

Scenariekørsler ved forskellige tiltag i Odense Fjord oplandet

Udgivet
Januar 2023

Forfatter:
Mathias Larsen

Organisation:
SEGES Innovation P/S

Indledning

Vandmiljø- og naturtilstanden i Odense Fjord har i mange år været alvorligt truet, og lider under store problemer med blandt andet tilførslen af næringsstoffer til fjorden, som medfører, at fjordens økologiske tilstand i dag karakteriseres som "ringe". Vurderingen er foretaget af Miljøstyrelsen på baggrund af biologiske indikatorer samt indholdet af en række miljøfarlige forurenende stoffer i fjorden. Med denne vurdering har det som konsekvens, at Odense Fjord i øjeblikket ikke lever op til de krav, der er sat i EU's vandrammedirektiv. Vandrammedirektivets mål er at sørge for at vand i Europa som minimum opnår "god" økologisk tilstand inden 2027, og i Danmark er målet at opfylde disse krav løbende frem til 2027.

I forbindelse med at opnå god økologisk tilstand i de danske fjorde og indre farvande, er det blevet besluttet på nationalt plan at oprette såkaldte kystvandråd, der har til formål at undersøge nye og alternative veje til at opnå de lokale såvel som nationale vandmiljømål. Her er de overordnede formål med kystvandrådsarbejdet at udarbejde forslag til et indsatsprogram, som kan opfylde målene og kravene sat i EU's vandrammedirektiv. Dette skal gøres ved blandt andet anvendelse af lokal viden til at foretage fagligt velkvalificerede og lokalt funderede analyser af kystvandene.

Odense Kommune er én af de i alt fire kommuner, som er blevet udpeget til oprettelse af et kystvandråd, og det består overordnet set af ni aktører fra Odense Fjord Samarbejdet samt Dansk Ornitologisk Forening Fyn, Friluftsrådet og Dansk Sportsfiskeriforbund. Odense Fjord Samarbejdet er et partnerskab, som blev stiftet af en række offentlige myndigheder, private virksomheder og organisationer, som er gået sammen om at finde og iværksætte tiltag og løsninger i fjorden og oplandet gennem lokal viden for at forbedre vandmiljøtilstanden i Odense Fjord.

I denne rapport beskrives det arbejde, som vedrører scenariekørsler ved forskellige tiltag i Odense Fjord oplandet, og der er fokus på at undersøge udvaskningen af næringsstoffer til Odense Fjord gennem de forskellige scenarier. Til dette arbejde er oplandsmodellen SWAT+ blevet anvendt til at beskrive udvaskningen i fjorden. SWAT+ er en anerkendt open source-model, der bruges til at beregne oplandsbaserede simulationer af vandstrømninger og næringsstoftransporter. Modellen er opsat, kalibreret og valideret med data om topografi, arealanvendelse, jordtype, markkort, klima samt punktdata fra vandløb og målestationer placeret i oplandet. Den færdigkalibrerede model beskriver udvaskningen til Odense Fjord fra 2012 til og med 2016 under tilsvarende forhold vi ser i dag, og den repræsenterer en baseline-model, som efterfølgende vil blive sammenlignet med de forskellige scenarier.

