

Klima-Lavbund, Sønder Borup: Evaluering af hydrologisk tilstand og indvirkning på drivhusgasudledning

DIPLOM VAND OG MILJØ
Gruppe: Katrine Leth Teisen og
Sebastian Friis-Wandall
Byggeri & Anlæg
Aalborg Universitet
Dato: 11/01-2024



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Fjerde studieår på fakultet Engineering & Science

B.Sc. in Water and Environmental Engineering

Thomas Manns Vej 23

9000 Aalborg

<https://studieordninger.aau.dk/2021/27/2462>

Titel:

Klima-Lavbund, Sønder Borup:
Evaluering af hydrologisk tilstand og
indvirkning på drivhusgasudledning

Projektperiode:

01/11-2023 - 11/01-2024

Projekt:

Diplom - Afgangprojekt

Deltagere:

Katrine Leth Teisen

Sebastian Friis-Wandall

Vejleder:

Søren Liedtke Thorndahl

Antal sider: 78

Afsluttet: 11/01/2024

Synopsis:

Nærværende studie omhandler, hvordan drivhusgasudledningen kan sænkes i landbruget ved det politiske tiltag klima-lavbund. Klima-lavbundsprojekter har til formål at udtage kulstofholdige arealer, hvor tørvejorde har et kulstof indhold, der er større end 6%. Ved at genskabe områder fra dræned landbrugsarealer til områder med deres naturlige hydrologi, vil de kulstofholde jorde ikke være blotlagt. Det vil mindske tørvejordens indhold af kulstof fra at gå i forbindelse med atmosfærens ilt og udskille CO₂. Ved genskabelse af den naturlige hydrologi vil dræn sløjfes og tørveholdige områder dækkes af vand, hvilket danner anaerobe forhold, hvor udledningen af CO₂ hindres. Klima-lavbunds arealer implementeres lokalt ved Sønder Borup, hvor det er undersøgt i samarbejde med Artelia Aalborg, hvilken effekt omlægningen vil have for drivhusgasudledningen og næringsstoftransport. Undersøgelse af området er udført gennem feltarbejder foretaget i oktober, hvor målinger og analyser på feltprøverne, er foretaget efterfølgende. Pejlingerne er sammenholdt med de to danske grundvandmodeller DK-model2019 og HIP100x100, hvor det er konkluderet at HIP modellen stemmer bedst overens med de pejlinger, der er foretaget i feltet. Det er yderligere undersøgt om HIP kan anvendes som et prioriteringsværktøj for projekt rækkefølgen af klima-lavbundsprojekter.

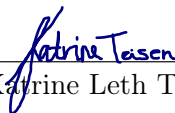
Forord

Dette afgangsprøjsjekt er udarbejdet af Katrine Leth Teisen og Sebastian Friis-Wandall på studieretningen Byggeri og anlæg, Vand & Miljø på Aalborg Universitet. Projektets overordnede tema omhandler indvirkning af drivhusgasudledningen for klima-lavbundsjsorde ved anvendelse af data fra DK-modellen og HIP sammenlignet med pejlinger foretaget i undersøgelsesområdet ved Sønder Borup, Viborg. Projektet er skrevet i samarbejde med Artelia A/S, Aalborg, som vi er yderst taknemmelige for har stillet pejlebrønde til rådighed, og delt analysesvar og givet sparring undervejs. I samarbejde med Artelia A/S er der indsamlet jordprøver og opsat pejlebrønde. Derudover skal der lyde et stort tak til vejleder Søren Liedtke Thorndahl for løbende vejledning.

Læsevejledning

I rapporten forekommer kildehenvisninger, der er samlet sidst i rapporten. Kildehenvisningerne er angivet med Harvard metoden, hvor efternavnet på forfatteren kommer først og dernæst udgivelsesåret [Efternavn, år].

Figurer, tabeller og ligninger er nummereret afhængigt af kapitlet. Eksempelvis vil første figur i kapitel 1 være angivet med nummer 1.1, første figur i kapitel 2 er nummereret 2.1 og så fremdeles. Der er tilknyttet en række bilag til rapporten, der indeholder materiale til de forskellige kapitler. Der er henvist til bilagsmaterialet i de kapitler, hvor bilagene er relevante.


Katrine Leth Teisen

Sebastian Friis-Wandall
Sebastian Friis-Wandall

Abstract

Climate Lowland is a political initiative developed to reduce greenhouse gas emissions. The initiative involves converting previously drained agricultural land into Climate Lowland areas, where drainage is eliminated with the assumption that both greenhouse gas emissions and nutrient transport are reduced.

This project is carried out in collaboration with Artelia Aalborg's Natur og Miljø department, where an ongoing Climate Lowland project in Sønder Borup, Viborg, has taking place. Fieldwork has been conducted in connection with the project.

Currently, there are models of groundwater depth and near-surface groundwater, covered by the DK-model and the Hydrological Information and Prediction System (HIP model). In this project, the investigation focuses on whether this existing data is sufficient to provide a realistic picture of the study area at Sønder Borup. The DK-model represents a groundwater model for the entire country; therefore, local factors are expected to play a significant role. The HIP model is understood as a nationwide near-surface groundwater model and is known for its capability to predict near-surface groundwater levels based on multiple factors with statistical uncertainty.

Data from the models are compared with measurements taken in the study area during fieldwork. Additionally, the study examines whether any differences in groundwater levels influence the emission of greenhouse gases and nutrients in the soil, and if so, to what extent.

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1 Danmark og klima-lavbund	1
1.1 Politiske klima mål	1
1.2 Klima-Lavbund	2
Kapitel 2 Problemformulering	5
 Del I Undersøgelsesområdet ved Sønder Borup	 7
Kapitel 3 Undersøgelsesområdet Sønder Borup	8
3.1 Undersøgelsesområdets geologiske forhold	10
3.2 Undersøgelsesområdets hydrologi	14
 Del II Feltarbejde	 20
Kapitel 4 Organisk kulstofindhold	21
Kapitel 5 Fosfor prøvetagning	23
5.1 Jordprofilbeskrivelse	24
5.2 Intakt volumenprøve	26
5.3 Blandeprøve	27
Kapitel 6 Pejlebrønde	29
6.1 Pejlinger foretaget november og december	30
 Del III HIP og DK-modellen	 32
Kapitel 7 DK-modellen og det Hydrologisk informations prognosesystem	33
7.1 Den nationale vandressource model, DK-model2019	33
7.2 Hydrologisk informations prognosesystem (HIP)	34
7.3 DK-modellen2019 & HIP100 sammenholdt med pejlinger	37
7.4 Grundvandsstanden i HIP vs. kulstofholdige jorde, Sønder Borup	41
7.5 Grundvandsstanden i HIP vs. med kulstofholdige jorde, Danmark	42

Del IV	Næringsstoffer og drivhusgasudledning ift. lavbundsarealer	45
Kapitel 8	Næringsstof tilbageholdelsen i undersøgelsesområdet	46
8.1	Fosforfordelingen i undersøgelsesområdet	46
8.2	Kvælstofbelastningen i undersøgelsesområdet	50
8.3	Næringsstofudvaskning og klimafremskrivninger	52
Kapitel 9	Udledningsreduktion af drivhusgasser i undersøgelsesområdet	53
Del V	Afrunding af projektet	56
Kapitel 10	Diskussion	57
Kapitel 11	Konklusion	63
Kapitel 12	Perspektivering	65
Litteratur		66
Appendiks A	Fosfor beregninger	71
Appendiks B	Kvælstof beregninger	75
Appendiks C	CO₂ beregninger	77

