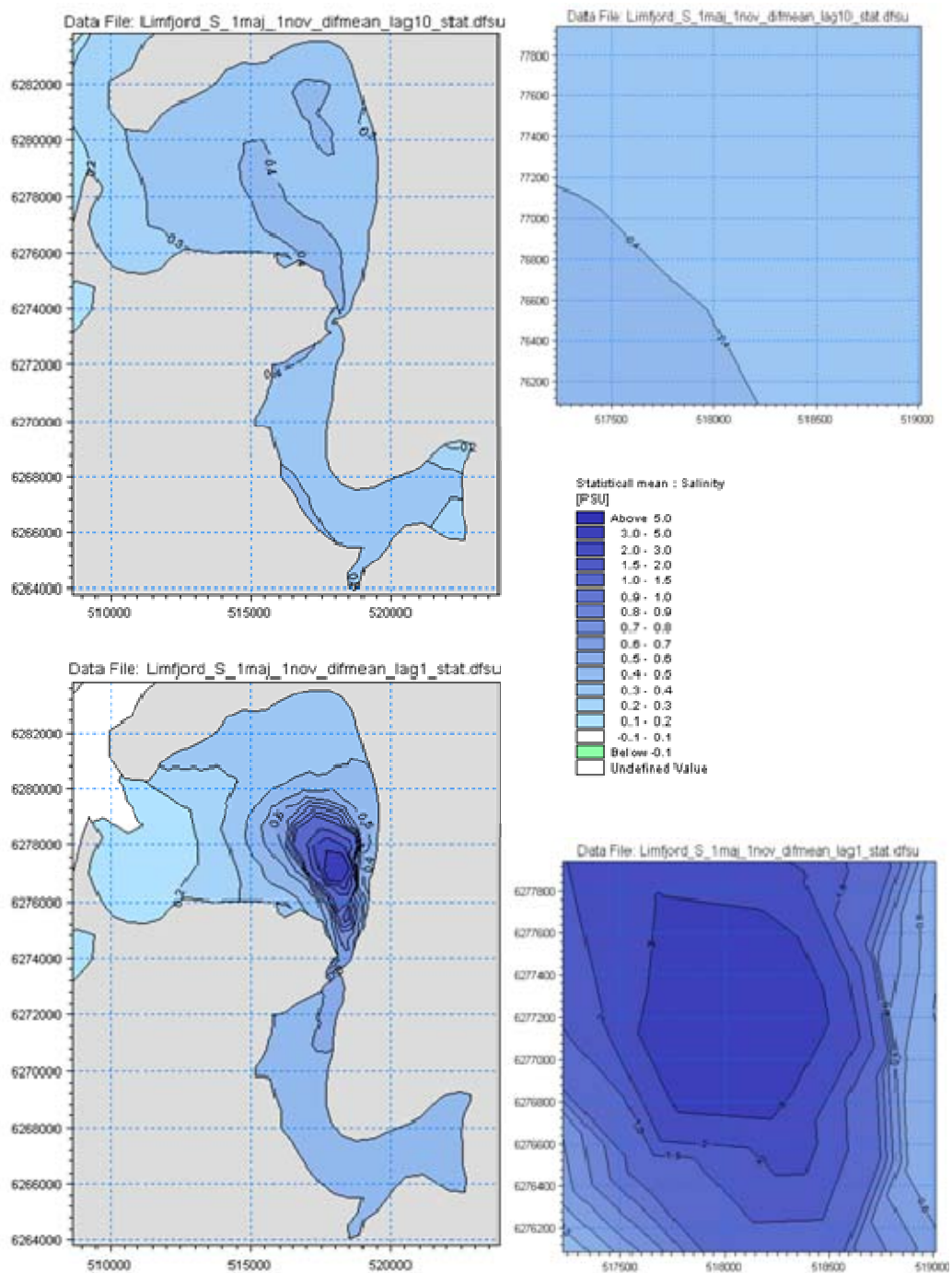


Figur 4-11 Ændringer i overfladesalinitet ved scenarie 1 (øverst) og scenarie 2 (nederst) i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, samt nærområdet omkring Virksund. Resultaterne er midlet over perioden maj-okt 2005.

Udskylning ved skyllehastighed på 600 m³/t i en situation hvor dæmningen er fjernet (scenarie 3 og 4).

Udledning fra scenarie 3 ændrer bundsaliniteten med 3-5 psu tæt på udledningspunktet ved Ulbjerg Klint. I selve udledningspunktet øges bundsaliniteten i gennemsnit 3 psu. At bundsaliniteten øges mere lige nordvest for udledningspunktet skyldes, at saltet bevæger sig ned på et dybere sted end i selve udledningspunktet. På Figur 4-12 ses, at påvirkningen af saliniteten ved bunden aftager meget hurtigt med afstanden fra udledningen, og i midten af Lovns Bredning er bundsaliniteten øget med en tiendedel (0,2-0,3 psu). I Hjarbæk Fjord øges bundsaliniteten med 0,3-0,5 psu (Figur 4-12, tv). Overfladesaliniteten øges med maksimalt 0,5 psu i hele Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, overvejende med øgninger mellem 0,3 og 0,4 (Figur 4-12, th).

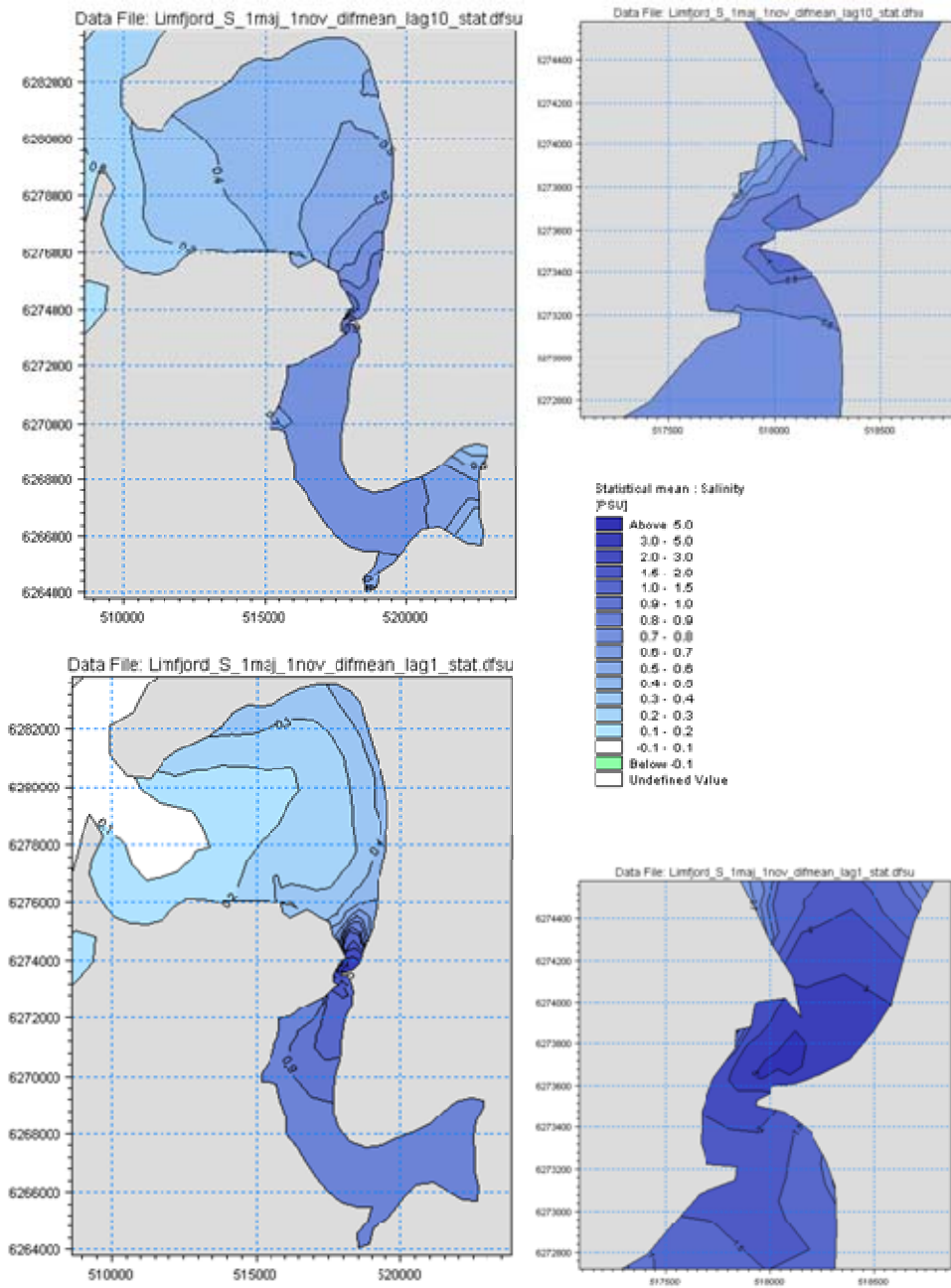
Som det ses i Figur 4-12 vurderes det, at der vil være en rimelig opblanding, og at salinitetsforskellen i forhold til reference situationen vil være under 5 psu ved en afstand på omkring 500 meter fra udledningen.



Figur 4-12 Ændringer i salinitet ved Scenarie 3 i henholdsvis overfladesalinitet (øverst) og bundsalinitet (nederst) i forhold til referencetilstanden i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord samt nærområdet omkring udledningspunktet. Resultaterne er midlet over perioden maj-okt. 2005.

Udledning ved Virksund på 10.000 m³/t (som i scenarie 1), men med en saltkoncentration på 18 psu mere end saltkoncentrationen i det indtagne vand benævnes scenarie 4. Resultaterne af denne modellering ses i Figur 4-13. Det ses, at bundsaliniteten i nærområdet er øget med over 5 psu helt tæt på udledningen. Påvirkningen af bundsaliniteten aftager dog kraftigt med afstanden fra udledningen, og ud for Klinthøj er bundsaliniteten øget med ca. 0,5 psu. Herefter reduceres påvirkningen af bundsaliniteten yderligere ud mod åbningen til Hvalpsund. Det skal dog bemærkes, at bundsaliniteten langs hele den østlige afgrænsning af Lovns Bredning er øget med op til 0,4 psu (Figur 4-13, nederst). Overfladesaliniteten i Lovns Bredning påvirkes mindre, idet øgningen er op til 1 psu. Til gengæld er mindstepåvirkningen over alt mere end 0,2 psu og mellem 0,3-0,6 psu i det meste af Lovns Bredning.

For Hjarbæk Fjord gælder, at bundsaliniteten øges med op til 1 psu i det meste af Hjarbæk Fjord på nær nærområdet, hvor bundsaliniteten øges op til 2 psu. Overfladesaliniteten øges med 0,7-0,8 psu i det meste af Hjarbæk Fjord på nær lige i hjørnet, hvor der tages vand ind til fortynding. Overfladesaliniteten er også øget ca. 1 psu ved indtaget. Dette skyldes, at en del af det vand, der strømmer til indtaget kommer fra dybere vandlag med højere salinitet.

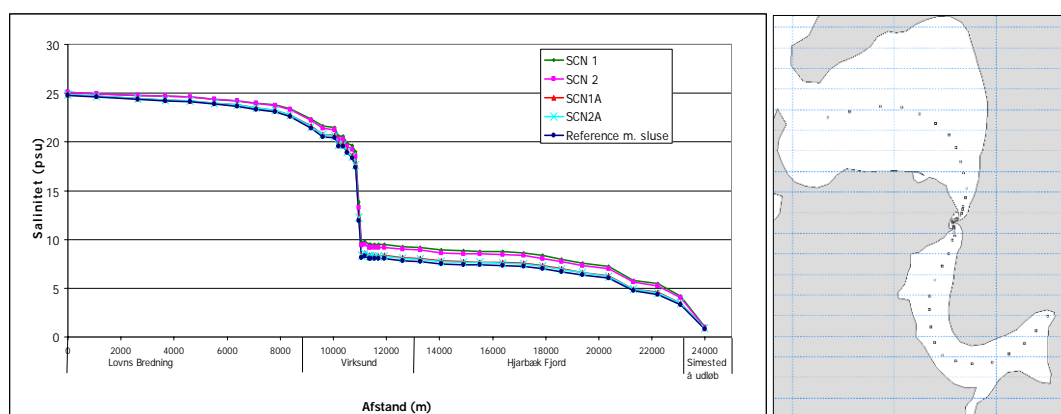


Figur 4-13 Ændringer i salinitet ved Scenarie 4 i henholdsvis overfladesalinitet (øverst) og bundsalinitet (nederst) i forhold til referencetilstanden i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, samt nærområdet omkring Virksund. Resultaterne er midlet over perioden maj-okt. 2005.

Som beskrevet indledningsvist er vandindtag og –udledning placeret med 100-200 m afstand, og der vil derfor, i en situation hvor dæmningen er fjernet, være risiko for "kortslutning" - dvs. at det udledte saltvand strømmer direkte til vandindtaget. Foruden ovenfor præsenterede resultater af salinitet (Figur 4-13) er der udtrykt en tidsserie for salinitet nær vandindtag ved 1m dybde og 5 m dybde. Tidsserien er præsenteret i {Ramboll, 2009 1227 /id}. Denne tidsserie viser en relativt lille forskel fra referencescenariet (<3 promille) og det vurderes således, at der ikke vil forekomme kortslutning i scenarie 4.

Saltgradient

Baseret på analyser af den hydrauliske model præsenteres overfladesaliniteten for et transekt fra Lovns Bredning til Simested ås udløb i Hjarbæk Fjord for at vurdere eventuelle ændringer i saltgradienten se Figur 4-14 (for detaljer vedr. transekt punkterne, se figuren til højre). Afstanden mellem punkterne ligger omkring dæmningen på ca. 100 m. Begrundet i den smalle vandpassage gennem dæmningen og de deraf følgende vandføringsforhold (se afsnit vedr. strømforhold) vurderes det, at denne afstand giver et realistisk billede af saltgradienten over dæmningen.



Figur 4-14 Saltgradient fra Lovns Bredning til Simested Ås udløb i Hjarbæk Fjord. Resultatet er midlet over perioden maj-okt; og vist i forhold til afstand. Til højre er lokaliteten af transekt punkterne vist.

Under pilotprojektet (scenarie 1A og 2A) ses ingen ændringer i saltgradient eller overfladesalinitet. Under maksimal skyllehastighed (scenarie 1 og 2 – scenarie 3 og 4 er ikke modelleret da referencesituationen er en anden) ses en generelt øget overfladesalinitet langs hele transektet. Selve saltgradienten er dog ikke ændret under maksimal skyllehastighed.

Saltgradienten ved bunden kan pga. modelopsætningen ikke vises på samme måde som overfladegradiënten idet bathymetrien influerer. Ud fra de præsenterede figurer for ændringer i salinitet (Figur 4-8, Figur 4-10) er det dog muligt at danne sig et indtryk af hvorledes denne gradient ændres. Den hydrauliske model viser, at udledningen ved bunden forårsager en øget salinitet i bundvandet i nærområdet omkring Virksund. I pilotprojektet (scenarie 1A og 2A) samt maksimal skyllehastighed ved udledning på 28 psu (scenarie 1) er ændringen mindre (<1.5 psu) og vurderes at være indenfor områdets naturlige variation. Under maksimal skyllehastighed ved udledning på 40 psu (scenarie 2) viser den hydrauliske model en større ændring i bundsalinitet på op til 5 psu, hvilket kan ændre størrelsen af saltgradienten.

I scenarie 3 og 4 vurderes det, at der i forbindelse med fjernelse af dæmningen vil forekomme en betydelig ændring i saltgradienten i referencescenariet (uden udledning). Ændringer i saltgradienten som følge af udledning af saltvand vurderes derfor ikke for scenarie 3 og 4.