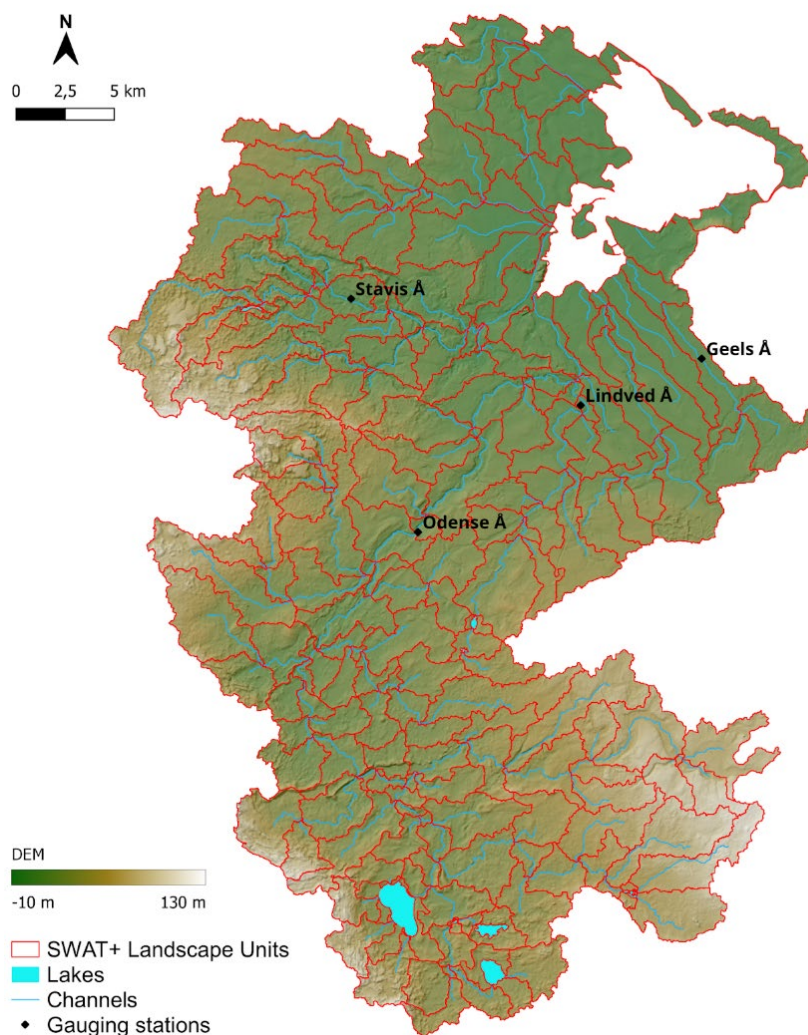
Der ønskes både at lave ekstremscenarier og realistiske modelscenarier. Ekstremscenariernes formål er en sensitivitetsanalyse, hvor modellens sensitivitet over for ændringer i arealanvendelsen vil blive undersøgt. Derudover skal ekstremscenarierne også bruges til at opgøre det fulde potentiale for reduktion af kvælstof i oplandet, hvis virkemidlerne bliver implementeret i en ekstrem grad. I alt er der opstillet og kørt tre ekstremscenarier, som ikke er realistiske at implementere i virkeligheden; et græsmarkscenarie, et vådområdescenarie og et kombineret scenarie. Efterfølgende ønskes det også at opstille mere realistiske scenarier, hvor alle vådområder, som er potentielt mulige at realisere i oplandet i dag, vil blive implementeret i modellen. Derfor er der i første omgang blevet udarbejdet et kort, som viser alle potentielle vådområder i oplandet. Udarbejdelsen af dette kort skete ved en workshop afholdt sammen med Odense Fjord Samarbejdet og Kystvandrådet. Da det er besværligt at afgøre, hvad der reelt udgør et vådområde i Odense Fjord oplandet i dag, er der efterfølgende blevet lavet to udgaver af potentialekortet. Begge udgaver af potentialekortet er blevet kørt som hvert sit scenarie i modellen. Gennemsnittet af de to modelresultater er sidenhen blevet indsendt til DHI, som bruger resultatet af oplandsmodellen som input til deres fjordmodel.

Model- og scenarieopsætning

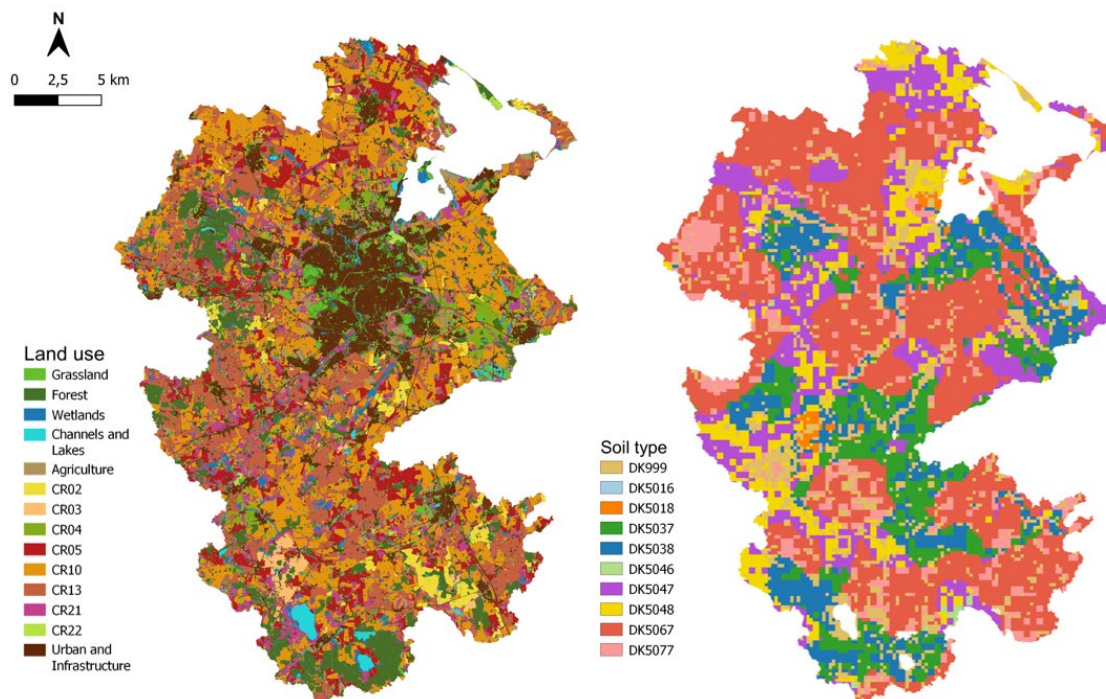
Herunder følger en kort beskrivelse af opsætningen af SWAT+ modellen samt de enkelte scenarier, som er blevet implementeret i modellen.