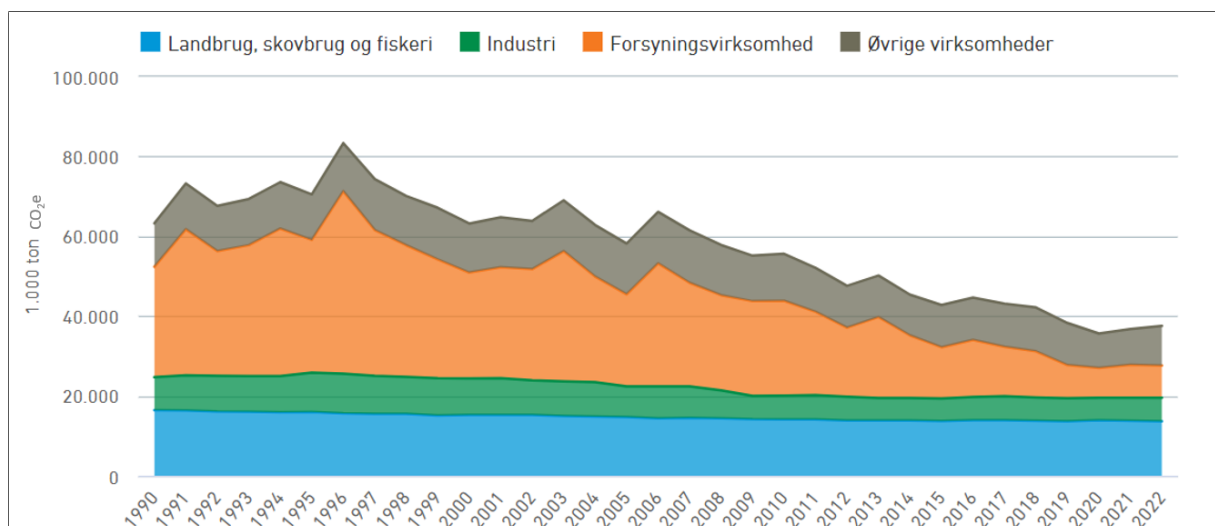
1 Danmark og klima-lavbund

I Danmark er målet i 2030, at den samlede drivhusgasudledning skal reduceres med 70% ift. 1990. Der er politisk foretaget flere tiltag, der skal bidrage til dette, heriblandt landbrugssektoren. Landbruget stod, i Danmark 2016, for cirka en femtedel af den samlede drivhusgasudledning. Siden hen er der politisk blevet implementeret en række initiativer, herunder lavbundsordninger. [Retsinformation, 2021]

1.1 Politiske klima mål

Med nuværende tiltag er prognosen, at Danmark i 2030 kan forvente en reduktion på 63,1%, hvorved der vil mangle 6,9% svarende til en reduktion på 5,4 millioner tons CO₂-ækvivalenter (CO₂e). [Klima- Energi- og Forsyningsministeriet, 2023] CO₂e er en måde hvorpå andre drivhusgasser kan udtrykkes i form af CO₂, baseret på deres relative globale opvarmningspotentiale. [DCE Nationalt Center for Miljø og Energi, 2023] f.eks. på en 100 års periode svarer udledningen af 1 ton metan (CH₄) til 25 ton CO₂.

Prognosetallene er skønnet ved, at Danmark har fået skabt en reduktion af CO₂e på 44% i 2022 ift. 1990, med fordelingen indenfor sektorerne, landbrug, skov og fiskeri, industri, forsyningsvirksomheder og øvrige virksomheder, som vist på figur 1.1. [Danmarks statistik, 2022]



Figur 1.1. CO₂e udledning fra forskellige brancher pr. år. [Danmarks statistik, 2022]

Udledningen af CO₂e har i landbruget været konstant, og det er igennem de sidste år blevet landbrug, skovbrug og fiskeri sektoren, der yder det største bidrag til drivhusgasudledningen.

Landbrugsjorder har flere interessenter og der er i dette projekt undersøgt nærmere ift. lavbundsjorder. I Danmark udgør lavbundsjorder ca. 7% af det danske landbrugsareal, men står for omkring halvdelen af den samlede CO₂e udledningen fra landbruget. [Kirkebæk, 2023] Til omlægningen af lavbundsjorder er gjort politiske tiltag som beskrevet i følgende afsnit.

Ordninger, økonomi og område anvendelse

I 2023 er der tre måder, hvorpå der kan opnås tilskud til omlægning af landbrugsarealer til lavbund-, eller klima-lavbund områder. De tre tiltag er fra forskellige styrelser, og har forskellige krav til undersøgelser, udførsel og hvem der kan søge. De er listet herunder:

- Naturstyrelsen med ordningen Klima-lavbund projekter, i samarbejde med kommuner og landbrugsorganisationer.
- Landbrugsstyrelsen med ordningen Lavbundsordning, hvor kommuner og Naturstyrelsens lokale enheder kan søge
- Miljøstyrelsen med tilskudsordningen Klima-lavbund ordning, hvor kommuner, private lodsejere og fonde kan søge.

Ved omlægning af landbrugsarealer til lavbund kan områderne efter omlægning anvendes til afgræsning, jagt og slæt. [Miljøministeriet - Miljøstyrelsen, 2023] Økonomisk modtager lodsejeren en engangskompensation, hvor størrelsen på denne kompensation afhænger af den nuværende arealanvendelse og typen af landbrugsafgrøder, der var på arealerne før klima-lavbund projektets start. Takseringen i ordningen er angivet i tabel 1.1. Omdriftsarealer er et almindeligt dyrket areal såsom korn eller lignende, hvor permanent græs er landbrugsarealer, der er udlagt med græs eller andet grøntfoder og har været dyrket sådan i fem år eller flere i streg. Naturarealer er områder der ikke dyrkes. [INNIVATION, 2023]

Tabel 1.1. Engangskompensation ved klima-lavbund ordning. [INNIVATION, 2023]

Omdriftsarealer	Permanent græs	Naturarealer
82.500 kr/ha	35.500 kr/ha	4.500 kr/ha

Ambitionen fra Landbrugsaftalen 2021 er, at 100.000 ha lavbundsjorder udtages af produktion frem mod 2030, for at nedsætte landbrugs-, skovbrugs- og fiskerisektorens drivhusgasudledninger. Ambitionen er at nedsætte udledningen med 55-65% fra 1990, svarende til cirka 6,1-8,0 mio. tons CO₂e. Ifølge en opgørelse foretaget i april 2023 er der givet tilsagn til at udtage 30.400 ha til lavbundsjorder. Regeringen har afsat 600 mio. kr. i Miljøstyrelsens tilskudsordning til klima-lavbund projekter, svarende til omlægning af 5.000 ha. landbrugsjord. Omlægningen indebærer forundersøgelser, anlæg og kompensation til lodsejerne for arealer. [Miljøstyrelsen, 2023c]

Der vil i dette projekt blive arbejdet med Klima-lavbund ordningen fra Miljøstyrelsen, hvorfor de andre to tiltag ikke beskrives yderligere.