4.3.5 Haloklin (saltspringlag)

Dette afsnit beskriver ændringer i forskellen mellem top- og bundsalinitet, hvilket også kan betragtes som et udtryk for udbredelse og styrke af haloklin. Ændringerne beskrives fra referencetilstanden frem til udledning af saltvand (for de fire scenarier). Ændringerne er præsenteret under følgende punkter:

- Udbredelse og styrke af haloklin
- Tidslig udvikling af haloklinen
- Fordelingen af haloklinens styrke

Udbredelse og styrke af haloklin

Ændringer i udbredelse og styrke af haloklin ses på Figur 4-15 og Figur 4-16. Disse er beregnet som ændringer i forskellen mellem top- og bundsalinitet, fra referencetilstanden og frem til en fremtidig udledning af saltvand.

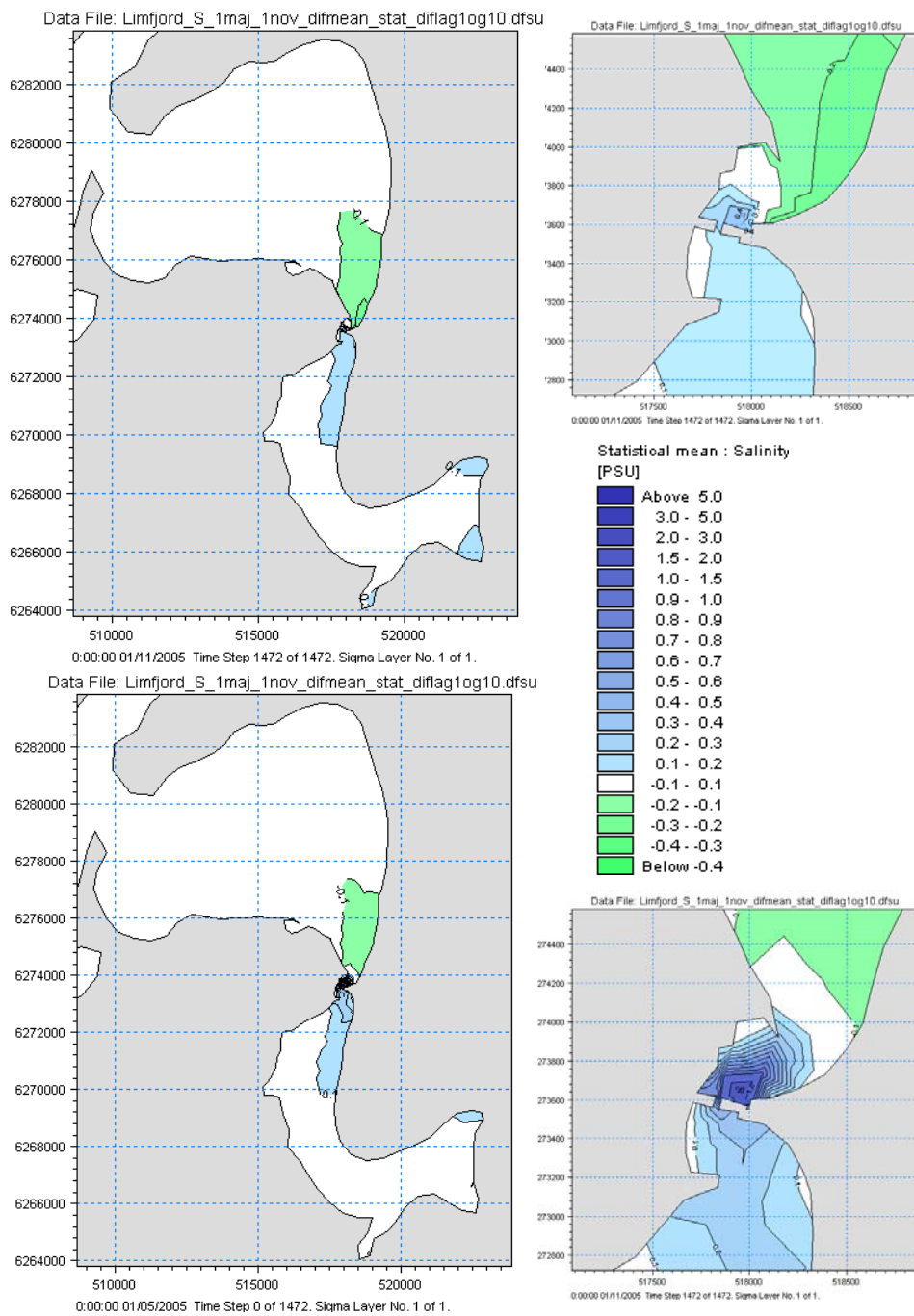
Pilotprojekt (scenerie 1A og 2A)

I pilotprojektet ses en ændring i haloklinen i et mindre område i den sydøstlige del af Lovns Bredning samt i den nordøstlige del af Hjarbæk Fjord.

I Lovns Bredning ses der i nærområdet lige nord for Virksund en forøgelse i haloklinen på op til 0,5 psu i scenarie 1A og maksimalt 2 psu i scenarie 2A. Nordøst for Virksund ses i begge scenarier en svækkelse i haloklinen på maksimalt 0,3 psu.

I Hjarbæk Fjord ses en forøgelse i haloklinen i den nordøstlige del af fjorden. Forøgelsen i haloklinen er kraftigst i scenarie 2A; op til 0,3 psu.

Forskellen mellem de to lag (overflade og bund) udlignes i begge scenarier mod nord ud i Lovns Bredning. I snittet "Knuden - Stor Klinthøj" er forskellen i salinitet i kraft af opblanding i vandmasserne næsten af samme størrelsesorden /43/.



Figur 4-15 Ændringer i haloklinen som følge af saltudledning - beskrevet som ændringer i salinitet mellem bund og top mellem reference og pilotprojekt scenarier. Scenarie 1A (øverst), scenarie 2A (nederst). Resultaterne er midlet over maj-okt 2005.

Udskylning ved skyllehastighed på 600 m³/t (scenarie 1 og 2)

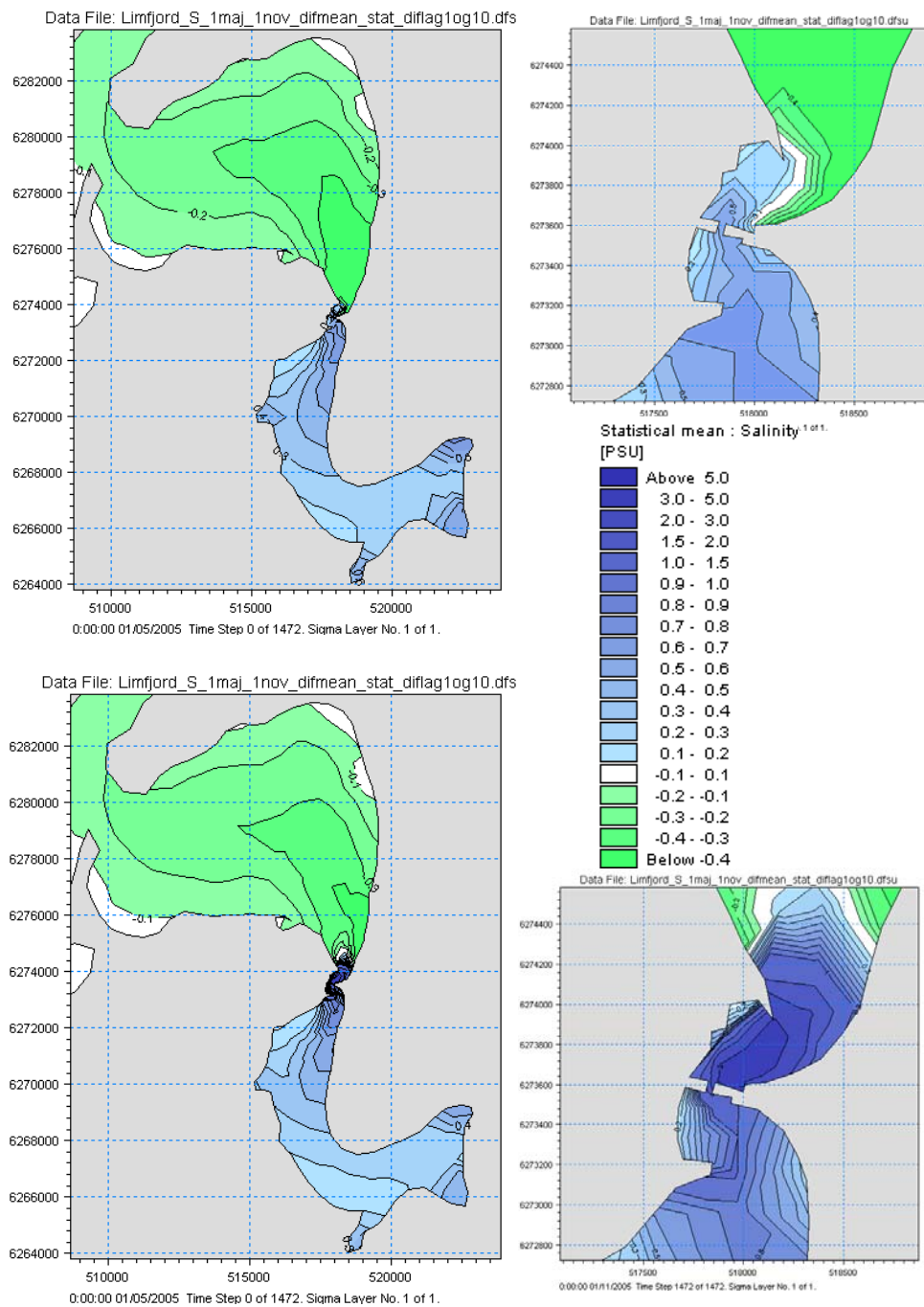
I scenarie 1 og 2 ses en ændring i haloklinen, i den sydøstlige del af Lovns Bredning samt i den nordøstlige del af Hjarbæk Fjord.

Haloklinen i Lovns Bredning påvirkes i den sydøstlige og østlige del. I den øvrige del af Lovns Bredning ses en marginal svækkelse af haloklinen i størrelsesordenen 0,1-0,3 psu, idet udledningen af saltvand påvirker salinitet mere i overfladelaget end i bundlaget.

Det ses, at haloklinen øges i den nordøstlige del af Hjarbæk Fjord i den del af fjorden, der er over 3 m dyb. Den eksisterende haloklin uddybes i dette område med 0,4-0,6 psu. Dette område er lidt mindre for scenarie 1 end for scenarie 2.

I nærområdet omkring Virksund ses en marginalt øget haloklin ved scenarie 1 på maksimalt 1 psu, især syd for slusen ved Virksund. Forskellen i salinitet mellem top og bund er øget med op til 5 psu lige nord for afvandingsslusen ved Virksund som følge af udledning ved scenarie 2.

Forskellen mellem de to lag (overflade og bund) udlignes i begge scenarier mod nord ud i Lovns Bredning. I snittet "Knuden - Stor Klinthøj" er forskellen i salinitet i kraft af opblanding i vandmasserne næsten af samme størrelsesorden /43/.

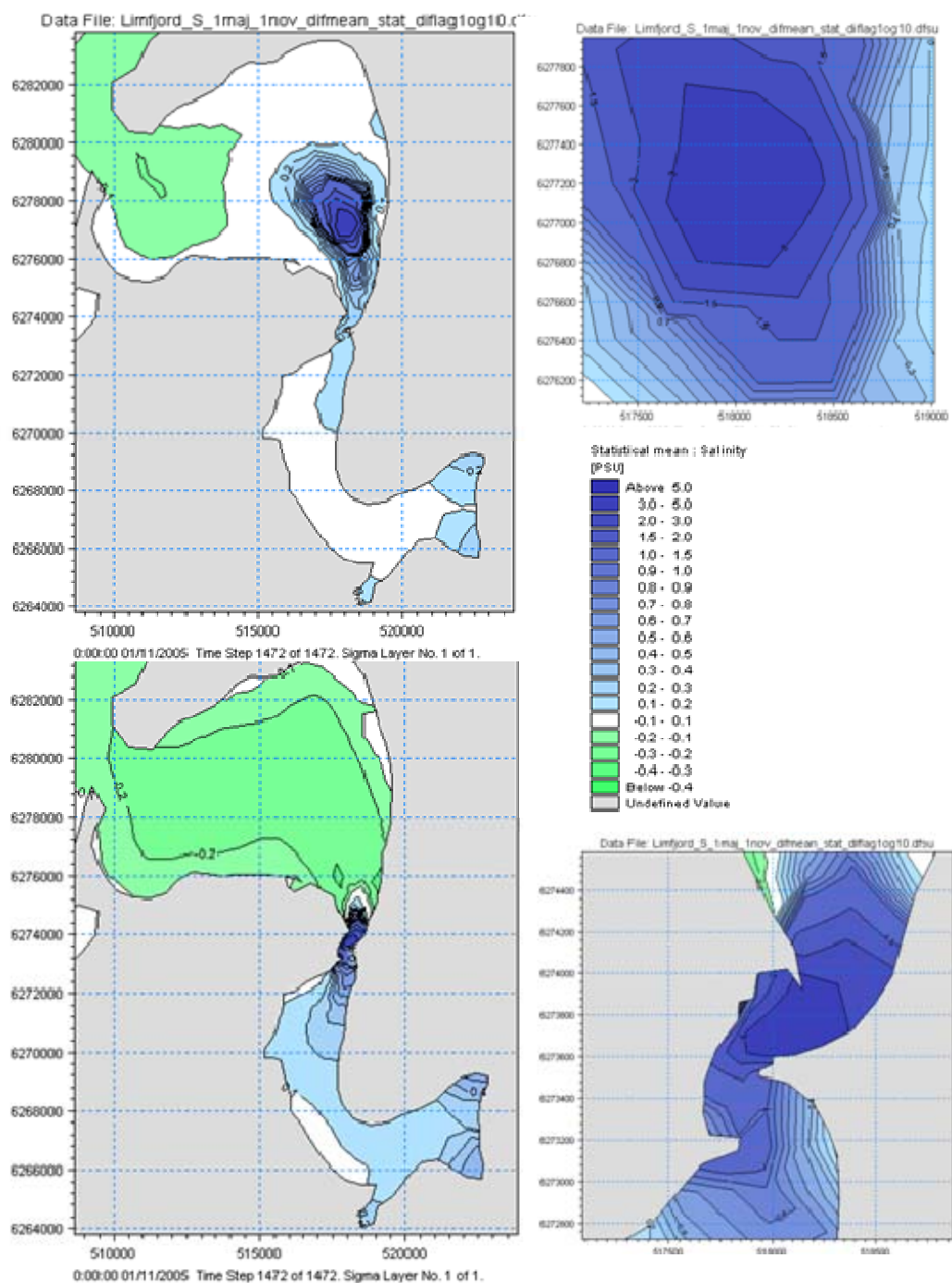


Figur 4-16. Ændringer i haloklinen som følge af saltudledning – beskrevet som ændringer i salinitet mellem bund og top mellem reference og scenarie: scenarie 1 (øverst) og scenarie 2 (nederst). midlet over maj-okt 2005.

Udskylning ved skyllehastighed på 600 m³/t i en situation hvor dæmningen er fjernet (scenarie 3 og 4).

I Figur 4-17 øverst ses ændringer i haloklin i en situation hvor dæmningen er fjernet og udledningen er flyttet til et punkt udfor Ulbjerg Klint (scenarie 3). Den hydrauliske model viser, at haloklinen øges i forhold til referencetilstanden med 4,5 psu ved udledningspunktet. Det ses desuden, at påvirkningen af haloklinen er stærkt aftagende med afstanden fra udledningen, og at haloklinen stort set ikke påvirkes i store dele af Lovns Bredning. I den vestlige del af Lovns Bredning sker der en marginal svækkelse af haloklinen. I Virksundsstrædet øges haloklinen med mellem 0,1 og 0,4 psu og påvirkes mindst, hvor haloklinen er kraftigst. Dette er samtidig længst væk fra udledningen. I størstedelen af Hjarbæk Fjord påvirkes haloklinen stort set ikke af udledningsscenario 3.