SWAT+ modellen

Soil and Water Assessment Tool (SWAT+) er et modelværktøj, der er designet til at udføre oplandsmodelleringer af de hydrologiske processer og stoftransporter i naturlige systemer. Modelopsætningen er udført med input data, der beskriver oplandets topografi, jordartstyper, arealanvendelser, vejr- og klimaforhold samt placering af søer og vandløb. Derudover er der til bedrifterne blevet tilføjet typesædskifter, der er repræsentative for bedrifterne i Odense Fjord oplandet. Modellen er kalibreret og valideret på baggrund af daglige målinger af afstrømning og næringsstoftransport ved fire målestationer. Den kalibrerede model repræsenterer baseline-modellen. En oversigt over modellens inddeling af oplandet, vandløb og søer ses på figur 1 mens arealanvendelse og jordbundstypekort ses på figur 2.



Figur 1. Odense Fjord oplandet inddelt i SWAT+ landskabsenheder, vandløb og søer.



Figur 2. Arealanvendelses- og jordbundstypekort anvendt i SWAT+ modellen.

Ekstremscenarier

Med udgangspunktet i at lave en sensitivitetsanalyse af SWAT+ modellen udarbejdes en række ekstremscenarier, som skal afdække modellens sensitivitet overfor ændringer i arealanvendelsen. Herudover skal analysen også beregne effekten af det fulde reduktionspotentiale, som kun opnås, hvis virkemidlerne bliver implementeret i en ekstrem grad. I alt er der lavet tre ekstremscenarier, som er blevet kørt i SWAT+ modellen:

1. Et **græsmarkscenarie**, hvor alle marker i oplandet omlægges til permanente græsarealer.
2. Et **vådområdescenarie**, hvor hele arealet indenfor ådalene i oplandet er blevet genoprettet til vådområder på nær steder med by- og beboelsesarealer.
3. Et **kombineret scenarie**, som kombinerer de to forrige ekstremscenarier. I dette scenarie er alle dyrkede arealer på højbundsjordene i oplandet ændret til permanente græsarealer og i ådalene er vådområder blevet genoprettet på hele arealet med undtagelse af by- og beboelsesområder.

Bemærk, at ændringerne i arealanvendelsen, som er beskrevet til de forskellige ekstremscenarier, er foretaget i den kalibrerede oplandsmodel. Herved kan effekten af virkemidlerne i ekstremscenarier sammenlignes med baseline-modellen.

Realistiske scenarietkørsler

Der er også udarbejdet scenarietkørsler, hvor virkemidler og tiltag i oplandet implementeres i en realistisk grad. I dette projekt ønskes der at genoprette så mange vådområder som muligt i Odense Fjord oplandet. Modsat virkemidlerne, som er implementeret i de forrige ekstremscenarier, er der her kun tale om genopretning af vådområder, som er potentielt mulige at etablere i landskabet i dag. Dette kræver lokal viden om arealanvendelsen i oplandet vedrørende hvor de allerede-etablerede vådområder eksisterer i dag samt viden om områder, hvor det ikke er muligt at etablere vådområder. Derfor er det nødvendigt at kortlægge alle de områder, hvor der potentielt kan genetableres et vådområde, før de realistiske scenarier kan opstilles.

I forbindelse med kortlægningen af de potentielle vådområder blev der afholdt en workshop sammen med Kystvandrådet og Odense Fjord Samarbejdet d. 9. oktober 2023 i Odense. Målet med denne workshop var at udarbejde et potentialekort over realistiske vådområder i Odense Fjord oplandet. Før workshoppen blev der forberedt fysiske kort hvorpå oplandets ådale var indtegnet inklusiv potentielle områder til vådområdeetablering. Disse kort blev medbragt til workshoppen i Odense og hængt op i lokalet således det var muligt at iagttage og diskutere kortene i små grupper. Øvelsen gik herefter ud på at grupperne i fællesskab tilrettede og fjernede de områder på potentialekortene, som var uegnet til genoprettelse af vådområder. Dette kunne f.eks. skyldes, at områderne i dag enten består af by- og beboelsesarealer eller allerede realiseret og implementeret vådområder. Tilretningen af potentialekortene skete i samarbejde med kommuner og interessenter således den lokale viden for Odense Fjord oplandet blev sat i spil.

Efter workshoppen blev de tilrettede potentialekort evalueret, og alle tilretningerne blev gennemgået og indtegnet i et nyt opdateret potentialekort. Udover tilretningerne fra workshoppen er der også blevet anvendt viden fra VMPII og VP3 til at ekskludere yderligere arealer, som omfatter:

- Vådområder, man med sikkerhed ved er etableret (VMPII)
- Infrastruktur (VP3-arealanvendelse)
- §3-Beskyttede søer og overdrev
- Veje (vej-midte med udlagt 10 meters buffer omkring)

Det var nødvendigt at lave to udgaver af potentialekortet med hver sine forskellige tilretninger. Dette skyldes, at der hersker en del usikkerhed på hvor de allerede etablerede vådområder eksisterer i dag. Enkelte ådale i dag, som har været drænet og anvendt som landbrugsjord, er langsomt ved at forringes som dyrkbare jorde, og det er besværligt at opgøre hvad der er vådområder i dag. På figur 3 ses et eksempel på overestimering af vådområder i VP3. Her er arealer, som lægger et stykke fra å-systemet, blevet fejlklassificeret som et vådområde. På figur 4 ses det modsatte eksempel, hvor der er tale om underestimering af vådområder. Her ses et vådt område langs et å-system, som ikke er blevet klassificeret som et vådområde.