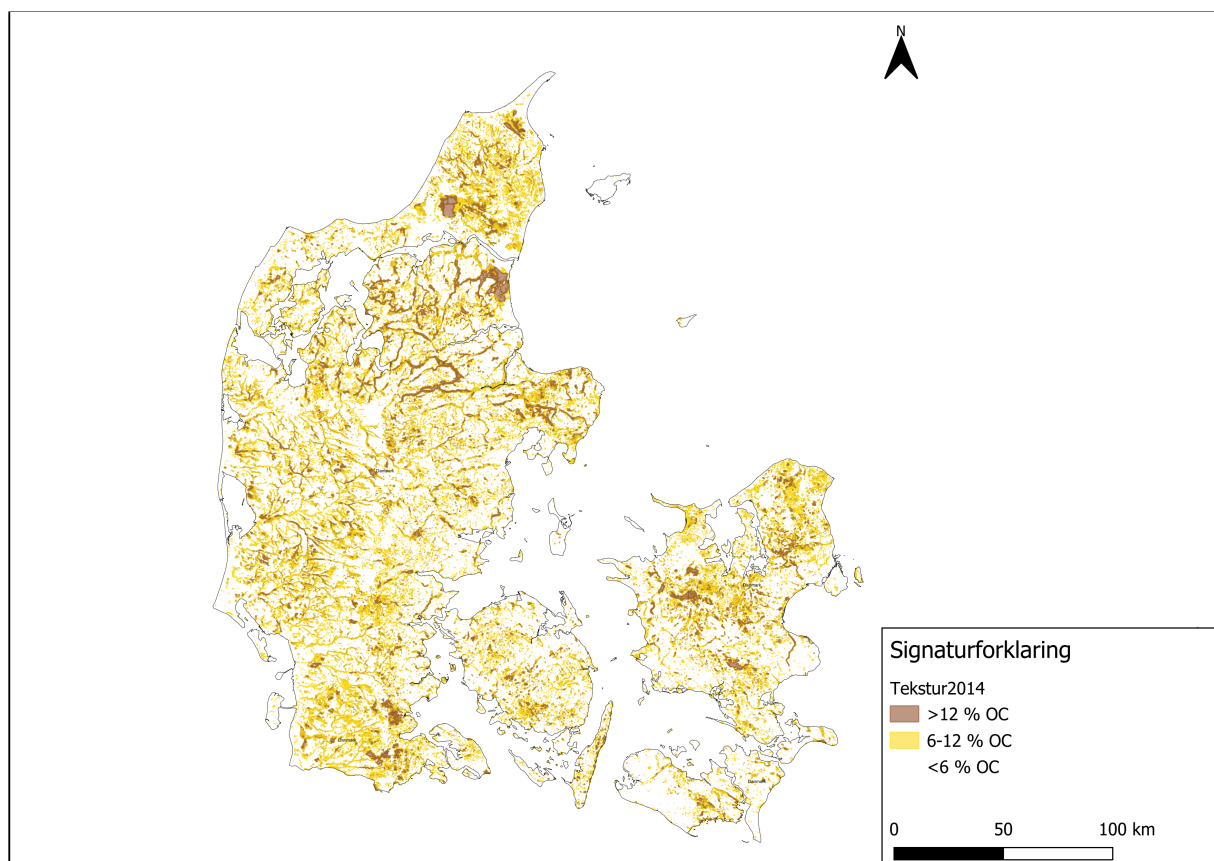
1.2 Klima-Lavbund

Definitionen af lavbundsområder i Danmark er områder med et organisk kulstofindhold >6%. Ofte er det i terrænet lavtliggende områder såsom ådale. Jorder der indeholder store mængder

kulstof (carbon, C i det periodiske system), er blandt andet tørvejorder. IPCC definitionen på tørv er jorder med mere end 12 % kulstof i overjorden og med en tykkelse på mindst 20 cm. Tørv består af organisk materiale fra nedbrudte planterester, herunder blade, grene og træ, der kan forekomme mere eller mindre findelt. Den delvise nedbrydning skyldes den manglende tilstedeværelse af ilt. Tørvejorder dannes på vådområder, hvor det iltfattige miljø har afholdt kulstof i tørv fra at gå i forbindelse med atmosfærens ilt (O_2) og danne CO_2 . Tørvejord fungerer dermed som en naturlig lagring af kulstof. [Ovesen et al., 2014], [Greve et al., 2021]

Tørvejordens høje indhold af organisk materiale har betydning for dyrkningens egenskaberne, hvorfor jorderne mange steder er drænet og anvendt til landbrug. Ved drænedes områder af tørveholdige jorde sænkes vandstanden og den atmosfæriske ilt, O_2 , går i forbindelse med de kulstofholdige tørvejord, C og der frigives CO_2 til atmosfæren. Yderligere frigives lattergas, N_2O , fra omsætning af kvælstof i jorden under iltede forhold (aerob). Metan, CH_4 , udledes under iltfattige forhold og dannes ved nedbrydningen af organisk materiale (anærob). [Hoffmann, 2019]

I Danmark er tørvejorde opgjort og angivet på Tekstur2014 kortet som vist på figur 1.2. Jorde er inddelt med organisk kulstof indhold på hhv. < 6%, mellem 6-12% og > 12%.



Figur 1.2. Tekstur 2014 for hele landet, med undtagelse af Bornholm. [Miljøstyrelsen, 2023b]

Af Tekstur2014 kortet, figur 1.2, fremgår det, at der er et stort potentiale for omlægning af lavbundslande i Danmark med formål at nedsætte drivhusgasudledning. Ved genopretningen af drænedes arealer genskabes området naturlige hydrologi, hvorved CO_2 udledningen forhindres og den naturlige lagring af kulstof kan finde sted. Dette vil yderligere have indflydelse på natur og miljø, herunder habitater og biodiversitet. [Miljøministeriet Naturstyrelsen, 2023]

Den naturlige lagring af kulstof finder sted i vådområder, hvor grundvandet ligger terrænnært. Modeller, såsom DK-model2019 og HIP har to forskellige formål, men begge omhandlende grundvand. DK-model2019 har til formål at formidle kortlægning af grundvandsressourcens størrelse, hvor HIP har til formål at lette adgangen til materialer, der kan danne grundlag for klimatilpasningstiltag ift. terrænnært grundvand og potentielle oversvømmelsesområder. [HJ et al., 2020a]

2 Problemformulering

Denne rapport vil undersøge den komplekse interaktion mellem grundvand, jord og miljø. Hertil vil eksisterende modeller og datakilder evalueres i forbindelse med, hvorvidt disse er tilstrækkelige til at informere om potentielle konsekvenser af ændringer af grundvandsstanden.

Til undersøgelse af grundvandsstandens indflydelse på næringsstoffer og drivhusgasudledningen er følgende problemformulering opstillet:

*Hvordan påvirker grundvandsstanden, udledningen af drivhusgasser og næringsstoffer i jorden?
Specifikt undersøges det at afdække, om eksisterende data om grundvandsstanden fra
DK-modellen og Hydrologisk information og prognosesystem (HIP-modellen) stemmer overens
med lokale forhold.*

Til at understøtte ovenstående problemformulering er der opstillet en række underspørgsmål, som vil blive undersøgt løbende igennem rapporten.