I Figur 4-17 nederst ses ændringer i haloklin i en situation hvor dæmningen er fjernet, og der udledes med en saltkoncentration på 18 psu højere end saltkoncentrationen i vandindtaget (scenarie 4). Den hydrauliske model viser at haloklinen, øges i forhold til referencetilstanden med knap 5 psu ved udledningen og mellem 3 og 5 psu i det nærmeste område; hvilket svarer til en fordobling af haloklinen helt tæt på udledningen. I hele Lovns Bredning på nær nærområdet sker en svækkelse af haloklinen på mellem 0,1 og 0,3 psu, mens der i store dele af Hjarbæk Fjord sker en forøgelse af haloklinen på mellem 0,1 og op til ca. en halv psu.



Figur 4-17 Relative ændringer i haloklinen som følge af saltudledning - beskrevet som ændringer i salinitet mellem bund og top mellem reference og scenarie. Scenarie 3 (øverst) og scenarie 4 (nederst). Midlet over maj-okt. 2005.

Opsummering

I nedenstående Tabel 4-2 er resultaterne af de overordnede påvirkninger af haloklinen i undersøgelsesområdet opsummeret. Tallene angiver de maksimale ændringer i lagdelingen styrke i de enkelte farvandsområder, udtrykt som forskellen mellem overfalde- og bundsalinitet:

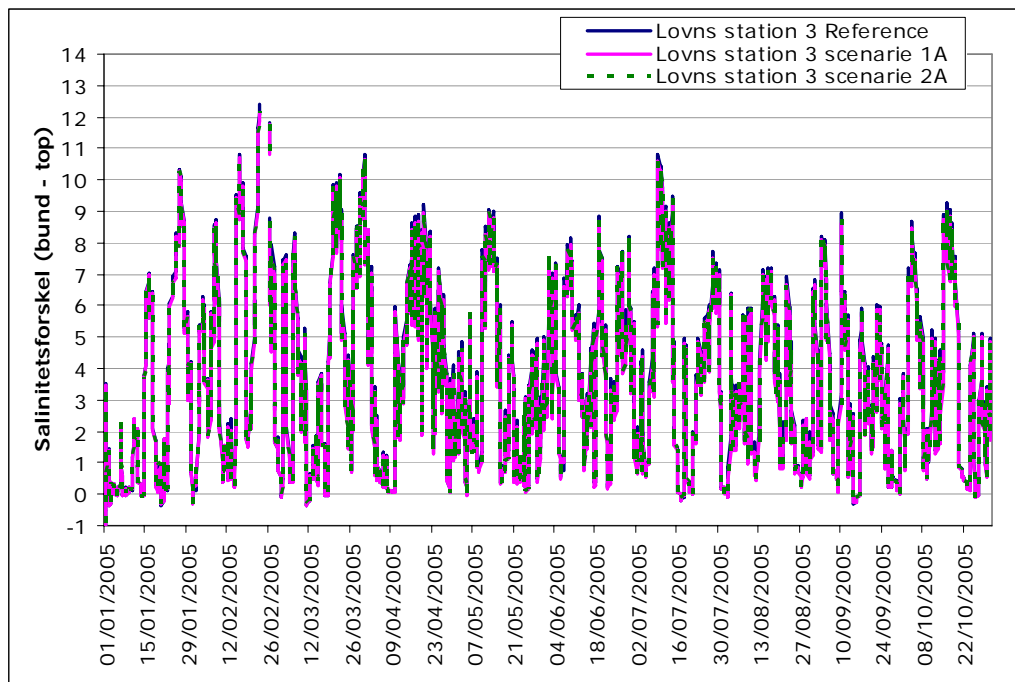
Påvirkning / ændring i styrke af haloklin	Virksund – nord for dæmning	Hjarbæk Fjord	Lovns Bredning
Scenarie 1	<0,6	<0,7	<0,5
Scenarie 2	<5	<1,0	<0,4
Scenarie 1A	<0,5	<0,1	<0,1
Scenarie 2A	<1,5	<0,3	<0,1
Scenarie 3	<0,4	<0,2	<5
Scenarie 4	<5	<0,5	<0,3

Tabel 4-2 Maksimale ændringer i lagdelingen styrke i de enkelte farvandsområder, udtrykt som forskellen mellem overfalde- og bundsalinitet

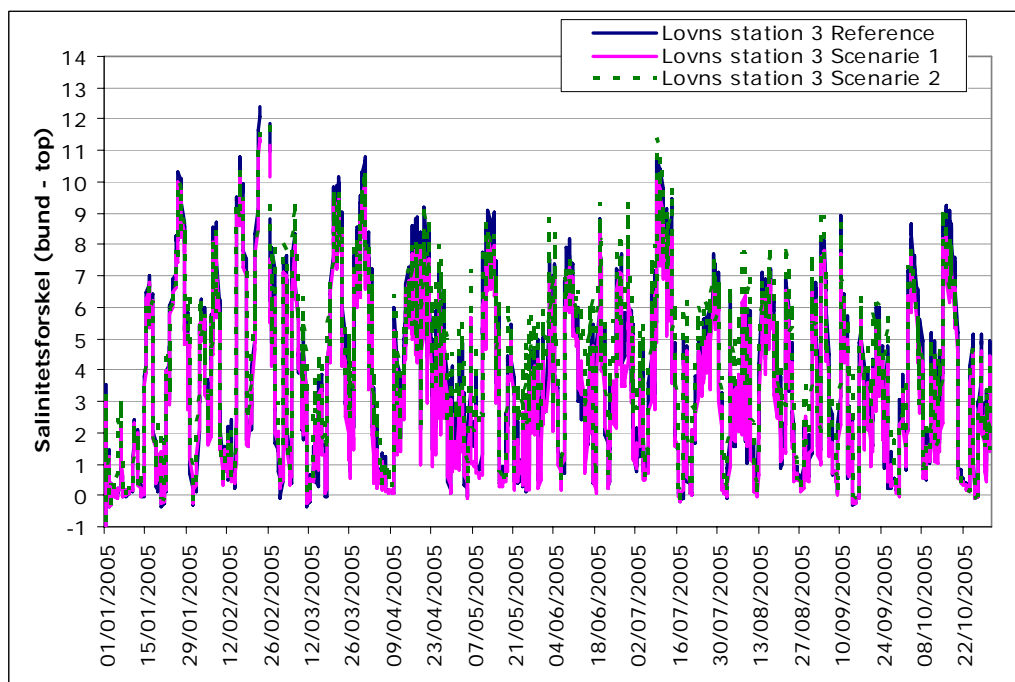
Tidslig udvikling af haloklinen

Længden af perioderne med haloklin er analyseret for tre stationer i Lovns Bredning samt en station i Hjarbæk Fjord. Station 3 i Lovns Bredning er den station der ligger tættest på udledningen, og en eventuel ændring i hyppigheden af lagdeling vurderes at være synlig på denne station. Figur 4-19 og Figur 4-18 viser længden af perioderne med haloklin på station 3 i Lovns Bredning for scenarie 1, 2, 1A og 2A. Det ses, at der ikke er forskel på varigheden af perioderne med kraftig haloklin i scenarie 1A, 2A og 1. I scenarie 2 ses en tendens til en øget periode med haloklin. For de andre undersøgte stationer ses ingen ændring af den tidslige udvikling af haloklin i nogle af de fire scenarier (data ikke vist, se /43/).

Det vurderes således, at der ikke sker nogen ændring i hyppigheden af lagdeling, eller betydende ændringer i den generelle styrke af haloklin tilfælde; i hverken pilotprojekt (scenarie 1A og 2A) eller under maksimal skyllehastighed (scenarie 1 og 2) /43/.



Figur 4-18 Haloklin udtrykt som forskellen mellem bundvandets og overfladevandets salinitet gennem perioden 1/1-1/11 2005 for station 3 i Lovns Bredning for henholdsvis scenarie 1A og 2A.

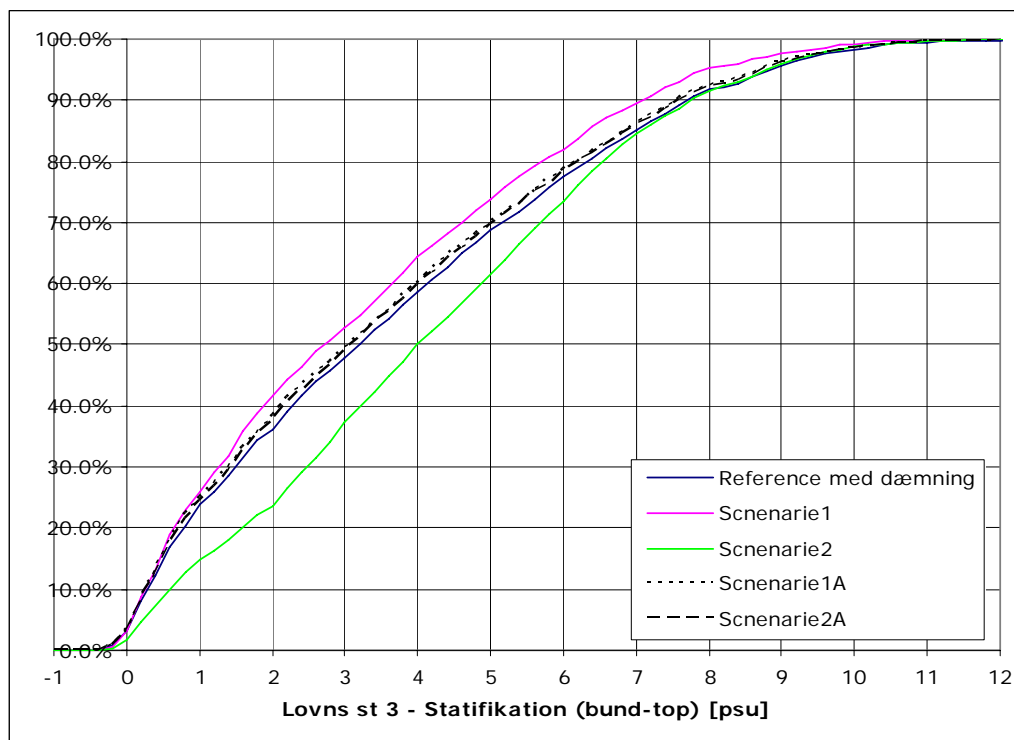


Figur 4-19 Haloklin udtrykt som forskellen mellem bundvandets og overfladevandets salinitet gennem perioden 1/1-1/11 2005 for station 3 i Lovns Bredning for henholdsvis scenarie 1 og 2.

Dog ses der ved stationen Lovns Bredning 2 en ændring i scenarie 3. Dette skyldes at udledningen udfør Ulbjerg Klint i scenarie 3 og station Lovns 2 er sammenfaldende. Da denne analyse fokuserer på generelle ændringer i hyppighed og ændring af haloklins styrke udelades denne station derfor.

Fordelingen af haloklinens styrke

På Figur 4-20 ses akkumulerede frekvenser af modelleret haloklin på station 3 i Lovns Bredning, udregnet på grundlag af modelresultater for referencetilstanden (med og uden dæmning) og udledningsscenarioer 1, 2, 1A og 2A.



Figur 4-20. Akkumulerede frekvenser af haloklin ved station Lovns 3.

I Lovns Bredning sker der en svækkelse af haloklinens styrke. Fordelingen af denne svækkelse er meget ens for scenarie 1, 1A og 2A (se Figur 4-20 station 3 i Lovns Bredning). Det ses også, at ændringerne i haloklinens styrke er mindre ved scenarie 1A og 2A, end de er ved scenarie 1 og 2, samt at disse ændringer er ubetydelige i forhold til referencetilstanden. Figuren viser at der ved station 3 er der en væsentlig forskel på scenarie 2 og pilotscenariet, 2A. Ved scenarie 2A er opblandingen af udledningssvandet opnået ved station 3, og der ses en næsten umærkelig svækkelse af haloklinen, mens scenarie 2 medfører en højere frekvens af kraftigere halokliner.

Det vurderes samlet, at styrken af haloklinen generelt øges i Hjarbæk Fjord mens styrken af haloklinen generelt mindskes i Lovns Bredning (data ikke vist, se /43/). Denne fordeling gælder både scenarie 1, 2 og 4, og vurderes også at være gældende for scenarier 1A og 2A /43/. I scenarie 3 vurderes det at styrken af haloklinen

generelt ikke påvirkes i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, udover i nærområdet omkring udledningen.

4.3.6 Ilt og Iltsvind

Den hydrauliske model som er anvendt i dette studie fokuserer på salinitet og strømforhold. Modellen beskriver ikke ændringer i iltkoncentrationer, og vurderingerne af eventuelt iltsvind i dette afsnit vil derfor være baseret på generelle sammenhænge mellem salinitet/haloklin og ilt dynamik i lavvandede fjordområder, som beskrevet i afsnit **Error! Reference source not found.** Det skal dog stadig understreges, at en halokling alene ikke resulterer i iltsvind. Eutrofiering og deraf følgende høj biomasse, samt et højt iltforbrug når dette nedbrydes er en yderligere forudsætning for at iltsvind kan opstå. Det er balancen mellem sol og vind gennem sommeren som er mest afgørende for om der opstår iltsvind i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord /35, 45/.

Pilotprojekt – scenarie 1A og 2A.

I pilotprojektet ses den højeste forøgelse af haloklin i nærområdet ved Virksund: 0,5 psu i scenarie 1A samt 2 psu i scenarie 2A. Udenfor nærområdet er de overordnede ændringer i styrke og udbredelse mindre, i scenarie 2A <0,5 psu. I scenarie 1A vurderes det samlet, at der ikke vil være en ændret risiko for udbredelse af iltsvind. I scenarie 2A vurderes det at der vil være en øget styrke af haloklin i et lille område i nærområdet omkring Virksund. Imidlertid er det udledte saltvand iltmættet, og idet området er så lille vurderes det, at der ikke er ændret risiko for iltsvind i nærområdet. Det vurderes samlet, at der i resten af Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord ikke vil forekomme ændringer i risikoen for forekomst og udbredelse af iltsvind.

Den hydrauliske model viser, at hyppigheden af situationer med haloklin ikke vil ændres (se afsnit **Error! Reference source not found.**) i pilotprojektet. Hyppigheden af betydende perioder med iltsvind vurderes derfor ikke at blive ændret i pilotprojektet.

Udskylning ved Virksund med skyllehastighed på 600 m³/t - scenarie 1, 2 og 4

Det vurderes samlet, at styrken af haloklinen generelt øges i Hjarbæk Fjord, mens styrken af haloklinen generelt mindskes i Lovns Bredning.

I Lovns Bredning ses generelt en overordnet svækkelse af styrken af haloklinen og dermed potentielt mindre iltsvind. Ændringen er dog så lille (<0,5 psu i både scenarie 1, 2 og 4) at det vurderes, at der ikke sker nogen ændring i risikoen for iltsvind i Lovns Bredning.

I Hjarbæk Fjord vil der blive genereret en indstrømning af vand fra Lovns Bredning med en højere salinitet. Denne vandmængde vil pga. sin højere densitet (forårsaget af den højere salinitet) end det mere ferske vand i Hjarbæk Fjord lægge sig i et lag ved bunden. Den hydrauliske model viser en forøgelse i styrken og udbredelsen af den eksisterende haloklin i Hjarbæk Fjord. Generelt for Hjarbæk Fjord er denne øgede haloklin så lille (<0,5 psu i scenarie 1, <1 psu scenarie 2) at det vurderes, at der ikke er øget risiko for øget iltsvind.

I nærområdet ved Virksund ses et område nær udledningen med øget haloklin. Under udledning ved 28 psu (scenarie 1) er ændringen i haloklin op til 1 psu. Under udledning ved 40 psu (scenarie 2) ses en forøgelse af haloklinen på op til 5 psu. Det bemærkes, at det udledte saltvand er iltet, hvilket vil modvirke udvikling af iltsvind. Samlet vurderes det for scenarie 2, at den øgede haloklin giver anledning til en øget risiko for iltsvind.

Hvad angår hyppigheden/frekvensen af situationer med haloklin, viser den hydrauliske model, at denne ikke vil stige for scenarie 1 og 4, hverken i nærområdet eller generelt i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Hyppigheden af betydende perioder med iltsvind vurderes derfor ikke at blive ændret som følge af udskylning ved skyllehastighed på 600 m³/t i scenarie 1 og 4. I scenarie 2, hvor der udledes med 40 psu, viser den hydrauliske model, at der muligvis sker en udbygning af haloklinen i form af en saltkile. Under de nuværende eutfierede forhold kan en sådan saltkile føre til øget forekomst af iltsvind i nærområdet. Det bemærkes, at det udledte saltvand er iltet, hvilket vil modvirke udvikling af iltsvind. Det vurderes derfor, at iltsvind kan forekomme med øget hyppighed i nærområdet under maksimal skyllehastighed ved scenarie 2.