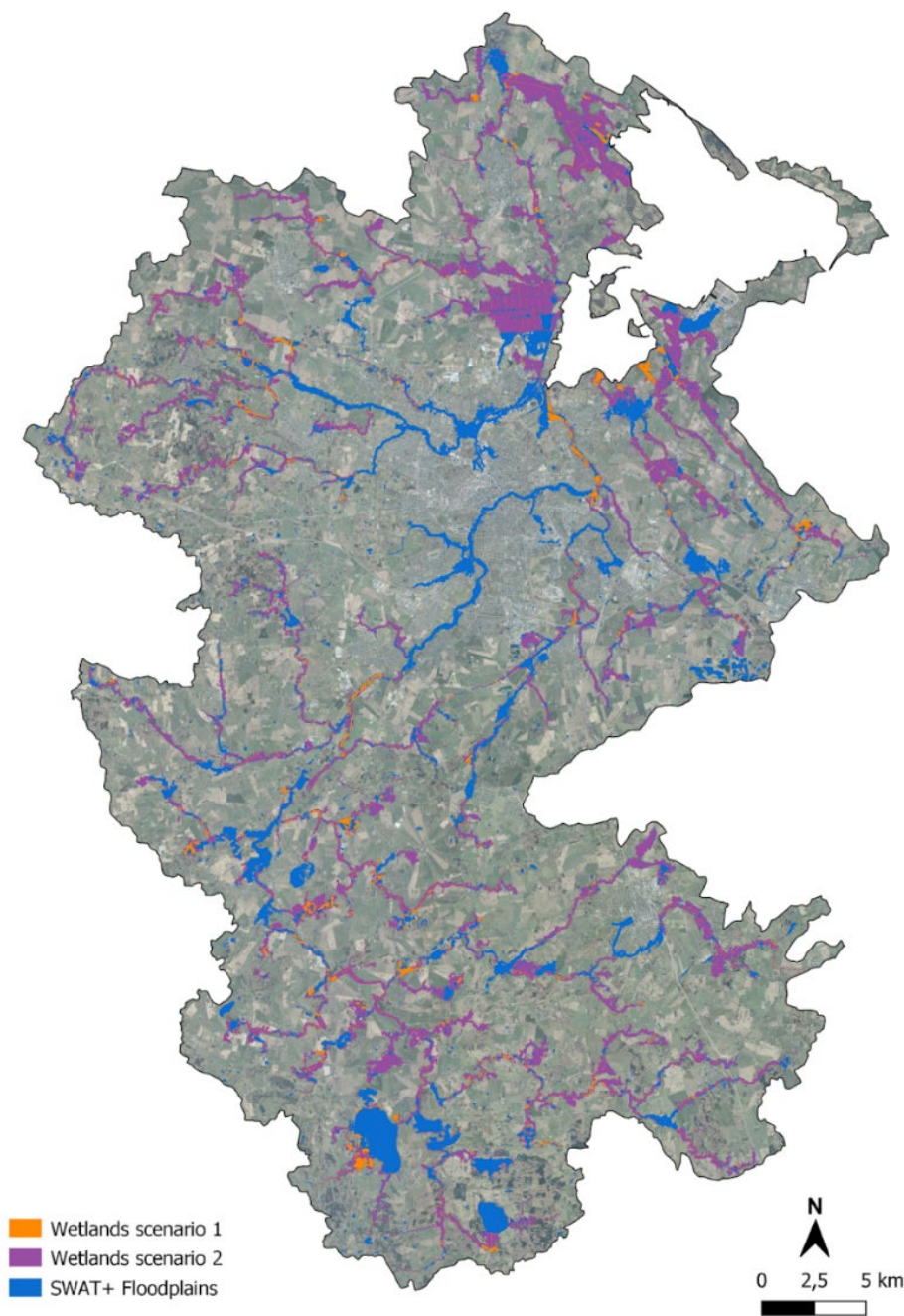
Der er derfor behov for at lave to udgaver af potentialekortet, som hvert giver sit realistiske bud på det maksimale potentiale for genoprettelse af vådområder i Odense Fjord oplandet. Det første bud baseres på hvad der klassificeres som vådområder i SWAT+ modellen, mens det andet bud er baseret på VP3. Kortlagene over udgave 1 og 2 af potentielle vådområder ses på figur 5, og det fremgår heraf at arealet af vådområder i udgaven baseret på VP3 er mindre sammenlignet med udgaven baseret på SWAT+. Arealet af vådområder i de to udgaver udgør 11533 ha og 9188 ha, hvilket svarer til en arealforøgelse på hhv. 7871 ha og 5526 ha i forhold til baseline-modellen. Altså er der tale om et optimistisk scenarie med flere vådområder (udgave 1) og et mere forsigtigt scenarie med færre vådområder (udgave 2).