1. Hvordan påvirker grundvandsstanden udledningen af drivhusgasser (f.eks., metan, lattergas og kuldioxid) og næringsstoffer (f.eks., kvælstof og fosfor) i jorden?
2. Er den data, der er tilgængelige fra DK-modellen og HIP-modellen, tilstrækkelige til at forstå og forudsige påvirkninger af drivhusgasudledninger?
3. Hvordan kan HIP modellen spille sammen med andre modeller til at danne et overblik over områder med stort klima-lavbunds potentiale?

Til at besvare ovenstående delspørgsmål og dermed problemformuleringen, er der udarbejdet en fremgangsmåde. Denne fremgår af afsnittet efter afgrænsningen.

Afgrænsning

Projektet er i samarbejde med Artelia og tager udgangspunkt i området omkring Sønder Borup i Midtjylland, Viborg. I samarbejde med Artelia er der indsamlet prøver af jord, samt opsat pejlebrønde og indhentet analysesvar fra Eurofins.

Fremgangsmåde

Rapporten vil blive opdelt i forskellige dele, hvor hovedtrækket for hver del er opstillet som følgende:

Del I af rapporten omhandler beskrivelser af områdets lokation, geologiske forhold og de hydrologiske forhold.

Del II omhandler det feltarbejder der er foregået i forbindelse med projektet.

Del III består af en kort redegørelse af DK-modellen og Hydrologisk Information og Prognosesystem (HIP-modellen), samt en analyse af data sammenlignet med data fra feltarbejdet i del II.

Del IV af projektet består af redegørelse for udvaskning af næringsstoffer, samt udledningen af drivhusgasser.

Del V består af en afrunding af rapporten. Her vil resultater og mulige fejlkilder diskuteres. Yderligere perspektiveres der ud i andre typer af løsningsforslag for undersøgelsesområdet med henblik på reduktion af drivhusgasudledningen.

Del I

Undersøgelsesområdet ved Sønder Borup

Del I af rapporten omhandler beskrivelser af undersøgelsesområdets lokation, geologiske forhold og de hydrologiske forhold.

I de geologiske forhold bliver topografi og jordbunden redegjort for. Yderligere er der udarbejdet et jordartskort for undersøgelsesområdet over den første meter under terræn udarbejdet på baggrund af jordprofiler. Jordprofilerne er udført som nedstiksprøver i oktober måned 2023. Der er også foretaget supplerende undersøgelser til Tekstur2014 af indholdet af organisk kulstof i jorden. Afsnittet, Undersøgelsesområdets hydrologi, indeholder en kort redegørelse for det hydrologiske kredsløb, vandløbets forløb, vandføring samt undersøgelsesområdets dræn og hvordan det påvirker jorden og det terrænnære grundvand.

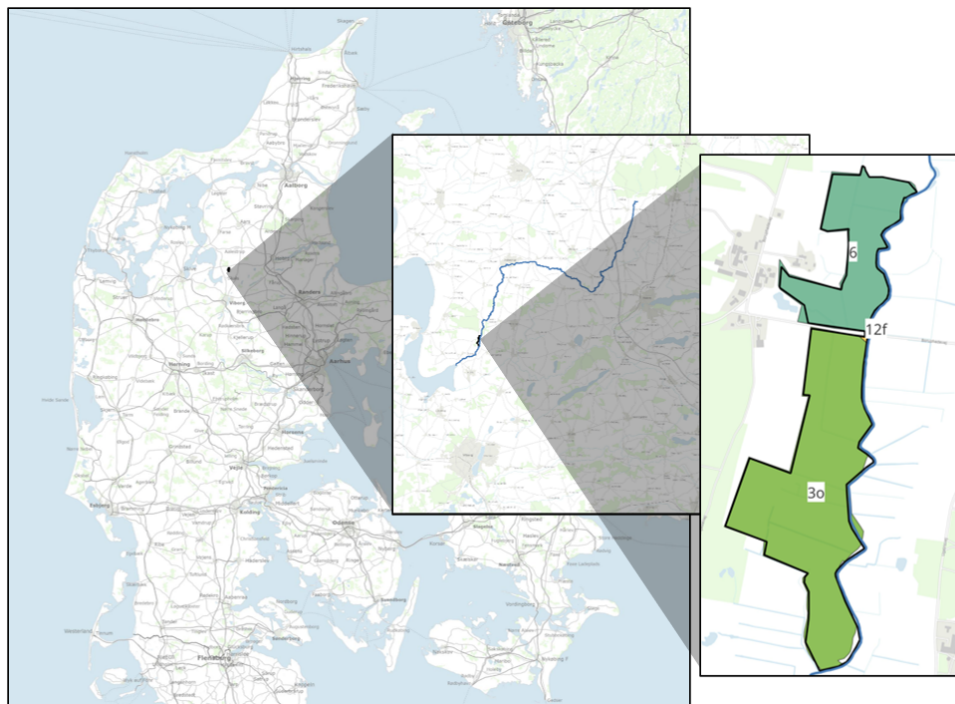
3 Undersøgelsesområdet Sønder Borup

Undersøgelsesområdet er beliggende i Viborg Kommune grænsende op til Simested Å, øst for Sønder Borup, angivet på figur 3.1. Området består af tre matrikler:

- 3o, Sdr. Borup By, Låstrup
- 12f, Skringstrup By, Skals
- 6, Sdr. Borup By, Låstrup

Det samlede areal for undersøgelsesområdet er 29,57 ha og består af permanente græsningsmarker. [LBST, 2023]