Udskylning udfør Ulbjerg Klint med skyllehastighed på 600 m³/t – scenarie 3

I Lovns Bredning ses der i området omkring udledningen (udfør Ulbjerg Klint) et område med øget haloklin. Endvidere viser cormix beregninger, at der i scenarie 3 udvikles en saltkile /46/. Under de nuværende eutfierede forhold kan en sådan saltkile føre til øget forekomst af iltsvind i nærområdet. Det bemærkes, at det udledte saltvand er iltet, hvilket vil modvirke udvikling af iltsvind. Samlet vurderes det, at der er en øget risiko for iltsvind i Lovns Bredning i et område omkring udledningen (ca. 2 km²).

Med stigende afstand fra udledningen falder ændringen i haloklin. Det vurderes, at de generelle ændringer i haloklin i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er så små, at der ikke er en ændret risiko for iltsvind udenfor nærområdet .

Hvad angår hyppigheden/frekvensen af situationer med haloklin, viser den hydrauliske model at denne ikke vil stige for scenarie 3, hverken i nærområdet eller generelt i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Hyppigheden af betydende perioder med iltsvind vurderes derfor ikke at blive ændret som følge af udskylning ved skyllehastighed på 600 m³/t udfør Ulbjerg Klint, scenarie 3.

4.3.7 Næringsstoffer

De væsentligste næringsalte er kvælstof (N) og fosfor (P). Som beskrevet i afsnit 4.1 er fosfor (P) og nitrat (NO₃) ikke fundet i koncentrationer over den analytiske detektionsgrænse. Det bemærkes, at detektionsgrænsen for fosfor er i analysen ved Teknologisk Institut forholdsvis høj (0,6 mg/l). Der er derfor foretaget yderligere analyser ved brug af metoden ICP ved ALS som beskriver den totale mængde af fosfor-P, uanset hvilken form fosfor er på (fx salte, PO₄). Denne analyse viser en middelkoncentration på 0,1 mg/l. Det vurderes således, at det udledte saltvand til recipienten ikke vil indeholde væsentlige koncentrationer af næringsstoffet fosfat (PO₄).

Ammonium (NH_4) er blevet detekteret i to ud af seks analyser af salthorsten. Som standard sættes de prøver, der er under detektionsgrænsen, til halvdelen af denne, når en middelværdi beregnes. Den pågældende analyse har en detektionsgrænse på 0,45 mg/l, hvilket i gennemsnitberegningen sættes til 0,275 mg/l.

Gennemsnitkoncentrationen af ammonium under udskylning af en ny kaverne er således 0,4 mg/l. Det udledte saltvand til recipienten efter minimum 9,6 gange fortynding i fortyndingskaret vil gennemsnitligt indeholde op til 0,04 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ hvilket er under baggrundsværdierne.

4.3.8 Temperatur

Ved udskylning af nye kaverne vurderes det, at der ikke vil ske en ændring af temperaturen i skyllevandet, idet der foregår varmeudveksling mellem det udledte og indtagne vand i de stålør som leder vandet i og ud af kaverne.

Ved genudskylning af eksisterende kaverne vil der ske en temperaturstigning i vandet på grund af højere temperatur i kaverne. Vandets temperatur vil være omkring 25 °C, når det forlader brønden ved kaverne. Temperaturforskellen vil imidlertid reduceres ved transporten fra kaverne til udledningssted. Temperaturen vil yderligere reduceres i scenarie 1A, 2A, 1, 2 og 4, når vandet blandes med fersk vand fra Hjarbæk Fjord i fortyndingskarret, inden udledning til Lovns Bredning.

Temperaturforskellen ved udledning i forhold til vandet på udledningsstedet i Lovns Bredning anslås at være i størrelsesorden 1°C.

Det vurderes således, at der ikke vil forekomme betydende ændringer af temperaturen i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord forårsaget af udledning af saltvand i forbindelse med lagerudvidelsen ved LI. Torup i scenarie 1A, 2A, 1, 2 og 4. I scenarie 3 vil der dog, under genudskylning af eksisterende kaverne blive udledt vand med en temperatur på op til 25 grader.

4.3.9 Skumdannelser

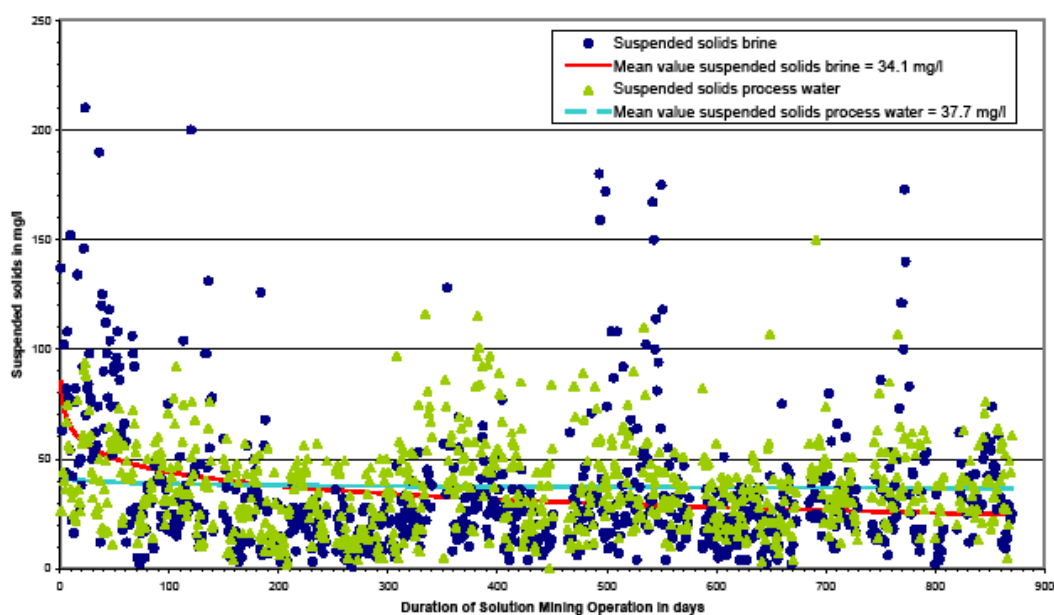
I det saltvand, der udledes til Lovns Bredning, vurderes det, at der vil forekomme døde organismer (se afsnit 4.1). Der kan i særlige tilfælde med høj koncentration af døde planteplankton organismer forekomme skumdannelser i forbindelse med udledning af saltvand, forårsaget af proteiner frigivet fra de beskadigede/døde planteplankton organismer. Skumdannelser er tidligere vurderet ikke at være et væsentligt miljøproblem, men det kan være et æstetisk problem /47/. Under etableringen af naturgaslageret ved LI. Torup blev skumdannelser elimineret ved at hæve saliniteten på det fortyndede udledte saltvand.

4.3.10 Suspenderet stof

Skylle- og fortyndingsvandet, som indtages fra Hjarbæk Fjord, indeholder suspenderet stof. Baggrundsværdierne for suspenderet stof i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord varierer over året, med de laveste koncentrationer (omkring 2 mg/l) om vinteren og de højeste (op til 29 mg/l) i sensommeren. Mængden af organisk materiale (udtrykt som glødetab) er ikke bestemt i Hjarbæk Fjord. I Lovns Bredning varierer andelen af organisk materiale fra 16-63 % af det totale suspenderede stof, uden nogen tydelig årsvariation.

Under udskylning af kaverne i LI. Torup sker der en ændring i mængden af suspenderet stof. Til denne rapport er der indhentet erfaringer og information fra KBB UT – "Kavernen Bau- und Betriebsgesellschaft"; en virksomhed som udfører kaverneudskylninger i Tyskland. Erfaringer fra KBB viser, at salthorsten indeholder 2 - 5 vol % suspenderet stof. Analyser af salthorsten ved LI. Torup har vist, at den indeholder ca. 0,5 – 3,5 % suspenderet stof, med en middelværdi på 1,4 % /48/, og det vurderes, at de to salthorste er sammenlignelige. For at give en ide om dynamikken af suspenderet stof i brine ved LI. Torup gaslager sammenlignes her med en kaverne fra Tyskland, som blev udskyllet i 1999-2002. Kavernen har et volumen på 500.000 m³ og blev udskyllet med et flow på 300 m³/t. Det vurderes, at der kan være fluktuationer i mængden af suspenderet stof mellem forskellige kaverneudskylninger og salhorste. Det vurderes dog, at generelle trends fra kavernen kan bruges som en indikation af, hvilken dynamik og koncentration af suspenderet stof, der kan forekomme i det saltvand, der udledes i forbindelse med udskylning af nye kaverne ved LI. Torup.

Figur 4-21 illustrerer mængden af suspenderet i stof i hhv skyllevand (process water; blå trendlinie) og udledt mættet saltvand (brine, rød trendlinie).



Figur 4-21 Koncentration af suspenderet stof i udledt brine fra kaverne K5; KBB UT, Tyskland. Mængden af suspenderet i stof i hhv skyllevand (process water; blå trendlinie) og udledt brine (rød trendlinie)

I starten af udskylningen er kavernens volumen lille. Vandets opholdstid i kavernen er dermed kort, og der er ikke stort potentiale for bundfældning. I starten af udskylningen indeholder det udledte mættede saltvand således mere suspenderet stof end skyllevandet. Afhængig af tidspunkt tilføres omkring 35 mg/l suspenderet stof til det udledte mættede saltvand. I LI. Torup transporteres dette mættede saltvand til fortyndingskarret og fortyndes inden udledning. Efterhånden som udskylningen af kavernen fortsætter, og kavernens volumen øges, øges vandets

opholdstid i kavernen. Dermed øges potentialet for bundfældning af suspenderet stof også. Efter 200 dage er mængden af nyt suspenderet stof som er opløst fra salthorsten identisk med mængden af stof som bundfældes, og koncentrationen af suspenderet stof i det udledte mættede saltvand er den samme som i skyllevandet. Efter dag 200 fortsætter udvidelsen af kavernen, og dermed bundfældningen af suspenderet stof. I den resterende udskylningstid findes derfor lavere koncentrationer af suspenderet stof i det udledte mættede saltvand end i skyllevandet – og kavernen fungerer dermed som et bundfældningskar.

Det skyllevand, som blev brugt til at udskylle kavernen i Tyskland, havde et indhold af suspenderet stof på gennemsnitlig 37,7 mg/l, med en del variation. Middelkoncentrationen er højere end baggrundsværdierne i Hjarbæk Fjord, og det vurderes derfor, at perioden hvor der tilføres suspenderet stof til recipienten vil være kortere. Desuden vurderes det, at forskelle på koncentrationen af suspenderet stof i skyllevand og brine vil være af en anden størrelsesorden end illustreret i Figur 4-21. Det fremgår af figuren, at der under udskylning af en kaverne kan forekomme fluktuationer i mængden af suspenderet stof i det mættede saltvand. Såfremt disse variationer er repræsentative for variationen i LI. Torup vurderes det, at der kan forekomme kortvarige koncentrationer af suspenderet stof i det mættede saltvand på mellem 0 og 200 mg/l. En koncentration af suspenderet stof i det mættede saltvand på 0 mg/l svarer til en koncentration i det udledte saltvand på 1,8 – 27 mg/l, mens en koncentration i det mættede saltvand på 200 mg/l svarer til en koncentration i det udledte saltvand på 13 – 46 mg/l. Imidlertid ses også store fluktuationer i koncentrationen af suspenderet stof i skyllevandet, fra 0 – 150 mg/l. Fluktuationer i denne størrelsesorden er ikke observeret i Hjarbæk Fjord, og det vurderes at størrelsen af variationen i mængden af suspenderet stof ikke kan overføres direkte til LI. Torup.

Udover den bundfældning der foregår i selve kavernen vurderes det, at en del af det suspenderede stof vil bundfælde i afgasningskarrene ved LI. Torup. Her vil det mættede saltvand have en opholdstid /42/, hvilket kan give anledning til bundfældning. Da det ikke er muligt at kvantificere den mængde suspenderet stof, som bundfælder i afgasningskarrene medtages bundfældning i afgasningskarret dog ikke i den videre vurdering.

Udskylning af nye kaverner vurderes at foregå som beskrevet for kavernen; dvs. en periode med tilførsel af suspenderet stof fulgt af en periode hvor koncentrationen af suspenderet stof er mindre i den udledte brine end i skyllevandet. Den beskrevne situation, hvor suspenderet stof fanges i kavernen, vurderes at være gældende under genudskylning af de eksisterende kaverner i LI. Torup. Under genudskylning af de eksisterende kaverner vurderes det således, at der vil ske en reduktion af mængden af suspenderet stof. Denne reduktion vurderes at være mindre under maksimal skyllehastighed (scenarie 1, 2 og 4). Under pilotprojektet (scenarie 1A og 2A), hvor én kaverne (TO-8) genudskylles med minimal skyllehastighed (120 m³/t) er opholdstiden i kavernen længere, og det vurderes, at der vil ske en større reduktion af mængden af suspenderet stof. Det vurderes derfor, at koncentrationen af suspenderet stof i mættet saltvand vil være lavere end i skyllevandet under hele pilotprojektet; samt under genudskylning af eksisterende kaverner.

Under udskylning af nye kaverne vurderes det, at der i starten af udskylningen kan forekomme forøgede koncentrationer af suspenderet stof. På Figur 4-21 ses det, at trendlinien for indhold af suspenderet stof maksimalt ligger omkring 90 mg/l. Skyllervandet, som blev benyttet under udskylning af kaverne K5, indeholdt mere suspenderet stof end skyllevandet vurderes at indeholde i Ll. Torup, og der er i Ll. Torup et ekstra afgasningskar, hvori bundfældning vurderes at finde sted. En maksimal værdi på 90 mg/l vurderes således at være særdeles konservativ. Med en koncentration på 90 mg/l i det mættede saltvand, som fortyndes med vand fra Hjarbæk Fjord (som varierer fra 2 – 29 mg/l) vurderes det, at der i scenarie 1, 2 og 4 vil forekomme totale koncentrationer af suspenderet stof i det udledte saltvand på 7 – 36 mg/l. I scenarie 3 vurderes det, at der udenfor initialfortyndingszonen på 135 m vil være en koncentration på 1,5 mg/l. Til sammenligning varierer baggrundsværdierne i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord på 2 – 29 mg/l og kravet til koncentrationen af suspenderet stof i spildevand i Danmark gennemsnitligt på 32 mg/l /49/. Såfremt denne vurdering bliver bekræftet under pilotprojektet, anbefales det, at foranstaltninger til reduktion af koncentrationen af suspenderet stof i det mættede saltvand inden udledning til Lovns Bredning implementeres.

Det suspenderede stof vurderes at bestå mestendels af det suspenderede stof som vil være i det indtagne vand fra Hjarbæk Fjord. Karakteristika for dette suspenderede stof er ikke kendt, men det vurderes at bestå af både uorganisk og organisk materiale. Desuden vurderes det, at der kan forekomme en fraktion af uorganisk materiale fra salthorsten. Denne andel vurderes primært at bestå af partikler med en diameter på mellem 0,05 og 0,25 mm; dvs sand og silt. Denne vurdering er baseret på erfaringer fra KBB samt /50/. Det bemærkes at det er vurderet, at der ikke vil forekomme flokkulering ved svingende saliniteter.

4.3.11 Miljøfremmede stoffer

En salthorst er en geologisk formation, dannet af havvand. Det vurderes derfor, at der kan findes tungmetaller i de koncentrationer som var til stede for millioner af år siden, da formationen blev dannet. Endvidere er det vurderet at der i de eksisterende kaverner findes organiske stoffer (glycoler) som følge af gaslagerets drift.