Figur 3. Eksempel på et område, hvor vådområdet overestimeres. De blå aftegninger viser arealer, som er klassificeret som et vådområde i VP3. Bemærk de blå aftegninger, som ligger på græsarealer et stykke fra å-systemet.



Figur 4. Eksempel på et område, hvor vådområdet underestimeres. De blå aftegninger viser arealer, som er klassificeret som et vådområde i VP3. Bemærk de våde arealer langs åen, som ikke er blevet klassificeret som vådområde.



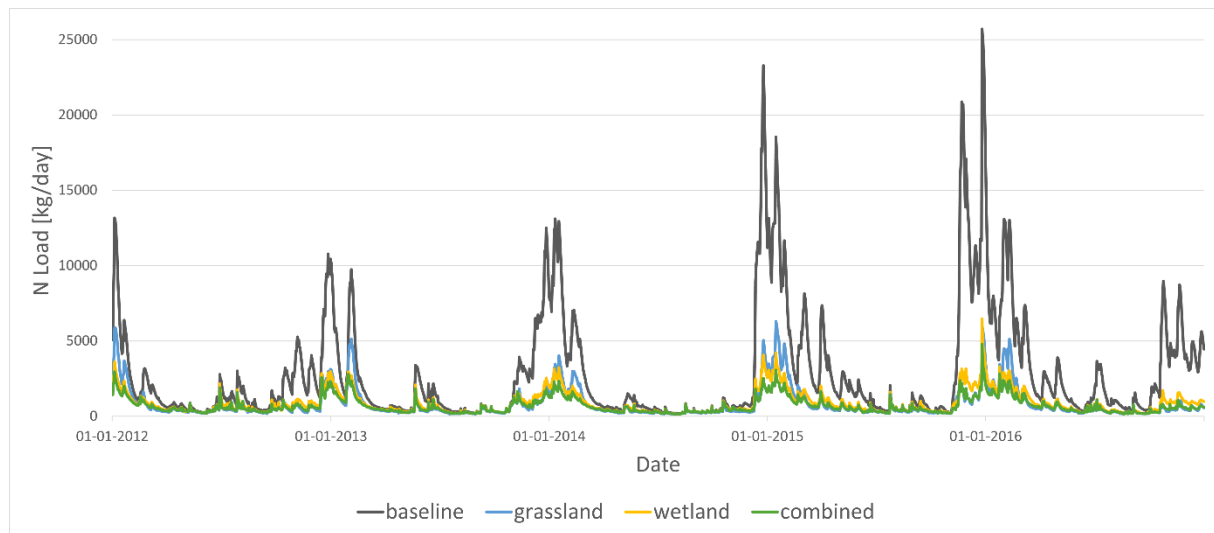
Figur 5. Kortet viser de to udgaver af placeringen af potentielle vådområder i Odense Fjord oplandet. Der er tale om et optimistisk bud (Orange), som er baseret på potentielle vådområder fra SWAT+ modellen, og et mindre optimistisk bud (Lilla), som er baseret på VP3. De blå områder viser ådale, som er udregnet af SWAT+ modellen.

Resultater og diskussion

I følgende afsnit vil resultaterne af ekstremscenarierne og de realistiske scenarier blive præsenteret og diskuteret.

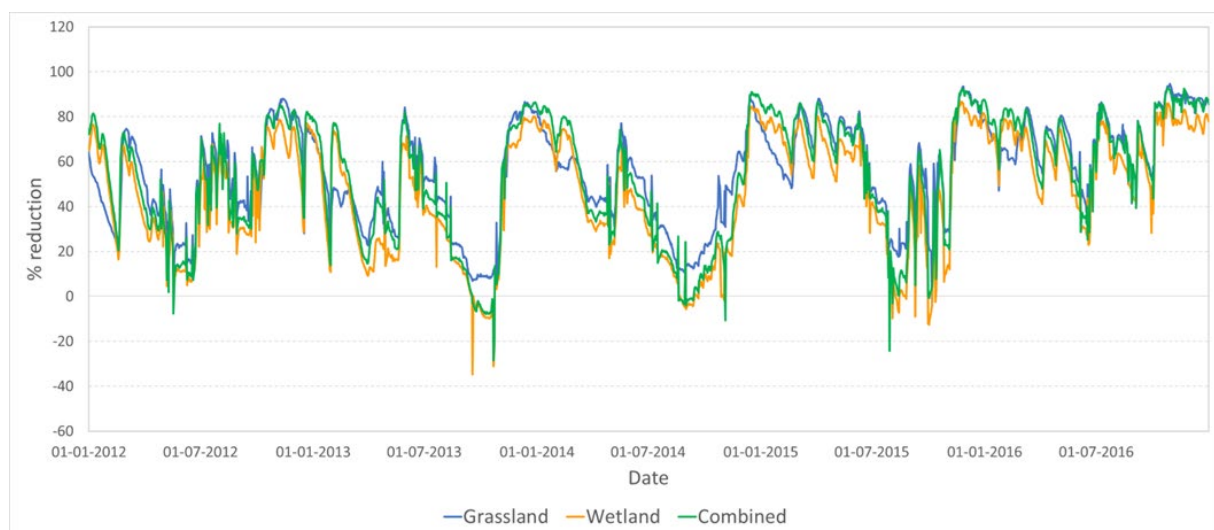
Ekstremscenarier

Modelresultater over daglige kvælstoftransporter, udregnet ved ekstremscenarierne, kan ses på figur 6, som viser den daglige sum af kvælstofudvaskning til Odense Fjord. De største værdier af udvaskning ses generelt i vinterhalvåret, hvor der i nogle af dagene i 2015 og 2016 kan udledes op mod 25 ton kvælstof i baseline-modellen. Af figuren fremgår det også at der sker en kraftig reduktionseffekt ved implementering af ekstremscenarierne.