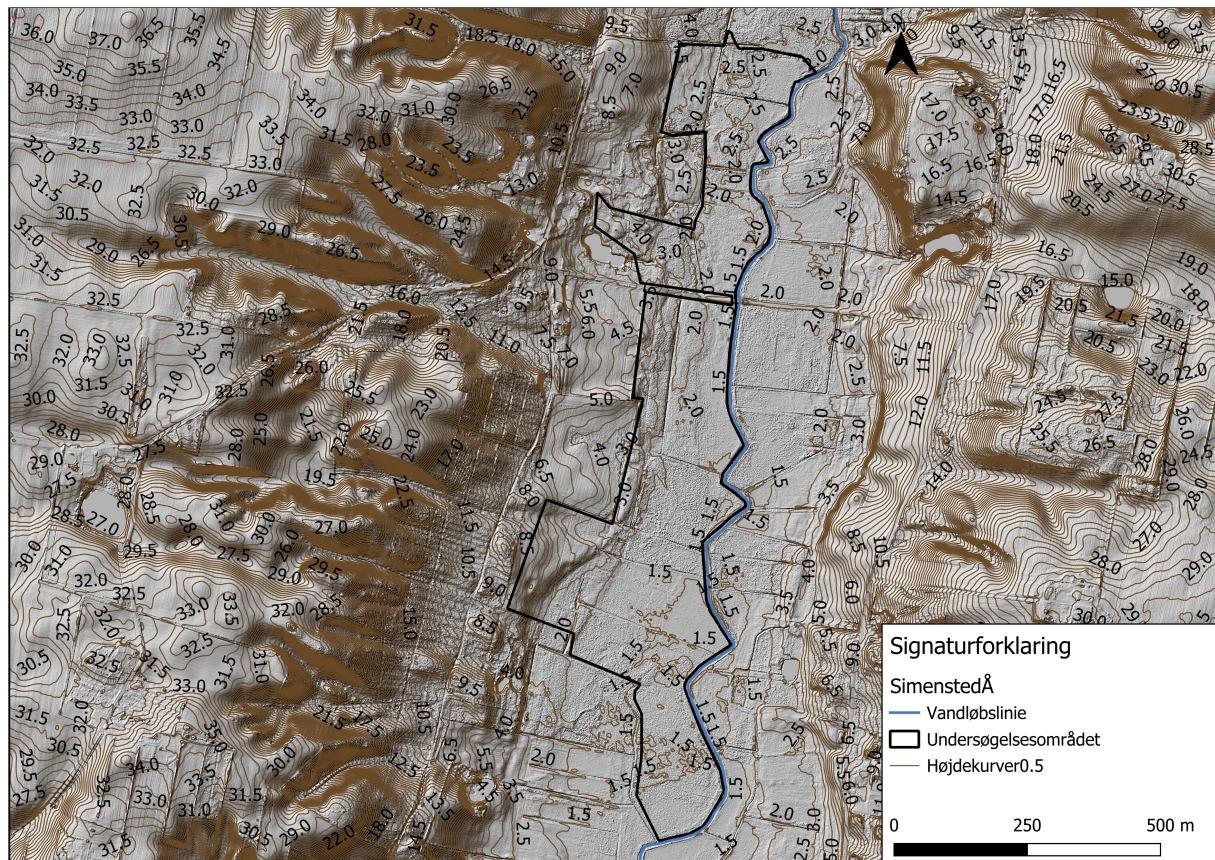
Simested Å deler udspring med Lindenberg Å ved sydvesthjørnet af Rold Skov, og har gennemløb igennem Simested Ådal, med udløb i Hjarbæk Fjord, der er udpeget som vildtreservat. Dele af undersøgelsesområdet er §3-beskyttet naturtyper som eng og mose, der indeholder rigkær, kildevæld og hængesæk.



Figur 3.1. Undersøgelsesområdets beliggenhed langs Simested Å. Undersøgelsesområdet er vist med matrikelinddelinger.

Undersøgelsesområdet er lavt beliggende i terrænet, som det er vist på kortet over topografien,

figur 3.2. Simested Å følger smeltevandsdale og tunneldale i terrænet. [Kuhlman, 2011]
Til at vurdere topografien i undersøgelsesområdet er anvendt Scalgo. Scalgo anvender en digital terrænmodel, som har inddelt Danmark i et 0,4×0,4m grid. [Klima- Energi og Forsyningsministeriet, 2023].



Figur 3.2. Topografisk kort over området, hvor undersøgelsesområdet er beliggende. Kortet er inklusiv koter fra Danmarks Højde Model i interval af 0,5m.

Som det fremgår af det topografiske kort er undersøgelsesområdet beliggende lavt i terrænet. Fra Scalgo er der udtrukket et profil, vist på figur 3.3, der underbygger at Simested Å er beliggende dybt i terrænet, med lavt liggende områder på begge sider.



Figur 3.3. Tværsnit over undersøgelsesområdet, hvor det lavt beliggende terræn fremgår.

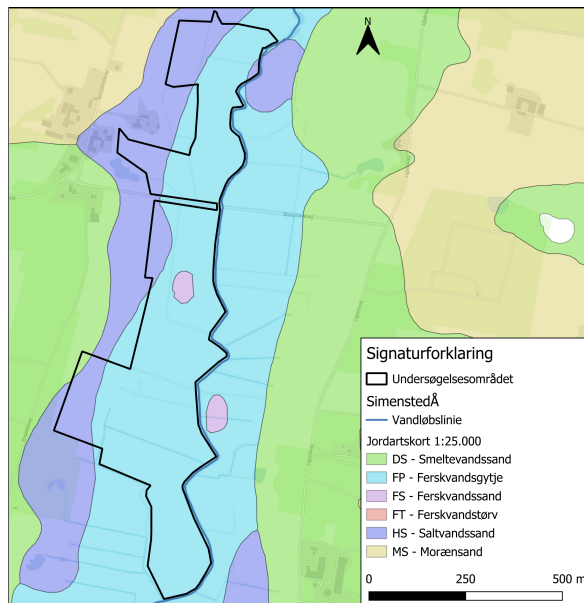
3.1 Undersøgelsesområdets geologiske forhold

De geologiske jordbundsforhold vurderes med baggrund i jordartskort 1:25.000, jordbundskort og Tekstur2014 kortet, holdt op mod de jordprofiler, der er foretaget i forbindelse med dette projekt i oktober 2023. Se afsnit 5.1.

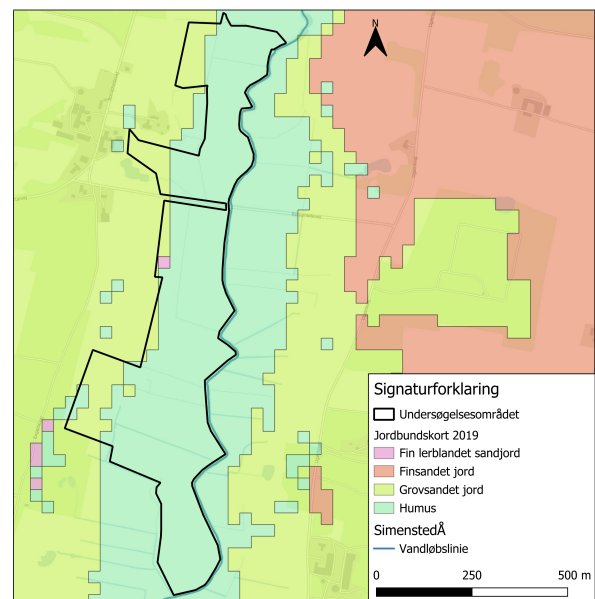
Jordartskort 1:25.000, vist på figur 3.4, viser informationer om jorden i 1 meters dybde. Afstanden mellem jordprøverne er 100-200m. Jordartskort 1:200.000 er kun egnet til undervisningsbrug og som baggrund for andre korttemaer, hvorfor det ikke anvendes. Ifølge kortet 1:25.000 er der i undersøgelsesområdet forekomst af ferskvandsgytje, ferskvandssand og saltvandssand. [GEUS, 2023c] Ved tilstedeværelsen af marint sand er der ofte et organisk lag af tørv længere nede, men det er svært at fastslå uden prøvetagning [Geoteknik, 2023].

Jordbundskortet fra 2019 fordelingen af jordbundstyper viser, at undersøgelsesområdet primært består af humus og grovsandet jord, som vist på figur 3.5.

Humus er en samlet betegnelse for de stoffer, der er tilbage, når bakterier og svampe har nedbrudt døde dyre- og planterester. [Jakobsen, 2023] Tørv består af døde, delvist nedbrudte plantedele, som nævnt tidligere. Begge har højt indhold af organisk kulstof (OC).