Analyser af salthorsten samt saltsøer i de eksisterende kaverner bekræfter disse vurderinger, og viser at der kan forekomme miljøfremmede stoffer, herunder bl.a. organiske stoffer (glycoler) og tungmetaller, som vil opløses i skyllevandet. Det vurderes, at en stor del af disse stoffer vil adsorbere til suspenderet stof, bl.a. overmættet udfældet gips, som bundfældes i kavernen. En fraktion af de miljøfremmede stoffer vurderes dog at være at finde i det mættede saltvand, som føres fra kavernen via afgangsskarret til fortyndingskarret, inden udledning til Lovns Bredning.

Som led i kontrollen af de tidligere gennemførte udskylninger af de eksisterende kaverner fra 1983 til 1996 blev der stillet krav til årlige monitoring af tungmetaller. Som beskrevet i afsnit **Error! Reference source not found.** foreligger der dog ingen veldokumenterede analyser af indholdet af miljøfremmede stoffer i det tidligere udskyllede saltvand, der kan udgøre grundlaget for vurderingerne i denne ansøgning.

Vurderingen af den forventede sammensætning af det mættede saltvand fra kaverneudskylningerne er derfor (i mangel af veldokumenterede analyser af mættet saltvand fra kaverneudskylning) baseret på følgende:

- Udskylning af nye kaverner: Analyser af stikprøver af opslæmmede saltborekerner, udtaget før etablering af de eksisterende kaverner.
- Udskylning af eksisterende kaverner: Dels analyser af saltsøer i bunden af de eksisterende kaverner og dels analyser af stikprøver af opslæmmede saltborekerner udtaget før etablering af de eksisterende kaverner.

Analyserne af saltborekerner er foretaget af ALS Laboratory Group og Teknologisk Institut, og analyserne af den mættede saltvandsopløsning i bunden af kaverne er foretaget af Teknologisk Institut og Wessling. En fyldestgørende gennemgang af analyseresultaterne findes i /51/ til hvilken der henvises for yderligere detaljer.

Generelt skønnes det, at op til ca. 90 % af salthorstens tungmetallindhold samt en del gips sedimenteres i selve kavernen. Dette skøn baseres bl.a. på følgende:

- En beregning af opløseligheden af CaSO_4 i det koncentrerede saltvand fra de opslæmmede saltboreprøver viser, at denne er overmættet med gips, således at der i kavernen vil ske en væsentlig udfældning og sedimentation af gips/anhydrite, som vil rive andre overmættede salte samt kolloide og faste partikler med sig til sedimentering på bunden af kavernen.
- Sammenligning af analyser for suspenderet stof i opslæmmede prøver af ældre saltborekerner fra Ll. Torup og analyser for suspenderet stof i udskyllet saltvand

fra tilsvarende kaverne, bl.a. i Tyskland /52/. Disse sammenligninger viser, at indholdet af suspenderet stof i mættet saltvand fra eksisterende tyske udskylninger ligger under 10 % af de fundne mængder suspenderet stof i opslæmmede boreprøver fra LI. Torup.

- Analyser af miljøfremmede stoffer i mættet saltvand fra tilsvarende udskylninger af kaverne, bl.a. i Tyskland /53/.

Da en væsentlig andel af den opslæmmede salthorst erfaringsmæssig vil sedimentere i selve kaverne, svarer den benyttede vurdering af den forventede sammensætning af det mættede saltvand fra kaverneudskylningerne således til et *Worst Case Scenario*.

I tabel Tabel 4-3 og Tabel 4-4 præsenteres den forventede middelsammensætning af mættet saltvandsopløsning fra henholdsvis en ny kaverne og en eksisterende kaverne, inden fortynding i fortyndingskarret og udledning til recipient. I tabellerne præsenteres ligeledes det forventede indhold af opløste tungmetaller. Endelig præsenteres gældende miljøkvalitetskrav efter opblanding i recipienten (Lovns Bredning).

Ny Kaverne	Forventet middel sammensætning i mættet saltvand direkte fra ny kaverne ved udskylning			Grænseværdier for marin udledning				Max Total Belastning	
				Bek. nr. 1669 ¹⁾ gældende	Høringsforslag ²⁾ forslag	BLST ³⁾ foreløbige	PNEC ⁴⁾ vejledende	Pilotprojekt 120 m ³ /t 6 mdr	Maks skyllehast. 600 m ³ /t 12 mdr
Parameter	Total mg/l	std. afv.	Opløst mg/l	tilføjet Opløst mg/l	tilføjet Opløst mg/l	initialfort. Total mg/l	i recipient Total mg/l	kg/år	kg/år
P	<0,6			-	-	-	-		
NH4-N	0,400	0,195		-	-	-	-	207	2074
NO2-N	-			-	-	-	-		
NO3-N	<2			-	-	-	-		
SO4	4.000	2.215		-	-	-	-	2.073.600	20.736.000
Cl	175.000	4.406		-	-	-	-	90.720.000	907.200.000
Na	125.000	2.797		-	-	-	-	64.800.000	648.000.000
Ca	1.400	263		-	-	-	-	725.760	7.257.600
K	250	477		-	-	-	-	129.600	1.296.000
Mg	130	250		-	-	-	-	67.392	673.920
Mn	0,08	0,04		-	-	-	-	42	424
Sr	7,0	1,4		-	-	-	-	3.629	36.288
Ba	0,19 (10 %)	0,35		-	-	< 0,01	-	100	1.004
V	0,005 (30 %)	0,0024		-	-	< 0,001	-	2	25
Fe	6,8	2,768		-	-	-	-	3.531	35.314
As	0,005	0,002	< 0,0025	-	< 0,00011 *	< 0,004	-	2	24
Pb	0,017 (10 %)	0,010	0,0110 (10 %)	-	< 0,00034 *	< 0,0056	-	9	90
Ni	0,009	0,003	< 0,0023	-	< 0,00023	< 0,0083	-	5	47
Zn	0,074 (50 %)	0,037	0,051 (50 %)	-	< 0,0078	< 0,086	-	38	382
Cu	0,017 (40 %)	0,018	0,006 (40 %)	< 0,001	-	-	-	9	86
Cr	0,007 (30 %)	0,004	0,002 (30 %)	-	< 0,0034 *	< 0,001	-	3	35
Cd	0,0004	0,000	< 0,0003	< 0,0025	-	-	-	0	2
Hg	0,0008	0,0003	< 0,0001	< 0,0003	-	-	-	0	4

Tabel 4-3 Forventet middelsammensætning af mættet saltvand fra udskylning af ny kaverne (inden fortynding i fortyndingskar og udledning). For totale koncentrationer angives standard afvigelsen, som er et statistik udtryk for variationen. **Fed** skrift angiver koncentrationer over miljøkvalitetskravet gældende for recipienten. ¹⁾ Miljøministeriet. Bekendtgørelse nr. 1669 af 14. dec. 2006 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet. ²⁾ Høring af forslag til kvalitetskriterier og miljøkvalitetskrav for metallerne zink, krom, nikkel og bly, jf. ref. /4/, udsendt af BLST den 7. december 2007. ³⁾ By- og Landskabsstyrelsen: Database for grænseværdier for udledning af farlige stoffer til recipienter. ⁴⁾ Miljøstyrelsen: Massestrømsanalyse af glykoletere. Miljøprojekt nr. 768, 2003. * Recipientkoncentration.

De i Tabel 4-3 angivne middelkoncentrationer for mættet saltvand fra udskylning af en ny kaverne er middelværdier baseret på analyser af opslæmmede stikprøver af 6 borekerner fra LI. Torup, som er udtaget før udskylning af de eksisterende kaverne. Disse koncentrationer angiver som nævnt tidligere et "worst case" scenarie. Der angives endvidere standardafvigelse for de totale koncentrationer under udskylning af en ny kaverne. Som det ses i tabellen, er der variation i koncentrationerne, hvilket afspejler den naturlige variation i salthorsten.

Det bemærkes, at standardafvigelsen for barium er høj. Dette skyldes en enkelt prøve, som er 25 gange højere end gennemsnittet af de resterende prøver. Hvorvidt dette afspejler en reel variation i salthorsten eller er forårsaget af en kontaminering kan ikke umiddelbart afklares. Såfremt denne enkelte prøve udelades, bliver den forventede middelkoncentration af barium i det mættede saltvand betydeligt lavere end angivet i tabellen.

For en del af de i Tabel 4-3 angivne stoffer (med en midlertidig eller gældende grænseværdi for marin udledning) er de forventede koncentrationer i det mættede saltvand reduceret i forhold til "worst case" værdierne. Dette er markeret med *kursiv* i tabellen. De forventede reducerede koncentrationer svarer til niveauet i analyser af mættet saltvand fra en nuværende tysk kaverneudskylning /53/.

I kursiv er ligeledes vist de forventede koncentrationers %-andel af "worst case" værdierne, svarende til den %-andel, som forventes at komme op af kaverne under en udskylning. De forventede andele er afrundet til et multiplum af 10 %.

Alle øvrige værdier i Tabel 4-3 er "worst case" værdier.

Kaverne TO5 - TO10	Forventet middel sammensætning af mættet saltvand direkte fra kaverne ved 1. genudskylning		Grænseværdier for marin udledning				Max Total Belastning	
			Bek. nr. 1669 ¹⁾ gældende	Høringsforslag ²⁾ forslag	BLST ³⁾ foreløbige	PNEC ⁴⁾ vejledende	Pilotprojekt 120 m ³ /t 6 mdr	Maks skyllehas. 600 m ³ /t 12 mdr
			tilføjet Opløst mg/l	tilføjet Opløst mg/l	initialfort. Total mg/l	i recipient Total mg/l	kg/år	kg/år
Parameter	Total mg/l	Opløst mg/l	tilføjet Opløst mg/l	tilføjet Opløst mg/l	initialfort. Total mg/l	i recipient Total mg/l	kg/år	kg/år
P	<0,6	-	-	-	-	-	-	-
NH4-N	0,7	-	-	-	-	-	363	3629
NO2-N	<0,00006	-	-	-	-	-	-	-
NO3-N	<2	-	-	-	-	-	-	-
SO4	4.000	-	-	-	-	-	2.073.600	20.736.000
Cl	170.000	-	-	-	-	-	88.128.000	881.280.000
Na	120.000	-	-	-	-	-	62.208.000	622.080.000
Ca	1.300	-	-	-	-	-	673.920	6.739.200
K	250	-	-	-	-	-	129.600	1.296.000
Mg	140	-	-	-	-	-	72.576	725.760
Mn	0,17	-	-	-	-	-	86	862
Sr	6,7	-	-	-	-	-	3.453	34.534
Ba	0,182 (10 %)	-	-	-	< 0,01	-	94	943
V	0,006 (30 %)	-	-	-	< 0,001	-	3	29
Fe	7,0	-	-	-	-	-	3.611	36.112
As	0,0046	< 0,0026	-	< 0,00011 *	< 0,004	-	2	24
Pb	0,059 (10 %)	0,0134 (10 %)	-	< 0,00034 *	< 0,0056	-	31	306
Ni	0,012	< 0,0043	-	< 0,00023	< 0,0083	-	6	62
Zn	0,115 (50 %)	0,067 (50 %)	-	< 0,0078	< 0,086	-	60	598
Cu	0,023 (40 %)	0,009 (50 %)	< 0,001	-	-	-	12	117
Cr	0,006 (30 %)	0,0022 (30 %)	-	< 0,0034 *	< 0,001	-	3	34
Cd	0,0005	< 0,0003	< 0,0025	-	-	-	0	3
Hg	0,0007	< 0,0001	< 0,0003	-	-	-	0	4
Ethylenglycol	< 0,02	-	-	-	-	< 0,1	-	-
Diethylenglycol	0,147	-	-	-	-	< 1,0	76	760
Triethylenglycol	0,410	-	-	-	-	< 0,01	212	2.124
Propylenglycol	< 0,002	-	-	-	-	< 0,1	-	-
Glycolier	< 0,002	-	-	-	-	-	-	-
Smøreolie	< 0,002	-	-	-	-	-	-	-
Oppanol	< 0,002	-	-	-	-	-	-	-
CxHy	0,016	-	-	-	-	-	8	80
CH-indeks	< 0,01	-	-	-	-	-	-	-
CH-indeks C10-22	< 0,002	-	-	-	-	-	-	-
CH-indeks C22-40	< 0,01	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 4-4 Forventet middelsammensætning af mættet saltvand fra udskylning af eksisterende kaverne (inden fortynding i fortyndingskar og udledning). **Fed** skrift angiver koncentrationer over miljøkvalitetskravet gældende for recipienten. ¹⁾ Miljøministeriet. Bekendtgørelse nr. 1669 af 14. dec. 2006 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet. ²⁾ Høring af forslag til kvalitetskriterier og miljøkvalitetskrav for metallerne zink, krom, nikkel og bly, jf. ref. /4/, udsendt af BLST den 7. december 2007. ³⁾ By- og Landskabsstyrelsen: Database for grænseværdier for udledning af farlige stoffer til recipienter. ⁴⁾ Miljøstyrelsen: Massestrømsanalyse af glykoletere. Miljøprojekt nr. 768, 2003. * Recipientkoncentration.

De i Tabel 4-4 angivne middelkoncentrationer for mættet saltvand fra den 1. genudskylning af en eksisterende kaverne er angivet som en sum af:

1. bidraget fra den udskyllede salthorst efter samme retningslinier som beskrevet ovenfor for en ny kaverne og
2. bidraget fra den mættede saltsø i bunden af de eksisterende kaverne, som er medtaget i middelsammensætningen med 90 % fraktiler af analyserne af saltvandsopløsningen i bunden af de 6 eksisterende kaverne.

De nævnte forudsætninger vurderes at give en rimelig god prognose for indholdet af miljøfremmede stoffer i det mættede saltvand for alle stoffer med en gældende eller midlertidig grænseværdi for marin udledning. For de resterende stoffer vurderes der at være tale om en yderst konservativ "worst case" prognose.

For genudskylning af ny kaverne er standardafvigelsen ikke præsenteret, idet beregningen af middelsammensætningen er baseret på analyser af salthorsten (hvor variationen er præsenteret i Tabel 4-3) og 90 % fraktiler af analyser af saltsøer.

Der har ved fastsættelse af de forventede reducerede tungmetalkoncentrationer i Tabel 4-3 og Tabel 4-4 været skelet til de indhentede historiske, men ringe dokumenterede analyser, af oppumpet mættet saltvand fra de tidligere gennemførte kaverneudskylninger. Dette har ikke givet anledning til ændringer i prognosens niveauer.

Det fremgår af Tabel 4-3 og Tabel 4-4, at de forventede koncentrationer af nogle af stofferne i den mættede saltvandsopløsning inden fortynding ligger over de gældende miljøkvalitetskrav efter opblanding i recipienten. Disse koncentrationer er vist med **fed** skrift i tabellerne. Koncentrationen af stofferne vil imidlertid blive reduceret som følge af bundfældning i afgangskarret samt fortynding, dels i fortyndingskarret og dels under opblanding i recipienten.

Fortynding af mættet saltvand i fortyndingskar før udledning

For at reducere saliniteten i det udledte saltvand til mellem 28 og 40 psu skal der foretages fortynding. Fortyndingen foretages med vand fra Hjarbæk fjord. Det er i VVM-redegørelsen vurderet, at en fortynding på mellem 9,6 og 16,7 gange er nødvendig for at opretholde en salinitet på mellem 28 og 40 psu i saltvandet, der udledes til Lovns Bredning.

Indholdet af de miljøfremmede stoffer vil således også blive fortyndet mellem 9,6 og 16,7 gange inden udledning til Lovns Bredning som led i reduktionen af salinitet. Dette forudsætter dog, at et evt. baggrundsindhold i fortyndingsvandet af miljøfremmede stoffer er minimalt og derfor kan negligeres.

Der findes så vidt vides ikke data om baggrundskoncentrationen af miljøfremmede stoffer i vand fra Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Et evt. baggrundsindhold af miljøfremmede stoffer i recipienten vil blive målt som en del af monitoreringen under det første års pilotprojekt. I nedenstående vurderinger forudsættes et evt. baggrundsindhold at være uden betydning.