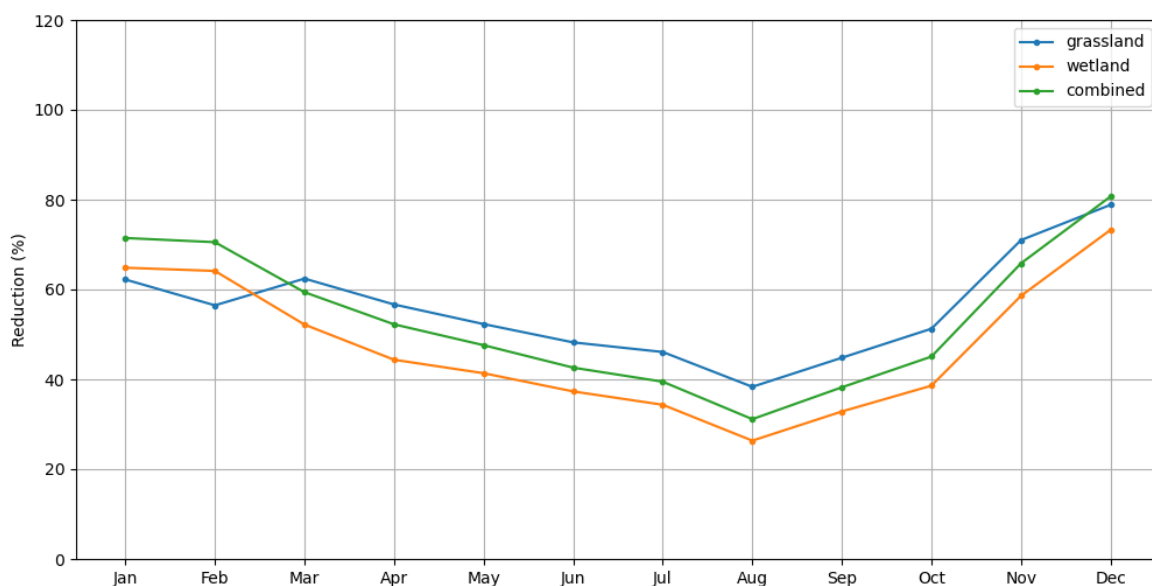


Figur 6. Daglige kvælstoftransporter i ekstremscenarierne.

Den daglige og månedlige procentvise effekt af reduktionen i ekstremscenarierne ses på hhv. figur 7 og 8. Overordnet set er reduktionerne for de tre ekstremscenarier meget ens. De største forskelle mellem de tre scenarier ses i sommerperioden 2013 og 2014, hvor sommeren generelt var tør. Derimod var sommeren i 2016 forholdsvis våd og præget af mange regnskyl og mindre oversvømmelser, hvilket resulterer i en relativ høj nitratreduktion i alle scenarierne. Ser man på de månedlige midler af reduktion i sommerperioden er reduktionen i græsmarkscenariet større end de andre scenarier. Omvendt ses der i vinterperioden en større nitratreduktion i både vådområdescenariet og det kombinerede scenarie sammenlignet med græsmarkscenariet.



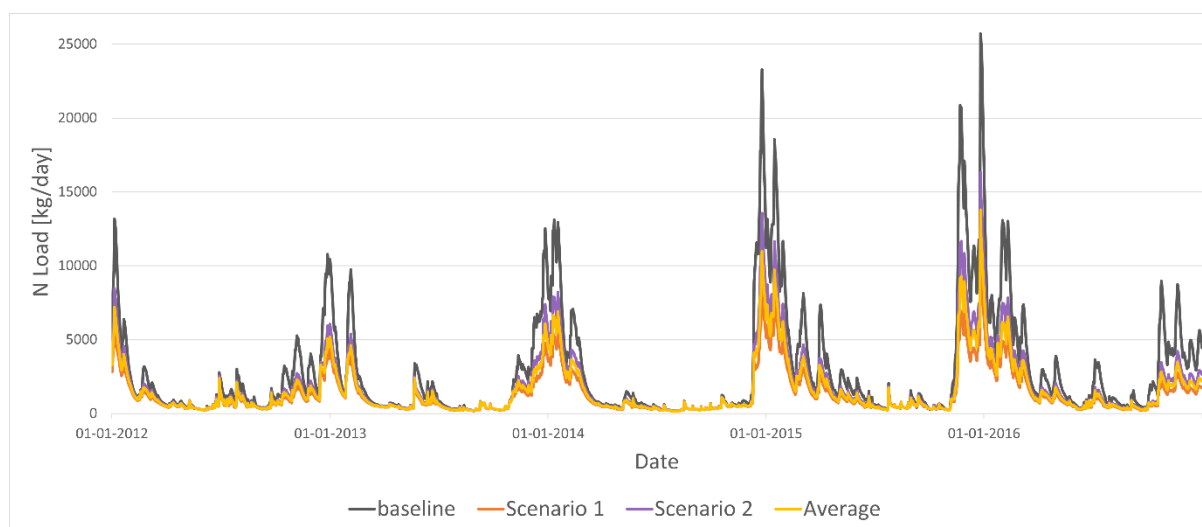
Figur 7. Daglige reduktioner af kvælstoftransport i de tre ekstremscenarier.