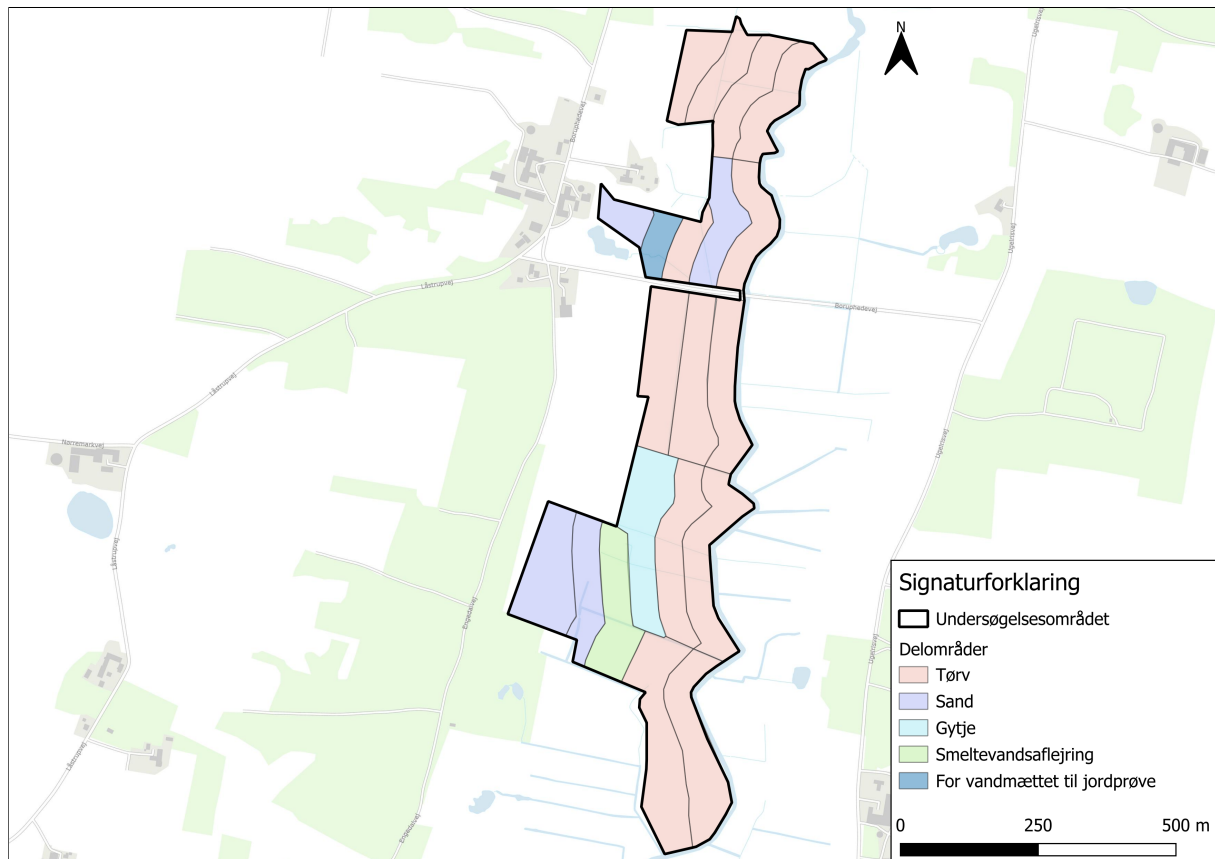


Figur 3.4. Jordartskort 1:25.000 [GEUS, 2023c] viser informationer om jorden i 1 meters dybde.



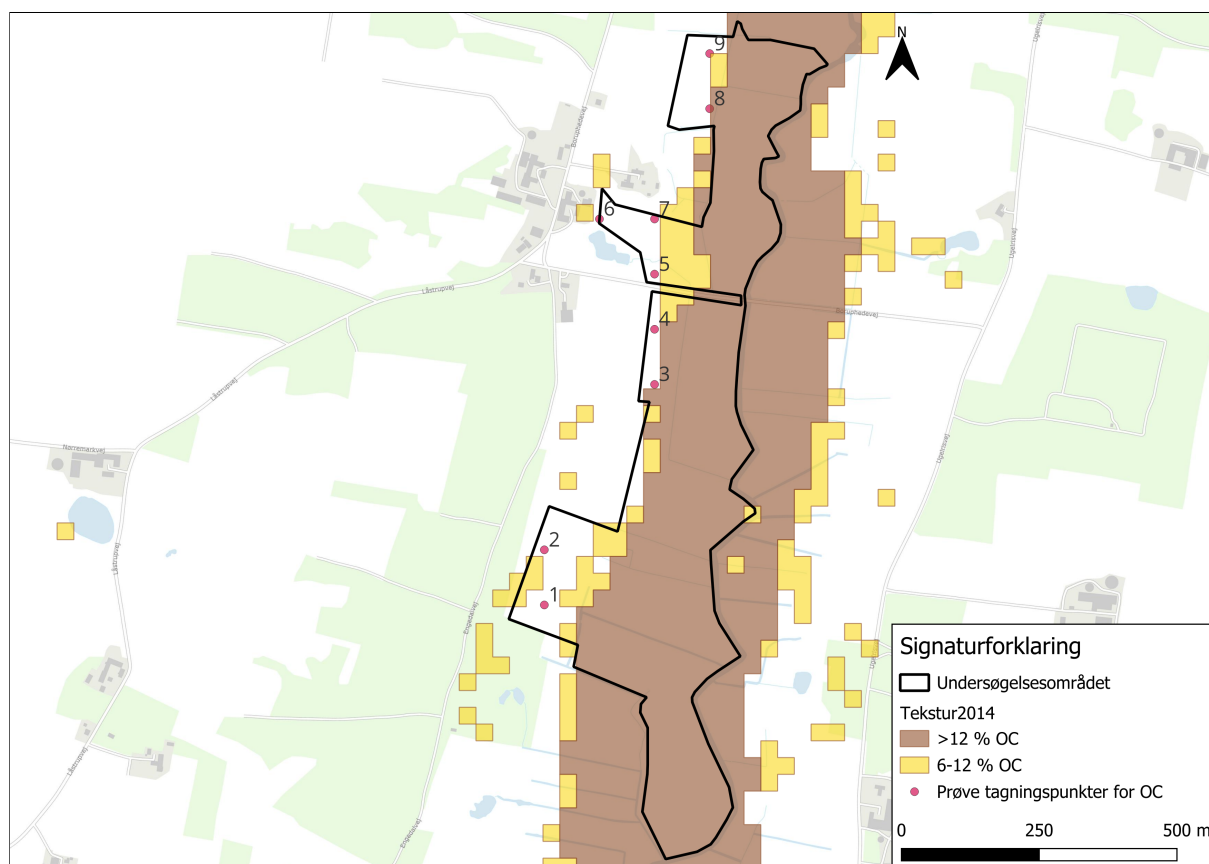
Figur 3.5. Jordbundskort 2019, viser fordelingen af jordbundstyper. [LBST, 2023]

I oktober, uge 41 og uge 42, 2023 blev feltarbejdet i undersøgelsesområdet foretaget. Her blev der bl.a. taget jordprofiler og lavet beskrivelser heraf. Metoden er nærmere beskrevet i kapitel 5 afsnit 5.1. Resultaterne af jordprofilerne er vist på figur 3.6. Jordprofilerne er foretaget 1m u.t. Hvor den mest dominerende jordtype for delområdet er tørv. Inddelingen af undersøgelsesområdet er lavet med 50m×300m felter, jf. vejledningen om kvantificering af fosfor, for at få et tilstrækkelig retvisende billede af området.