Der er ingen miljøfremmede stoffer, der ligger over eventuelle korttidskvalitetskrav for indholdet i recipienten, før udledning til diffusoren, dvs. efter minimum 9,6 gange fortynding i fortyndingskarret. Før fortynding af det mættede saltvand ligger bly, zink og kobber over korttidskvalitetskravene.

Udlederkrav

På baggrund af opblandingsforhold og de nationale miljøkvalitetskriterier har Miljøcenter Århus fastsat udlederkrav i henhold til BEK 1669. Udlederkravene sikrer, at de gældende miljøkvalitetskrav er overholdt. Det er vurderet, at koncentrationer af tungmetaller og glycoler i det udledte saltvand ikke vil overstige de foreslåede udlederkrav. For udlederkrav og tilknyttede vilkår i øvrigt henvises til udkast til udledningstilladelse.

4.4 Mulige påvirkninger af de marinbiologiske forhold

I dette afsnit beskrives og vurderes mulige påvirkninger af de eksisterende marinbiologiske forhold under udvidelsen af LI. Torup gaslager. For både pilotprojektet med udskylning på 120 m³/t (scenarie 1A og 2A) samt udskylning ved maksimal skyllehastighed på 600 m³/t (scenarie 1 og 2 (eksisterende forhold) samt 3 og 4 (efter fjernelse af Virksund dæmningen)) præsenteres et overblik over Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, samt nærområdet ved Virksund – se Figur 4-1. De identificerede mulige påvirkninger relateres til vandrammedirektivets kvalitetselementer og målsætning. For hver gruppe (plankton, bundfauna etc.) opridses kort de normative krav i henhold til vandrammedirektivet og vurderingen relateres til disse. Endeligt opsummeres forskelle mellem de seks undersøgte scenarier.

For konsekvensvurdering i henhold til habitatdirektivet henvises til konsekvensanalysen i VVM redegørelsen.

De mulige påvirkninger vurderes i forhold til følgende forhold:

Vandindtag i Hjarbæk Fjord: Der er opsat en række foranstaltninger for at minimere indtag af organismer i Hjarbæk Fjord i form af et ristesystem ved indtagsporten til vandindtag (primærriste med en maskestørrelse på 100 mm efterfulgt af selvrensende riste med maskestørrelse 8 mm). Endvidere installeres selvrensende filter på skyllevandsledningen. De organismer (herunder fiskeyngel) som opfanges på filtret ledes tilbage til Hjarbæk Fjord. Det vurderes dog, at skyllevandet og fortyndingsvandet efter passage af riste og filtre kan indeholde æg fra fisk og bundfauna og organismer (plante- og dyreplankton, fiskelarver). For den del af vandet som anvendes til udskylning af kaverner (skyllevand) vil disse organismer uvægerligt blive ødelagt og gå til grunde ved passage af rørsystemer og kaverner bl.a. pga. trykændringer, fysiske skader og den stærkt forøgede salinitet i det mættede saltvand. Som vist i Tabel 4-5 udgør skyllevandet <0,1 % af den årlige vandføring i pilotprojektet hvor der er vandindtag i seks måneder, og 1,5 % af den årlige vandføring under udskylning ved maksimal skyllehastighed året rundt.

For den del af vandet der anvendes til fortynding i fortyndingsanlægget (fortyndingsvand), vil de fysiske påvirkninger være meget mindre end for skyllevandet. Der vil ske en salinitetsændring, men de fysiske skader vurderes at være begrænsede. Opholdstiden i fortyndingskarret varierer afhængig af scenarie fra 0,3 (scenarie 1) til 5 minutter (scenarie 3). Pludselige, kortvarige ændringer i salinitet kan medføre nedsat aktivitet, cellebeskadigelse og – i værste tilfælde – død. For hver enkel gruppe foretages en vurdering af mortaliteten i fortyndingsvandet.

Pilotprojektet (scenarie 1A og 2A) har vandindtag i seks måneder, mens maksimal skyllehastighed (scenarie 1, 2, 3 og 4) har vandindtag året rundt. Som vist i Tabel 4-5 varierer indtag af skyllevand og totalt vandindtag i forhold til scenarie. I pilotprojektet (scenarie 1A og 2A) er vandindtaget lille i forhold til vandføringen gennem slusen. Under maksimal skyllehastighed er det totale vandindtag moderat i forhold til vandføringen.

	Skyllevandsindtag	I forhold til minimal daglig vandføring (0,002 km ³ /d)	I forhold til årlig vandføring (0,35 km ³ /år)
Scenarie 1A og 2A	120 m ³ /t.	0,1	0,1 %
Scenarie 1, 2, 3 og 4	600 m ³ /t	0,3	1,5 %
	Total vandindtag (skyllevand+ fortyndingsvand)	forhold til minimal daglig vandføring (0,002 km ³ /d)	I forhold til årlig vandføring (0,35 km ³ /år)
Scenarie 1A	2.000 m ³ /t	1,8 %	1,7 %
Scenarie 2A	1.147 m ³ /t	1,0 %	1,0 %
Scenarie 1 og 4	10.000 m ³ /t	8,9 %	25,2 %
Scenarie 2	5.735 m ³ /t	5,1 %	14,5 %
Scenarie 3	600 m ³ /t	0,3	1,5 %

Tabel 4-5 Indtag af skyllevand og totalt vandindtag i forhold til den daglige og årlige vandføring gennem slusen

Udledning af saltvand til Lovns Bredning, og deraf følgende:

Ændringer i salinitet, haloklin og risiko for iltsvind: Som beskrevet i afsnit **Error! Reference source not found.** er der foretaget en hydraulisk modellering af mulige påvirkninger af salinitet og haloklin. Generelt ses mindre ændringer i salinitet i Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning. Overfladesaliniteten fra Lovns Bredning til Simested ås udløb i Hjarbæk Fjord er analyseret for at vurdere eventuelle ændringer i saltgradienten langs dette transekt. Under pilotprojektet ses ingen ændringer, mens der ved maksimal skyllehastighed (scenarie 1 og 2) ses samme gradient, med generelt øget overfladesalinitet langs hele transektet. Ændret haloklin kan betyde en ændret risiko for iltsvind, som dog primært er afhængig af vind og temperatur /35, 45/. Hyppigheden af haloklinssituationer påvirkes ikke i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, ligesom ændringer i styrken af haloklin er så små, at der ikke vurderes at være ændret risiko for iltsvind i scenarie 1A, 2A og 1. I scenarie 2 viser den hydrauliske model en øget tidslig udbredelse samt øget styrke af haloklin i nærområdet omkring udledningen. Det vurderes på den baggrund, at der er en øget risiko for iltsvind i nærområdet i scenarie 2.

Suspenderet stof: Det vurderes, at der i pilotprojektet (scenarie 1A og 2A) kan forekomme en reduktion i mængden af suspenderet stof i skyllevandet pga. bundfældning i kaverne og afgangsskar. Denne ændring vil dog blive mindre i fortyndingskarret, når det mættede saltvand blandes med fortyndingsvand fra Hjarbæk Fjord. Det vurderes, at suspenderet stof i det udledte vand i pilotprojektet

vil være i omtrent samme koncentration som vand fra Hjarbæk Fjord; dog kan der være tilføjet en mindre fraktion uorganisk materiale fra salthorsten i form af silt og sand.

Under maksimal skyllehastighed arbejdes der med en kombination af gen- og nyudskylninger. Det vurderes, at der både kan forekomme perioder med let øget og let reduceret koncentration af suspenderet stof i det udledte saltvand. Endvidere vurderes det, at der kan ske en ændring af typen af suspenderet stof, i form af en fraktion uorganisk materiale fra salthorsten i form af silt og sand. I perioder med let øget koncentration kan andelen af uorganisk materiale fra salthorsten øges. Såfremt pilotprojektet bekræfter sammenligneligheden med tyske kaverneudskylninger, anbefales det at implementere foranstaltninger for at nedbringe koncentrationen af suspenderet stof i det mættede saltvand inden udledning til Lovns Bredning. Denne anbefaling baseres på, at en udledning af suspenderet stof kan have en negativ effekt på de marinbiologiske forhold, i form af eksempelvis udskygning af bundvegetation, og er problematisk i forhold til habitatdirektivet.

Koncentrationen af suspenderet stof i Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning vurderes således at være i samme størrelsesorden, med karakter af Hjarbæk vand og vandindtag og udløb er placeret forholdsvist tæt på hinanden. På baggrund af ovenstående vurderes det derfor, at der ikke vil være væsentlige påvirkninger af de marinbiologiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, forårsaget af udledt suspenderet stof.

Temperatur: I forbindelse med genudskylning af de eksisterende kaverne vurderes det, at der kan forekomme en øget temperatur i det udledte saltvand i størrelsesordenen 1 °C. Det vurderes, at denne ændring er så lille, at den er uden betydning for de marinbiologiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord.

Næringsstoffer: Som beskrevet ovenfor, vurderes det, at der kan være ammonium i det udledte saltvand. Baseret på et yderst konservativt estimat er det vurderet at koncentrationer på op til 0,04 mg/l ammonium-N kan forekomme i det udledte saltvand. De reelle koncentrationer anbefales monitoreret under pilotprojektet.

Miljøfremmede stoffer: Baseret på analyser af saltsø og –horst samt bundfældningsmønstre er det vurderet, at der ikke vil findes miljøfremmede stoffer i koncentrationer, der overskrider de gældende miljøkriterier (grænseværdier) fastsat af Miljøministeriet og/eller PNEC (Predicted No Effect Concentration) værdier for glycol-ethere. På baggrund af dette vurderes det derfor, at der ikke vil være væsentlige påvirkninger af de marinbiologiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord forårsaget af udledte miljøfremmede stoffer.

Økologiske effekter: I et økosystem findes et samspil mellem levende organismer samt organismernes forhold til deres omgivende miljø. Såfremt én gruppe i økosystemet i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord ændres, kan dette have konsekvenser for andre grupper i økosystemet. Til eksempel kan en øget planktonbiomasse medføre udskygning af bundvegetation. Samspillet er komplekst, og fordrer en tilbundsående forståelse af økosystemet. I dette notat er vurderingen

af økologiske effekter baseret på den eksisterende viden samt generelle betragtninger for kystnære økosystemer. De økologiske effekter beskrives sammen med kvalitetselementerne i henhold til vandrammedirektivet for en god økologisk tilstand.

4.4.1 Plante- og dyreplankton

Da de plante- og dyreplankton arter som findes i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord formodes at være tilvænnet de allerede fluktuerende salinitetsforhold vurderes det, at der ikke vil være væsentlige effekter på plante- og dyreplankton i området, forårsaget af ændringer i salinitet og haloklin.

Det vurderes, at de beskrevne riste og filtrationsmekanismer i forbindelse med vandindtag ikke vil have en effekt på indtag af plante- og dyreplankton. Det vurderes, at der vil være en total mortalitet i den fraktion plante- og dyreplankton som indtages til skyllevand. I fortyndingsvandet kan en fraktion blive udsat for kortvarige store ændringer i salinitet. Der er foretaget studier af hjuldyr; af arten *Brachionus plicatilis* /54/. Bevægelsen af *B. plicatilis* påvirkes af faldende salinitet, mens kun minimale ændringer blev observeret under kortvarig eksponering til stigende salinitet (20 til 30 psu). Såfremt dette mønster også gælder andre dyreplankton vurderes det, at mortaliteten i fortyndingsvandet vil være mindre, og kun gælde den fraktion af organismerne som kommer i kontakt med det mættede saltvand. Både plante- og dyreplankton har en relativ kort reproduktionstid og er ofte presset af intern konkurrence. Endvidere transporteres plankton kontinuert til og fra området med vandstrømme. På baggrund af ovenstående sammenholdt med voluminet af vandindtaget vurderes det samlet, at vandindtaget til udskylnings- og fortyndingsanlægget i Hjarbæk Fjord ikke vil have en væsentlig effekt på plante- og dyreplankton i området i pilotprojektet. Under maksimal skyllehastighed, hvor det total vandindtag er fem gange højere, vurderes det, at der kan forekomme en midlertidig effekt. Det vurderes dog, at mængden af plankton ikke vil reduceres til et niveau, som vil have indvirkning på kravet om god økologisk tilstand.

Som beskrevet er ammonium detekteret i enkelte analyser af salthorsten. Baseret på en yderst konservativ tilgang vurderes koncentrationen af ammonium at være op til 0,04 mg/l udledt saltvand. Ammonium-N er tilgængeligt for planteplankton, og vil potentielt blive omsat til biomasse. Idet recipienten under nuværende forhold er stærkt eutrofieret vurderes det, at mængder i denne størrelsesorden ikke vil resultere i en væsentligt øget biomasse. Det bemærkes at tilførsel af ammonium i denne størrelsesorden ikke udgør en væsentlig del af den samlede kvælstofbelastning fra området.

I vandrammedirektivet er de biologiske kvalitetselementer for økologisk tilstand for planteplankton: Sammensætning og tæthed af planteplanktontaxa; biomasse samt frekvens og intensitet af planteplanktonopblomstringer. Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning er eutrofierede, og biomassen samt intensiteten af opblomstringer er begge høje. Som beskrevet ovenfor, vurderes en mulig effekt af lagerudvidelsen at være en reduceret planteplanktonbiomasse, forårsaget af bundfældning i kavernen samt øget mortalitet i skylle- og fortyndingsvandet. Denne reducerede planteplanktonbiomasse har potentielle effekter med økologisk betydning. Reduceret

biomasse vurderes at medføre øget sigt dybde, hvilket kan medføre øget udbredelse af bundvegetation. Endvidere betyder den reducerede biomasse, at der er mindre organisk materiale som skal nedbrydes med deraf følgende iltforbrug, og det vurderes således at en reduceret planktonbiomasse kan have en positiv indflydelse på iltsvindssituationen i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Reduceret biomasse kan betyde, at fødegrundlaget for de højere trofiske niveauer (eksempelvis dyreplankton) bliver mindre, med deraf følgende negative konsekvenser for økosystemet. Idet biomassen af plankton dog ikke vurderes at blive reduceret til et niveau, som hindrer god økologisk tilstand vurderes det, at den økologiske effekt i form af ændret fødegrundlag ikke vil være væsentlig.

For plante- og dyreplankton er de væsentligste forskelle mellem de seks scenarier størrelsen af vandindtaget, og den deraf følgende mulige reduktion af biomasse. I pilotprojektet (scenarie 1A og 2A) er vandindtaget så lille, at det vurderes at der ikke vil ske en væsentlig reduktion af biomassen. Under maksimal skyllehastighed (scenarie 1 og 2) vurderes det, at der vil ske en reduktion af planktonbiomassen i nærområdet. Det vurderes dog, at biomassen af plankton ikke vil reduceres til niveau, som vil have indvirkning på kravet om god økologisk tilstand, og dermed ikke have en negativ påvirkning på den økologiske tilstand i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Under maksimal skyllehastighed i en situation hvor Virksunddæmningen er fjernet vurderes det, at der i scenarie 3 ikke vil ske en væsentlig reduktion af planktonbiomassen, mens der i scenarie 4 vil ske en reduktion i samme størrelsesorden som scenarie 1; dvs. ikke under god økologisk tilstand. Det bemærkes, at især Hjarbæk Fjord i sin nuværende tilstand er karakteriseret af en høj biomasse af planteplankton, dels forårsaget af eutrofiering. En reduktion af planktonbiomassen vurderes på den baggrund at kunne have en positiv indflydelse på områdets økosystem.

4.4.2 **Bundfauna**

Størstedelen af bundfaunaen i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er tilpasset områdets fluktuerende salinitetsforhold og er forholdsvis stresstolerante. Generelt vurderes det derfor, at ændringer i de eksisterende salinitetsforhold ikke vil påvirke bundfaunaen væsentligt i området.