Figur 8. Månedligt gennemsnit af reduktionen i de tre ekstremscenarier.

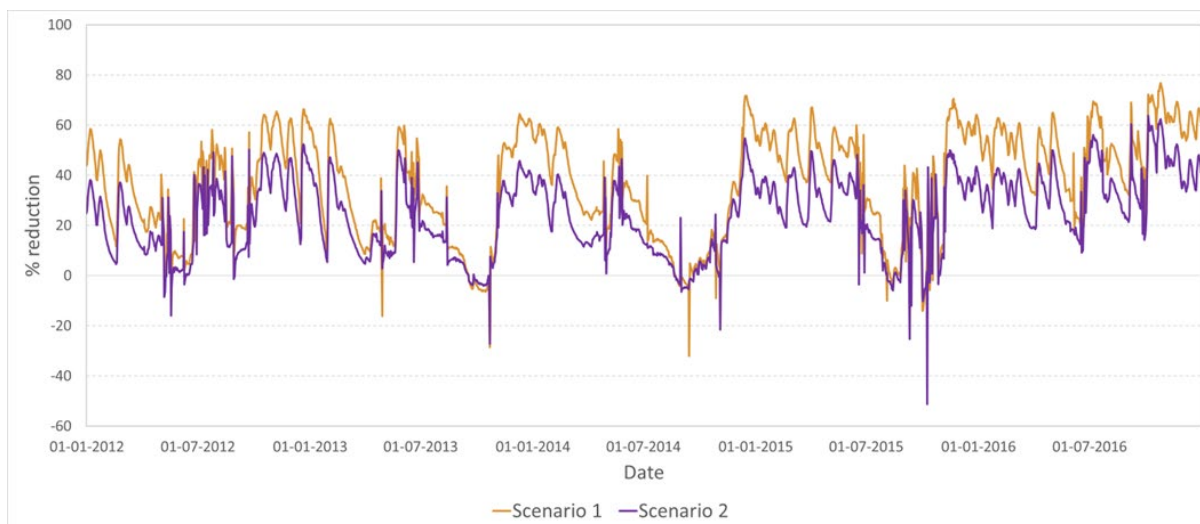
Realistiske scenarier

Daglige kvælstoftransport for de to realistiske scenarier samt deres gennemsnit kan ses på figur 9. Overordnet set følger de den samme udvikling på tværs af årene, og det ses at de næsten har ens værdier af kvælstofudledning til Odense Fjord.

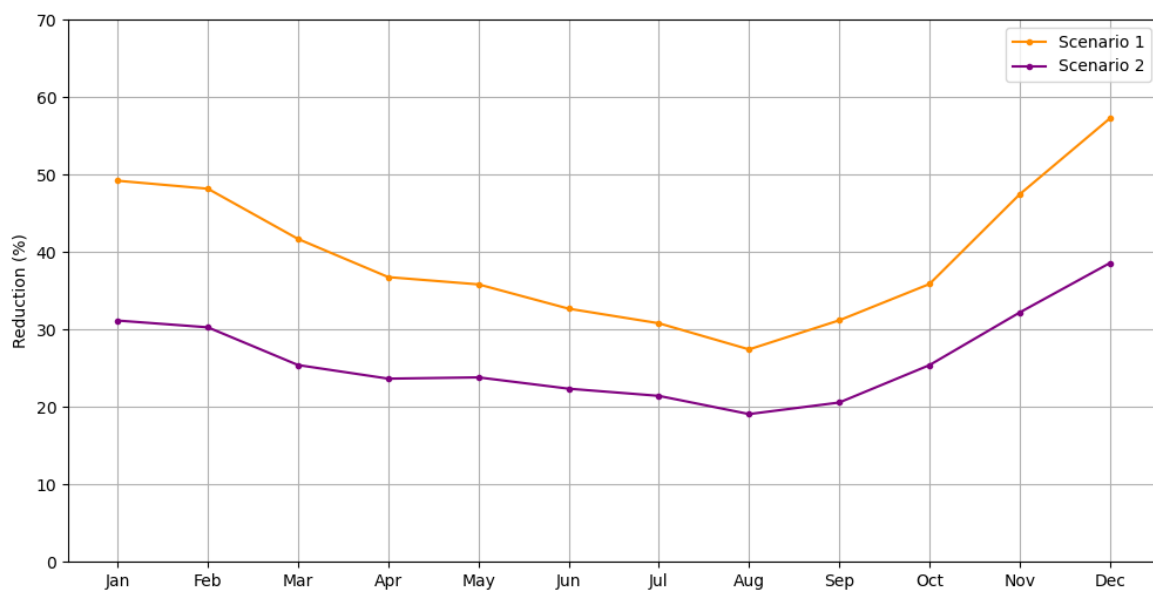


Figur 9. Daglige kvælstoftransporter i de to realistiske scenarier.