Figur 3.6. Resultat over dominerende jordtyper baseret på analyserne af jordprofilerne foretaget i undersøgelsesområdet.

Jordprofilerne er beskrevet tørveholdigt, hvilket stemmer overens med Tekstur2014 kortet over undersøgelsesområdet vist på figur 3.7. Størstedelen af undersøgelsesområdet ligger indenfor Tekstur2014 kortet, og antages derfor at indeholde mindst 6% OC. Jorden er som tidligere beskrevet inddelt i tre jordklasser, <6% OC, 6-12% OC og >12% OC i jorden. Tekstur2014 kortet er ikke dækkende for hele undersøgelsesområdet, hvorfor der er foretaget supplerende kulstofanalyser. Koordinaterne hvor OC analyserne skal foretages er forudbestemt fra Miljøstyrelsen. Hele Danmark er inddelt i et grid, hvoraf ni af disse punkter er inden for undersøgelsesområdet og vist med pink på figur 3.7.



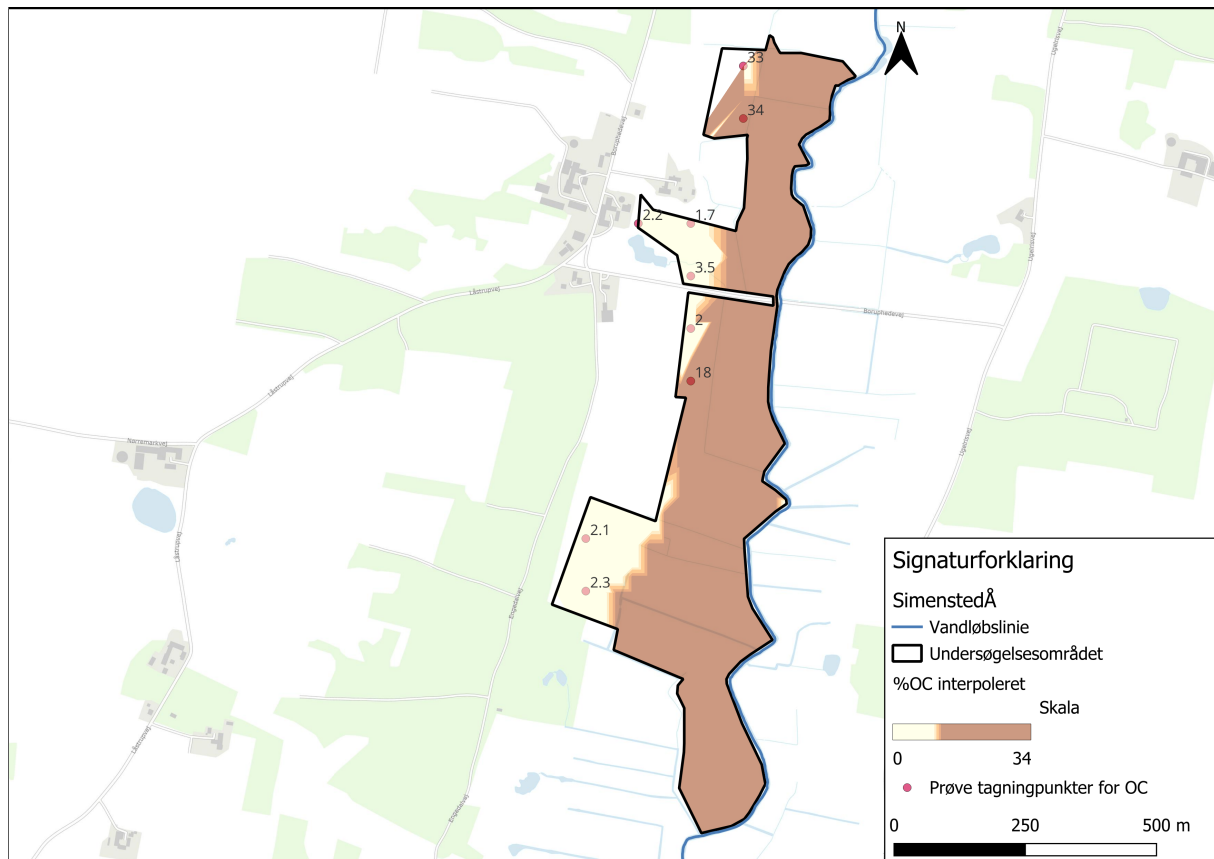
Figur 3.7. Tekstur2014 kortet viser det procentvise indhold af OC i undersøgelsesområdet, samt prøvepunkterne til supplerende kulstofprøver.

Prøverne er udtaget og analyseret i henhold til vejledning *Bestemmelse af drivhusgasemissionen fra lavbundslande*. [Gyldenkerne og Greve, 2020] Fremgangsmåden er angivet i kapitel 4 i del II. Jordprøverne er analyseret efter ISO 10694 metoden ved akkrediteret laboratorium: Eurofins VBM Laboratoriet. Resultatet af de supplerende jordprøver er angivet i tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kulstofindhold for supplerende jordprøver

Prøvetagning	1	2	3	4	5	6	7	8	9
% OC indhold	2,3	2,1	18	2	3,5	2,2	1,7	34	33

De supplerende jordprøvers kulstofindhold varierer mellem 1,7 % og 34 % OC. Middelværdien heraf er 10,97 % OC, hvilket er mere end 6 % OC, hvorfor hele området kan beskrives, at have potentiale, som klima-lavbund. Af tabel 3.1 fremgår det, at der er tre værdier >12%, der trækker gennemsnittet op, hvilket giver et forvrænget billede af, hvor der er kulstofholdige jorde. På figur 3.8 er værdierne for prøverne interpoleret med Tekstur2014 kortet vist. Det bemærkes, at det nord-vestlige område ikke er markeret som tørveholdig, selvom området indeholder store mængder tørv. Analyseværktøjet fra QGIS, har svært ved komplekse strukturer for randbetingelserne, hvorved denne afvigelse forekommer.