I Lovns Bredning vil en mindskelse af styrken og udbredelsen af haloklinen, og dermed også iltsvindet, udelukkende have positive effekter for bundfaunaen. I et mindre område nord for Virksund vil en øget udbredelse og styrke af haloklinen, og derved potentielt også et øget iltsvind, kunne have en negativ effekt på bundfaunaen. Denne risiko er mest udtalt i scenarie 2, til stede i scenarie 1 og minimal i pilotprojektet. I Hjarbæk Fjord vil en marginal forøgelse af udbredelsen og styrken af haloklinen, og derved potentielt også iltsvindet, kunne have en negativ effekt på bundfaunaen, dette gælder især i nærområdet syd for Virksund. Imidlertid, som beskrevet ovenfor, er de fleste arter af bunddyr som findes i området tilpasset de allerede fluktuerende iltforhold i området. Mange bunddyr vil på forskellig vis kunne klare iltmangel, og et iltsvind skal være både kraftigt (dvs. under 2 mg ilt pr. liter) og vare flere uger, før det slår de mest hårdføre bunddyr ihjel – se **Error! Reference source not found.** /35/. Den hydrauliske model viser, at varigheden af perioder med haloklin i Hjarbæk Fjord ikke ændres under projektets forløb, hvorfor

det vurderes at sandsynligheden for betydende forøgelse i længden af ekstreme iltsvindsperioder, uanset scenarie, er minimal.

Skyllevandet og fortyndingsvandet som tages fra Hjarbæk Fjord vil i perioder potentielt indeholde bundfaunaæg og -larver. Det vurderes, at de beskrevne riste og filtrationsmekanismer i forbindelse med vandindtag vil have en mindre effekt på indtaget af bundfauna æg og larver. Der kan være en øget mortalitet i den fraktion æg og larver som indtages i skylle- og fortyndingsvand. De æg og larver som findes i skyllevandet vurderes at gå til grunde ved passage af pumper, rørsystemer og kaverner bl.a. pga. trykændringer, fysiske skader og den stærkt forøgede salinitet. For æg og larver som findes i fortyndingsvandet, kan en fraktion blive udsat for kortvarige svingninger i salinitet. Bunddyrlarver som muslingelarver (*Mytilus trossilus*) og rurlarver (*Balanus balanoides*) er kendt for at være tolerante for kortvarige betydelige ændringer i salinitet /55, 56/. Eksempelvis kan tidlige stadier af rurlarver overleve en halvering af saliniteten (fra 33 til 15 psu), såfremt denne ændring er kortvarig /55/. Muslingelarver er ligeledes i stand til at overleve kortvarige store ændringer i salinitet. Kun ved en kombination af lav salinitet (8 psu) og høj temperatur (20 °C) fandt man negative effekter på muslingelarvernes levedygtighed /56/. Larver kan således overleve kortvarige, store ændringer i salinitet. Samlet set vurderes det således, at der vil være en øget mortalitet i skyllevandet (op til 1,5 % af vandføringen i slusen), mens påvirkningerne i fortyndingsvandet vil være mindre, da larver kan overleve kortvarige, store ændringer i salinitet. Mortaliteten i skylle- og fortyndingsvand vurderes at være af mindre betydning for bundfauna i Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning. Der planlægges undersøgelser af forekomsten af fiskeæg og larver i indpumpningsvandet, for at forøge vidensgrundlaget samt forsøge at udvikle effektive afværgeforanstaltninger.

I vandrammedirektivet er de biologiske kvalitetselementer for økologisk tilstand for bundfauna: diversitet og tæthed samt særligt følsomme arter. Som beskrevet ovenfor vurderes det, at der ikke vil være en betydende effekt på bundfauna i form af mortalitet af æg og larver, eller som følge af ændringer i salinitetsforhold. En potentielt reduceret planktonbiomasse kan have en økologisk effekt på bundfauna idet en andel af planteplanktons forårsopblomstring kanaliseres direkte til områdets bunddyr. Det vurderes, at en periode med stærkt reduceret plankton biomasse kan betyde et reduceret input af organisk materiale til bunden. Dette vil kunne have konsekvenser for plankton filtrerende bunddyr såsom muslinger, som i en periode kan blive hæmmet i væksten. Som beskrevet vurderes det dog, at biomassen af planteplankton ikke vil reduceres til et niveau, som vil have indvirkning på kravet om god økologisk tilstand, og det vurderes på den baggrund at der ikke vil være en væsentlig økologisk påvirkning af bundfauna.

For bundfauna vurderes det, at de væsentligste forskelle mellem de seks scenarier er størrelsen af vandindtaget, og den deraf følgende mulige reduktion af biomassen af larver, samt ændret risiko for iltsvind i nærområdet. I pilotprojektet (scenarie 1A og 2A) er vandindtaget så lille, at det vurderes at der ikke vil ske en væsentlig reduktion af biomassen, ligesom der ikke vurderes at være en ændret risiko for iltsvind. Under maksimal skyllehastighed (scenarie 1 og 2) vurderes det, at der kan ske en reduktion af biomassen i nærområdet, men at en stor del vil overleve. I

scenarie 2 vurderes det, at der vil være en øget risiko for iltsvind i nærområdet med deraf følgende risiko for negative påvirkninger på bundfauna. Denne risiko undersøges nærmere under pilotprojektet, hvor den hydrauliske modellering verificeres. Under maksimal skyllehastighed i en situation hvor Virksunddæmningen er fjernet vurderes det, at der i scenarie 3 ikke vil ske en væsentlig reduktion af biomassen, men at der vil være væsentligt øget risiko for iltsvind i nærområdet med deraf følgende mulige konsekvenser for bundfauna. I scenarie 4 vil vurderes det, at der kan ske en reduktion af biomassen i nærområdet, men at en stor del vil overleve; samt at det udledte saltvand ikke vil medføre en ændret risiko for iltsvind.

4.4.3 Bundvegetation

Generelt vurderes det, at størstedelen af bundvegetationen i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord allerede er tilpasset fluktuationer i salinitet og består af arter som er relativt stresstolerante. Fluktuationer i salinitet vurderes samlet ikke at ville have en væsentlig effekt på bundvegetationen i området. Eksempelvis er ålegræs i stand til at vokse i miljøer med saliniteter fra 5-35 psu /57/, og de ændrede salinitetsforhold vurderes derfor ikke at påvirke udbredelsen af ålegræs.

Udenfor nærområdet ved udledningen viser den hydrauliske modellering generelt ingen væsentlige ændringer i haloklin, og således ingen ændringer i risikoen for iltsvind i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. I nærområdet omkring Virksund ses en øget haloklin i scenarie 2, og derved potentielt også en øget risiko for iltsvind. Såfremt iltsvind forekommer, kan dette have en negativ effekt på bundvegetationen, fx i form af råd i ålegræsvækstpunkter. Præcist hvad planten dør af, ved man ikke, men der er flere teorier: cellerne i vækstpunktet dør enten af iltmangel, af svovlbrinte som frigives fra fjordbunden under iltsvind eller af giftige stofskifteprodukter.

I vandrammedirektivet er de biologiske kvalitetselementer for økologisk tilstand for bundvegetation: forureningsfølsomme taxa samt dækningsgrad af makroalger og tæthed af angiospermer. Som beskrevet er Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord eutrofierede, og der forekommer hyppigt iltsvind. Det vurderes, at bundvegetation ikke vil blive betydeligt påvirket af vandindtag i Hjarbæk Fjord eller udledning af saltvand.

For bundvegetation vurderes det, at de væsentligste forskelle mellem de seks scenarier er ændret risiko for iltsvind. I pilotprojektet (scenarie 1A og 2A) vurderes det, at der ikke vil være en ændret risiko for iltsvind. Under maksimal skyllehastighed (scenarie 1 og 2) vurderes det, at der i scenarie 2 vil være en øget risiko for iltsvind i nærområdet med deraf følgende risiko for negative påvirkninger på bundvegetationen. Denne risiko undersøges nærmere under pilotprojektet, hvor den hydrauliske modellering verificeres. Under maksimal skyllehastighed i en situation hvor Virksunddæmningen er fjernet vurderes det, at der i scenarie 3 vil være væsentligt øget risiko for iltsvind i nærområdet med deraf følgende mulige konsekvenser for bundvegetationen. I scenarie 4 vil vurderes det, at det udledte saltvand ikke vil medføre en ændret risiko for iltsvind.

4.4.4 Fisk

En ændret udbredelse og styrke af haloklin forårsaget af lagerudvidelsen ved LI. Torup vurderes i scenarie 2A og 2 at ændre risikoen for iltsvind. Direkte effekter på fisk (fiskedød) forekommer sjældent som følge af iltsvind, eftersom fisk normalt vil svømme bort fra områder med lavt iltindhold. Fiskeæg og –larver vil normalt befinde sig i de mere overfladenære og iltmættede vandlag, pelagiske æg/larver vil være i de øvre vandlag afhængig af deres opdrift og den aktuelle salinitet, mens demersale fiskeæg/larver som oftest vil forekomme på relativt grundt vand. En ændret udbredelse og stabilitet af haloklinen med deraf følgende ændret risiko for iltsvind i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, vurderes derfor ikke at have betydende påvirkning af hverken fisk, fiskeæg eller –larver.

Adskillige vandrefisk passerer Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord på vej til og fra oplandets vandløb. Vandrefisk orienterer sig generelt efter salinitet, især overfladesalinitet hvor fersk vand fra oplandet strømmer ud. Som beskrevet i afsnit **Error! Reference source not found.** viser den hydrauliske model at saltgradienten fra Lovns Bredning til Simested Å er uændret fra reference til pilotprojekt (scenarie 1A og 2A). Under udskylning ved maksimal hastighed (scenarie 1 og 2) sker en mindre ændring i den absolutte salinitet, men selve saltgradienten er den samme. Ligeledes vurderes det, at der ikke sker ændringer i salinitetsgradienten langs bunden i scenarie 1A og 2, men at der kan forekomme en ændring i scenarie 2A og 2. Mange fisk, fx ørreder, vender tilbage til det vandløb hvor de blev gydt, se afsnit **Error! Reference source not found.** Fisk orienterer sig blandt andet efter en saltgradient Samlet ses dog ikke ændringer i saltgradienten i en størrelsesorden, som vurderes at kunne påvirke vandrefiskene som passerer området.

Der vil uvægerligt forekomme støj i forbindelse med pumpningen af vand til skylle- og fortyndingsanlægget. Kun fortyndingspumperne er i direkte forbindelse med Hjarbæk Fjord, og de er placeret i en lydisoleret bygning. Den støj fortyndingspumperne genererer vurderes at være uden betydning /7/. Det er i forbindelse med tidligere undersøgelser vurderet, at støjen fra pumperne ikke vil virke skræmmende på fisk og dermed ikke vil virke reducerende for fiskenes passage af Virksund-dæmningens sluser /47/. Det vurderes derfor, at der ikke vil forekomme påvirkninger af fisk og skaldyr som følge af støj.

Skyllevandet og fortyndingsvandet som tages fra Hjarbæk Fjord vil i perioder potentielt indeholde fiskeæg og -larver. Det vurderes, at de beskrevne riste og filtrationsmekanismer i forbindelse med vandindtag vil minimere indtaget af yngel, samt have en mindre effekt på indtaget af fiskeæg og larver. Der kan være en øget mortalitet i den fraktion æg og larver som indtages i skylle- og fortyndingsvand. De æg og larver som findes i skyllevandet vurderes at gå til grunde ved passage af pumper, rørsystemer og kaverner bl.a. pga. trykændringer, fysiske skader og den stærkt forøgede salinitet. For æg og larver som findes i fortyndingsvandet, kan en fraktion blive udsat for kortvarige svingninger i salinitet. Det har ikke været muligt at finde oplysninger om hvorledes fiskelarver overlever kortvarige ændringer i salinitet. Som beskrevet ovenfor kan larver fra bundfauna overleve kortvarige større ændringer i salinitet, og det vurderes at det samme er tilfældet for fiskelarver. Samlet set vurderes det således, at der vil være en total mortalitet i skyllevandet (op

til 1,5 % af vandføringen i slusen), mens påvirkningerne i fortyndingsvandet vil være af mindre betydning for fiskebestandene i Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning. Der planlægges undersøgelser af forekomsten af fiskeæg og larver i indpumpningsvandet for at forøge vidensgrundlaget samt forsøge at udvikle effektive afværgeforanstaltninger.

I vandrammedirektivet er ikke defineret biologiske kvalitetselementer for fisk. Det vurderes, at der kan forekomme en økologisk effekt på fisk, forårsaget af ændringer i fødegrundlaget. Det vurderes, at der kun vil være en kortvarig effekt på plante- og dyreplankton, og økologiske effekter vil således primært påvirke fisk, hvis fødegrundlag er bundfauna og andre fisk.

For fisk vurderes det, at de væsentligste forskelle mellem de seks scenarier er en forhindret passage af Virksunddæmningen samt størrelsen af vandindtag. I pilotprojektet (scenarie 1A og 2A) er vandindtaget så lille, at det vurderes at der ikke vil ske en væsentlig reduktion af biomassen, ligesom der ikke vurderes at være en risiko for reduceret passage gennem Virksunddæmningen som følge af hverken ændringer i saltgradient eller iltsvind. Under maksimal skyllehastighed (scenarie 1 og 2) vurderes det, at der kan ske en reduktion af biomassen i nærområdet, men at en stor del vil overleve. I scenarie 2 vurderes det, at der vil være en øget risiko for iltsvind i nærområdet med deraf følgende risiko for reduceret passage gennem Virksunddæmningen. Risikoen for iltsvind er dog ikke sammenfaldende med tidspunktet for fiskenes vandring, og vurderes at være af mindre betydning. Under maksimal skyllehastighed i en situation hvor Virksunddæmningen er fjernet vurderes det, at der i scenarie 3 ikke vil ske en væsentlig reduktion af biomassen, men at der vil være væsentligt øget risiko for iltsvind i nærområdet med deraf følgende mulige konsekvenser for bundfauna. I scenarie 4 vil vurderes det, at der kan ske en reduktion af biomassen i nærområdet, men at en stor del af de indtagne æg og larver vil overleve; samt at det udledte saltvand ikke vil medføre en ændret risiko for iltsvind.

Mulige påvirkninger af flodlampret og stavsild, som indgår i udpegningsgrundlaget for natura2000 området behandles detaljeret i afsnit **Error! Reference source not found.**

4.4.5 Marine pattedyr

De marine pattedyr (spættet sæl, odder, marsvin) som af og til ses i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, vurderes til, ikke at blive påvirket af mindre ændringer i salinitet og haloklin. Potentielle ændringer i udbredelsen og styrken af iltsvind vurderes ligeledes at være ubetydelig, da marine pattedyr normalt blot vil svømme bort fra områder med lavt iltindhold.

Der vil uvægerligt forekomme støj i forbindelse med pumpningen af vand til skylle- og fortyndingsanlægget. Kun fortyndingspumperne er i direkte forbindelse med Hjarbæk Fjord, og de er placeret i en lydisoleret bygning. Den støj fortyndingspumperne generer vurderes i en støjrederegørelse at være uden betydning /7/. Det er i forbindelse med tidligere undersøgelser vurderet, at støjen fra pumperne ikke vil virke skræmmende på fisk og dermed ikke vil virke reducerende

for fiskenes passage af Virksund-dæmningens sluser /47/. Det vurderes derfor, at der ikke vil forekomme påvirkninger af sæler som følge af støj.

Der kan forekomme økologiske effekter, herunder ændringer i fødegrundlaget. Da der ikke er nogen fast bestand af sæler eller sælreservater i området vurderes det dog, at sælerne ikke er afhængige af fouragering i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Endvidere vurderes det, at planktonbiomassen ikke vil reduceres til under god økologisk tilstand, og eventuelle ændringer i fødegrundlaget dermed ikke vil være væsentlige.

I vandrammedirektivet er ikke defineret biologiske kvalitetselementer for marine pattedyr. Det vurderes samlet, at der ikke vil være betydende effekter på marine pattedyr i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord.

For marine pattedyr vurderes det, at der ikke er nogen væsentlig forskel mellem de seks scenarier idet der ikke er en dokumenteret påvirkning af disse i nogle af scenarierne.

Mulige påvirkninger af spættet sæl og odder, som indgår i udpegningsgrundlaget for natura2000 området behandles detaljeret i afsnit **Error! Reference source not found.**

4.4.6 Sammenfattende vurdering

Tabel 1 viser en oversigt over mulige påvirkninger af de marinbiologiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, og deres signifikans.