På figur 10 ses de daglige reduktioner for de to udgaver af realistiske vådområdescenarier, mens det månedlige gennemsnit over perioden kan ses på figur 11. Overordnet set fremgår der af begge figurer at udgave 1 har det største reduktionspotentiale sammenlignet med udgave 2. Alt efter hvilken måned er der omtrent en forskel imellem dem på 10-20%. Det ses, at udgave 1 har det største reduktionspotentiale sammenlignet med udgave 2, og reduktionen i vintermåneden når over 50%. I sommerperioden ligger reduktionen generelt omkring 30-35%, men når sit laveste på omtrent 25% i august. I udgave 2, hvor reduktionspotentialet overordnet set er mindre, topper reduktion på næsten 40% i vinterperioden, mens der i sommerperioden reduceres med omkring 20%.



Figur 10. Daglige reduktioner for de to udgaver af realistiske scenarier i Odense Fjord oplandet. Udgave 1 (Orange) giver det mest optimistiske bud på potentielle vådområder, mens udgave 2 (Lilla), som er baseret på VP3, er mindre optimistisk.



Figur 11. Månedligt gennemsnit af reduktionen i de to udgaver af realistiske scenarier.

Opsummering

Herunder følger en kort opsummering af det samlede arbejde der er foretaget i forbindelse med projektet. Overordnet set har målet med projektet været at undersøge udvaskningen af næringsstoffer til Odense Fjord gennem en kørsel af en række forskellige modelscenarier.

Månedlige midler af nitratreduktionen for ekstremscenarierne kan ses i tabel 1. Af tabellen fremgår det, at reduktionen i de tre ekstremscenarier generelt er meget ens. De største reduktioner ses i vintermånederne, hvor reduktionen er på 66-74% på tværs af scenarierne. Omvendt opleves de laveste reduktioner i sommerhalvåret, og værdierne ligger omkring 33-44% afhængigt af scenariet. Græsmarkscenariet, hvor al landbrug er omlagt til permanente græsarealer, har gennemsnitligt set den største reduktionseffekt, som årligt ligger omkring 55,7%. Derimod ses den laveste, årlige effekt i vådområdescenariet med en gennemsnitlig reduktion på 47,4%. Midt imellem de to scenarier finder man det kombinerede scenarie, som har en reduktionseffekt på 53,7%.

Tabel 1. Nitratreduktion for ekstremscenarierne i procent. Midlet over DJF (December, januar og februar), MAM (Marts, april og maj), JJA (Juni, juli og august), SON (September, oktober og november) samt et årligt gennemsnit.

	Reduktion				
	DJF	MAM	JJA	SON	Årligt gns.
Græsmarkscenarie	65,9%	57,1%	44,2%	55,7%	55,7%
Vådområdescenarie	67,4%	46,0%	32,7%	43,3%	47,4%
Kombineret scenarie	74,2%	53,1%	37,8%	49,7%	53,7%

I de realistiske scenarier er der givet to bud på, hvordan potentielle vådområder kan implementeres i Odense Fjord oplandet. Deres samlede arealer og tilhørende nitratreduktion kan ses i tabel 2. I de to scenarier er der genetableret 11533 ha og 9188 ha vådområder, hvilket svarer til en arealforøgelse på hhv. 7871 ha og 5526 ha i forhold til baseline modellen. Altså udgør scenarie 1 et mere optimistisk bud på vådområdegenopretning mens der i scenarie 2 er givet et mere forsigtigt bud. Derfor ses den største nitratreduktion naturligvis i scenarie 1, hvor der gennemsnitligt reduceres med 39,5% om året. I scenarie 2 opleves der gennemsnitligt en årlig reduktion på 26,1%. Den månedlige variation er ens i begge scenarier, hvor de største reduktioner opleves i vinterhalvåret og de mindste i sommerhalvåret.

Tabel 2. Nitratreduktion for de realistiske scenarier i procent med tilhørende arealer af vådområder. Nitratreduktionen er midlet over DJF (December, januar og februar), MAM (Marts, april og maj), JJA (Juni, juli og august), SON (September, oktober og november) samt et årligt gennemsnit.

	Vådområde areal	Arealforøgelse (ift. Baseline)	Reduktion				
			DJF	MAM	JJA	SON	Årligt gns.
Scenarie 1	11533 ha	7871 ha	51,5%	38,0%	30,3%	38,1%	39,5%
Scenarie 2	9188 ha	5526 ha	33,3%	24,3%	20,9%	26,0%	26,1%

Referencer