For hver identificeret mulig påvirkning viser tabellen hvorvidt der vil være en reel/mulig påvirkning på de marinbiologiske forhold. Tabellen er specificeret i forhold til de undersøgte scenarier, og skelner mellem gavnlig, ingen, mindre, moderat og betydelig påvirkning. I pilotprojektet er det, som det ses, kun en påvirkning i form af indpumpning af biomasse fra Hjarbæk Fjord. Dette vandindtag er dog mindre i forhold til vandføringen, og sammenholdt med potentielle overlevelsesmuligheder vurderes det at denne indpumpning ikke vil have en væsentlig effekt. For maksimal skyllehastighed er der behov for undersøgelser af mortaliteten af de indtagne organismer.

Mulige påvirkninger af de eksisterende fysiske, kemiske og marinbiologiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord						
Årsag	Biologisk parameter					
	Scenarie 1A	Scenarie 2A	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3	Scenarie 4
Indpumpning af biomasse (plankton, æg og larver) til skylle- og fortyndingsvand fra i Hjarbæk Fjord.	XX	XX	XX	XX	XX	XX
En ændring af udbredelsen, styrken og/eller hyppigheden af haloklinen, og derved potentielt også iltsvindet, generelt i Hjarbæk Fjord og Lovns Bredning.	-	-	-	-	X (Lovns)	-
En mindre forøgelse af udbredelsen og styrken af haloklinen, og derved potentielt også iltsvindet i nærområdet omkring udledning (Virksund/Ulbjerg Klint).	-	-	X	X	X	X
Påvirkning af fiskepassage i form af ændret overfladesaltgradient ved Virksund.	-	-	-	-	-	-
Påvirkning af fiskepassage i form af ændret bundsaltgradient ved Virksund.	-	-	X	X	-	X
Udledning af suspenderet stof	-	-	X*	X*	X*	X*
Støj fra pumperne ved slusen ved Virksund.	-	-	-	-	-	-
Signaturforklaring	XX = effekt X = mulig effekt - = ingen effekt					
Gavnlig:	Der kan være en gavnlig påvirkning i området.					
Ingen:	Der er ingen væsentlig påvirkning i området.					
Mindre:	Der kan være en lille påvirkning i området, men der er ingen påvirkning uden for området					
Moderat:	Der kan forekomme en påvirkning i området, men der vil ikke være påvirkninger uden for området					
Betydelig:	Der kan være en påvirkning i området og påvirkningen kan også have virkninger uden for området					
()	= i hvilke scenarier påvirkningen kan forekomme, sorteret efter faldende påvirkning.					

Tabel 4-6 Oversigt over mulige påvirkninger af de marinbiologiske forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord og deres signifikans. Grøn farve indikerer positive effekter, blank indikerer ingen effekter mens gul, orange og rød indikerer hhv. mindre, moderate og betydelige mulige effekter. *Det bemærkes at vurderingen for suspenderet stof er, at det kan være nødvendigt at rense det mættede saltvand inden udledning i forbindelse med nyudskylninger.

4.5 Kumulative effekter

De væsentligste mulige påvirkninger af de marine forhold i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord der kan være kumulative knytter sig til ændret saltholdighed/haloklin; udledning af næringsstoffer samt udledning af miljøfremmede stoffer.

Udledning af saltvand foretages ikke af andre interessenter i området, og ændringer i saltholdighed knytter sig udelukkende til ferskvandsafstrømning fra oplandet samt

indstrømmende saltholdigt vand fra Limfjorden. Sluseforholdene udgør dog en mulig kumulativ effekt. Slusen fungerer som en højvandsbeskyttelse, og lukkes såfremt vandstanden overstiger et fastlagt niveau. Såfremt slusen er lukket i en længere periode vurderes dette at influere på saltforholdene i nærområdet, idet udledningen af saltvand vil fortsætte og potentielt ophobes i nærområdet. Det er dog muligt at justere udledningen af saltvand såfremt en periode med lukket sluse forekommer, og den kumulative effekt undgås således.

Som beskrevet i afsnit **Error! Reference source not found.** vurderes det, at der kan forekomme ændringer i saltforhold, herunder haloklin (saltspringlag). En halokling alene resulterer ikke i iltsvind. Eutrofiering og deraf følgende høj biomasse, samt et højt iltforbrug når dette nedbrydes er en yderligere forudsætning for at iltsvind kan opstå. Empiriske studier viser, at det er balancen mellem sol og vind gennem sommeren som er mest afgørende for om der opstår iltsvind i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord /35, 45/. Det er vurderet, at der i pilotprojektet (scenarie 1A og 2A) samt scenarie 1 og 4 ikke vil være en ændret risiko for iltsvind. Under maksimal skyllehastighed vurderes det, at der i scenarie 2 og 3 vil være en øget risiko for iltsvind i nærområdet (hhv. Virksund og Ulbjerg). Som beskrevet ovenfor er det muligt at justere udledningen af saltvand, og undgå en kumulativ effekt mellem lukket sluse og udledning af saltvand.

Det vurderes, at der ikke vil udledes væsentlige mængder næringsstof. Ammonium er detekteret i to ud af seks prøver, i koncentrationer omkring den analytiske detektionsgrænse, mens nitrat og fosfat ikke er detekteret. Idet Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord er udsat for en betragtelig kvælstofbelastning er det dog relevant at overveje kumulative effekter. 90-95 % af oplandets kvælstofbelastning stammer fra landbruget, og fra to vandløb i oplandet til Hjarbæk Fjord tilføres månedligt i størrelsesordenen 40-100 tons kvælstof (se afsnit **Error! Reference source not found.**). Dette svarer til en årlig tilførsel fra disse to vandløb i størrelsesordenen 480-1.200 tons kvælstof. Udfra et yderst konservativt estimat hvor prøver under detektionsgrænsen er medtaget vil der i pilotprojektet tilføres op til 200 kg/år.

Det er vurderet, at der ikke vil forekomme miljøfremmede stoffer i koncentrationer der overskrider de gældende miljøkriterier. Baseret på en konservativ beregning vurderes det, at der kan forekomme tungmetaller i det udledte saltvand. Under pilotprojektet foretages hyppig monitoring af tungmetaller i det udledte saltvand, for at fastslå de reelle koncentrationer, samt en undersøgelse af muligheden for at rense det udledte saltvand i fald koncentrationerne af tungmetaller vurderes at være i problematiske. Det bemærkes at lave koncentrationer af tungmetaller er naturligt i miljøet, og at tungmetallerne i det udledte saltvand stammer fra en geologisk formation som er dannet af hav. Undersøgelser af sediment og muslinger fra Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord viser, at området ikke er betydeligt påvirket af tungmetaller idet koncentrationen af størstedelen af tungmetaller ligger under baggrundskoncentrationer fastsat for uforstyrrede områder. Dog ligger koncentrationen af kobber og cadmium over disse fastsatte baggrundsniveauer. De primære problematiske miljøfremmede stoffer i Limfjorden, herunder Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord, er organotin som findes i skibes bundmaling. Det vurderes at den

kumulative effekt af eksisterende samt tilførte ikke vil være problematisk i form af koncentrationer over de gældende miljøkriterier.

4.6 **Monitering og afværgeforanstaltninger**

Lagerudvidelsen ved LI. Torup gaslager vurderes at kunne have en effekt på visse parametre i Lovns Bredning og Hjarbæk Fjord. Som det fremgår af dette dokument er datagrundlaget i flere tilfælde spinkelt eller utilstrækkeligt til at foretage en fuldstændig vurdering.

Der er derfor udarbejdet et forslag til marinbiologisk monitering.

Moniteringsprogrammet indeholder både en baseline monitering, samt monitering under pilotprojekt og udskylning ved maksimal skyllehastighed.

Moniteringsprogrammet inkluderer vandkvalitet, bundfauna og –vegetation, fisk og skaldyr samt miljøfremmede stoffer /57/.

I moniteringsprogrammet er der indlagt opsamling af viden flere gange årligt, hvor de data der fremkommer under moniteringen benyttes til at foretage løbende justeringer i forbindelse med lagerudvidelsen.

Desuden vil data fra moniteringen danne grundlag for mulig udvikling af effektive afværgeforanstaltninger. Eksempelvis kunne man forestille sig en afværgeforanstaltning, som placeres foran vandindtaget for at mindske optaget af pelagiske larver/æg ved at indsluse så fersk vand som muligt. Dette gøres ud fra en antagelse om at æg, og til dels larver, vil opholde sig i relativt salt vand (pga. æggenes opdrift som er tilpasset en vis saltholdighed) /58/. Moniteringsdata vil vise hvorvidt en sådan afværgeforanstaltning er nødvendig samt tilvejebringe de nødvendige data for udformningen.

5. **Referencer**

- /1/ Ringkøbing Amt, Viborg Amt, Århus Amt, and Nordjyllands Amt, **2006**, "Vandrammedirektivets basisanalyse del II. Vurdering af vandforekomsters tilstand og en vurdering af risikoen for, at vandforekomsterne ikke kan opfylde regionplanmålene senest 22. december 2015 for oplandet til Limfjorden omfattende vanddistriktsmyndighed 65, 76 og 80.",
- /2/ Markager, S., Storm, L. M., and Stedmon, C. A., **2006**, "Limfjordens miljøtilstand 1985-2003. Sammenhæng mellem næringsstofftilførsler, klima og hydrografi belyst ved hjælp af empiriske modeller.", Danmarks Miljøundersøgelser,
- /3/ Limfjordsovervågningen, **2005**, "NOVANA - marin overvågning 2004-2009. Vandmiljø i Limfjorden 2004",
- /4/ By- og Landskabsstyrelsen, **2009**, "Limfjorden - statusnotat december 2006",
- /5/ By- og Landskabsstyrelsen, **2009**, "Limfjorden - statusnotat december 2006",

- /6/ By- og Landskabsstyrelsen, **2006**, "Lovns Bredning, Hjarbæk Fjord og Skals, Simested og Nørre Ådal, samt Skravad Bæk – N30. Natur. Basisanalyse med bilag."
- /7/ By- og Landskabsstyrelsen, **2006**, "Limfjorden - statusnotat december 2006",
- /8/ By- og Landskabsstyrelsen, **2009**, "Limfjorden - statusnotat december 2006",
- /9/ By- og Landskabsstyrelsen, **2009**, "Limfjorden - statusnotat december 2006",
- /10/ Christensen, P. B., Hansen, O. S., and Ærtebjerg, G., **2004**, "Iltsvind", Danmarks Miljøundersøgelser,
- /11/ By- og Landskabsstyrelsen, **2009**, "Limfjorden - statusnotat december 2006",
- /12/ Energinet.dk and Krog Consult A/S, **2008**, "LI. Torup lagerudvidelse. Konsekvenser for fisk og fiskeri.",
- /13/ Energinet.dk and Krog Consult A/S, **2008**, "LI. Torup lagerudvidelse. Konsekvenser for fisk og fiskeri.",
- /14/ Energinet.dk and Krog Consult A/S, **2008**, "LI. Torup lagerudvidelse. Konsekvenser for fisk og fiskeri.",
- /15/ Jakobsen, V. H., **1985**, "Fiskeribiologiske undersøgelser i forbindelse med Dansk Olie- og Naturgas A/S (DONG)'s vandindvinding i Hjarbæk Fjord. DF&H rapport 249",
- /16/ Viborg amtskommune, **1986**, "Hjarbæk Fjord undersøgelser 1986-1987 - fiskeribiologiske undersøgelser. Vand- og Miljøvesenets rapport 60",
- /17/ Danmarks Fiskeriundersøgelser, **2005**, "Fisk, fiskeri og epifauna - Limfjorden 1984-2004. Rapport nr. 147-05",
- /18/ Fiskeriministeriet, Ringkøbing Amt, Viborg Amt, Nordjyllands Amt, and Skov- og Naturstyrelsen, **1992**, "Statusredegørelse om fiskeriet i Limfjorden",
- /19/ Danmarks Miljøundersøgelser, **2006**, "Limfjorden i 100 år. Faglig rapport nr. 578",
- /20/ Fiskeridirektoratet, **2008**, "Dynamiske tabeller over landinger", www.fd.dk
- /21/ Danmarks Fiskeriundersøgelser, **12-21-0060**, "Bestandssituationen for blåmuslinger i Limfjorden og forvaltning af muslingefiskeriet. Notat 2005-31-0062",
- /22/ By- og Landskabsstyrelsen, **2008**, "Natura 2000 database"
- /23/ DTU Aqua, **2008**, "Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger",
- /24/ DTU Aqua, **2008**, "Regimeskift i Limfjorden"

- /25/ DTU Aqua, **2008**, "Fiskepleje.dk"
- /26/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse - projektbeskrivelse. Ref. 877204/540001",
- /27/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /28/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse - projektbeskrivelse. Ref. 877204/540001",
- /29/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /30/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /31/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /32/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /33/ Bentsen, S.-Å. Miljøcenter Aalborg, **2009**, "mail vedr. lagdeling i Lovns Bredning", Received by MBK.
- /34/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /35/ Energinet.dk and Ramboll, **2008**, "LI. Torup lagerudvidelse. Udledning af saltbrine i Lovns Bredning. Ref 877204/540015",
- /36/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /37/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /38/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /39/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",

- /40/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /41/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /42/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /43/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse. Saltvandsudledning i Lovns Bredning. Hydraulisk modellering - beskrivelse af lagdelingsforhold. Ref. 877204/540004",
- /44/ Energinet.dk and Ramboll, **2008**, "LI. Torup lagerudvidelse. Udledning af saltbrine i Lovns Bredning. Ref 877204/540015",
- /45/ Teknologisk Institut, **2009**, "Analyse af saltboreprøver fra LI. Torup naturgaslager for indhold af fosfor og bestemmelse af suspenderet stof samt partikelstørrelsesfordeling af suspenderet stof; opg. nr. 34128-2",
- /46/ DONG, **1-25-1989**, "Miljøpåvirkningsanalyse, herunder belysning af risikoforhold i.f.m. leachinganlægget i LI. Torup.",
- /47/ Rambøll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse - projektbeskrivelse. Ref. 877204/540001",
- /48/ Miljøstyrelsen, **2003**, "Punktkilder 2002. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet. Fagdatacenterrapport nr. 10",
- /49/ Chabannes, C. R. and Cherouvrier, L., **1996**, "Status report on the prediction of solid production during solution mining",
- /50/ Øie, G and Olsen, Y, **1993**, "Influence of rapid changes in salinity and temperature on the mobility of the rotifer *Brachionus plicatilis*", *Hydrobiologia*, Vol. 255/256, pp. 81- 86.
- /51/ Bhatnagar, K. M. and Crisp, D. J., **1965**, "The salinity tolerance of nauplius larvae of cirripedes", *The Journal of Animal Ecology*, Vol. 34, pp. 419- 428.
- /52/ Yaroslavtseva, L. M. and Sergeeva, E. P., **2006**, "Adaptivity of the bivalve *Mytilus trossulus* larvae to short- and long-term changes in water temperature and salinity", *Russian Journal of Marine Biology*, Vol. 32, pp. 82- 87.
- /53/ Sagert, S., Krause-Jensen, D., Henriksen, P., Rielling, T. and Schubert, H., **2009**, "Integrated ecological assessment of Danish Baltic Sea coastal areas by means of phytoplankton and macrophytobenthos", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- /54/ Krog Consult A/S, **2008**, "LI. Torup lagerudvidelse. Konsekvenser for fisk og fiskeri",

- /55/ Rambøll, **2008**, "LI. Torup lagerudvidelse. Støjredegørelse. Ref. 877204/08415600-P0006427",
- /56/ DONG, **1-25-1989**, "Miljøpåvirkningsanalyse, herunder belysning af risikoforhold i.f.m. leachinganlægget i LI. Torup",
- /57/ Energinet.dk and Ramboll, **2009**, "LI. Torup lagerudvidelse - forslag til monitoring af fysiske, kemiske og marinbiologiske parametre. Ref. 877204/540015",
- /58/ Energinet.dk and Krog Consult A/S, **2008**, "LI. Torup lagerudvidelse. Konsekvenser for fisk og fiskeri.",