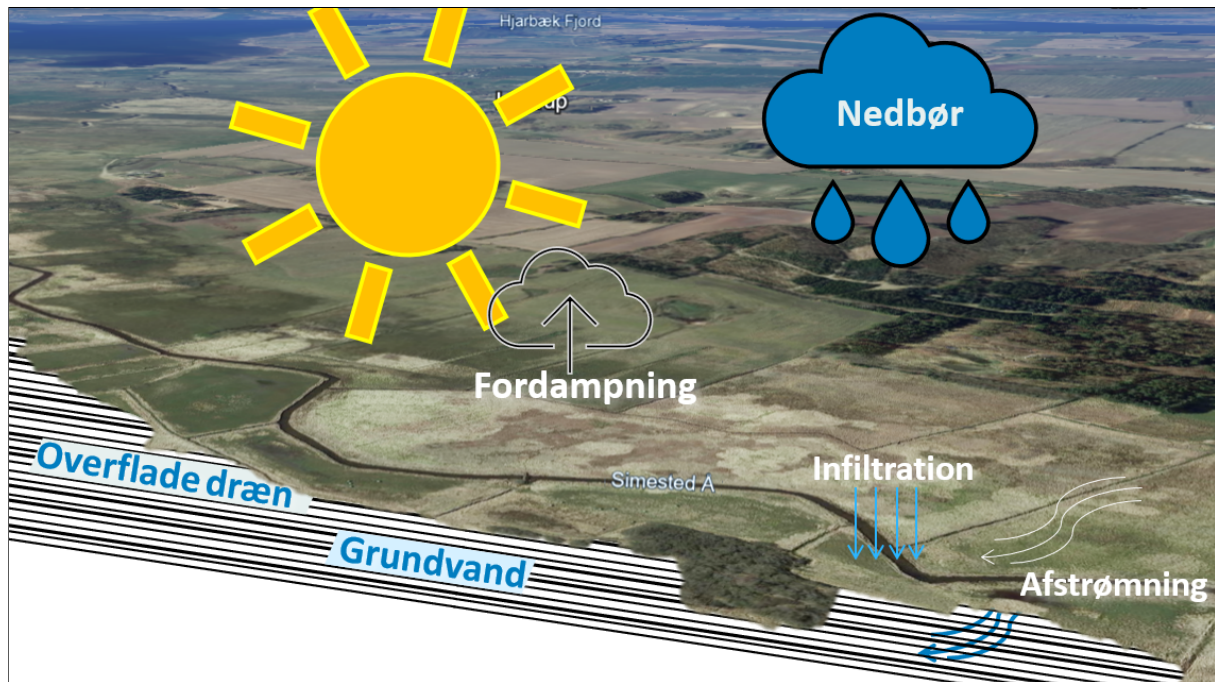


Figur 3.8. Interpoleret OC indhold.

3.2 Undersøgelsesområdets hydrologi

Undersøgelsesområdet hydrologiske tilstand, herunder netto nedbørsmængden, er en vigtig parameter i forbindelse med både at estimere projektets klimateffekt og effekten af næringsstoftransporten i området. Det hydrologiske kredsløb redegøres herfor, og er vist på figur 3.9. Illustrationen viser området omkring Simested Å.

Afhængig af nedbørsmængden vil dele af vandet afstrømme til en nærtliggende grøft eller dræn, hvor det finder vej videre til Simested Å. Den del, der ikke afstrømmer, vil enten fordampe eller infiltrere igennem jorden og efter tid indgå som en del af grundvandsressourcerne. Fordampningsprocessen sker ved at vandet fra overflader opvarmes, hvor den fysiske tilstand ændres fra væske til damp. Dampen stiger op i atmosfæren, hvor den afkøles og samles i skyformationer, der igen kan falde som nedbør. [School, 2017]



Figur 3.9. Hydrologisk kredsløb for området.

3.2.1 Nedbør og nettonedbør

Nettonedbøren er den vandmængde, der anvendes til beregning af vandgennemstrømningen af området, samt til senere at beregne næringsstoftransporten. Nettonedbøren udgør den vandmængde, der kommer til området i form af nedbør modregnet mængden, der fordamper.

Nettonedbør er beregnet med data fra en 10 års periode i $10\text{km} \times 10\text{km}$ grid nedbør fra DMI, grid nr. 10km_627_52. [Hoffmann et al., 2014]

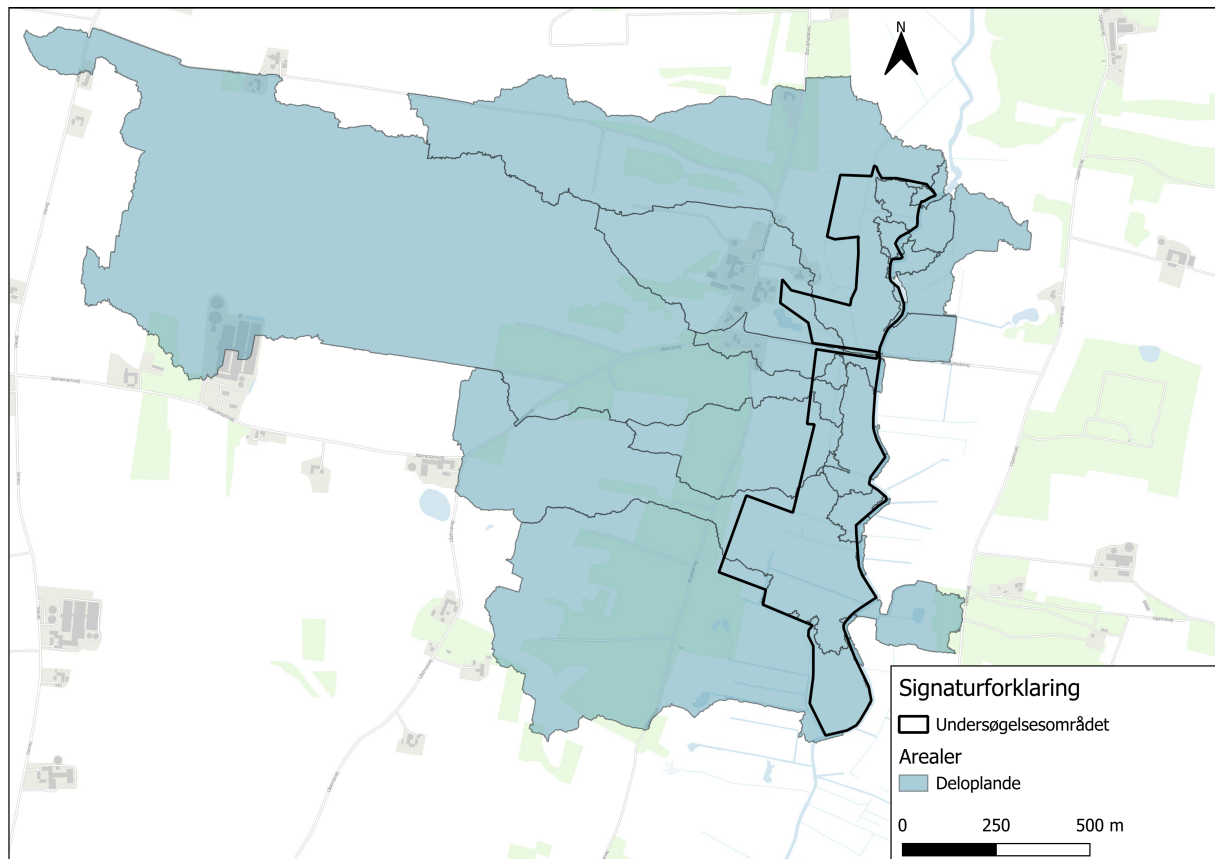
$$N_{Net} = N - E \Rightarrow 894\text{mm}/\text{år} - 591\text{mm}/\text{år} = 303\text{mm}/\text{år} \quad (3.1)$$

Hvor,

N_{Net}	Nettonedbør
N	Nedbør
E	Potentiel fordampning

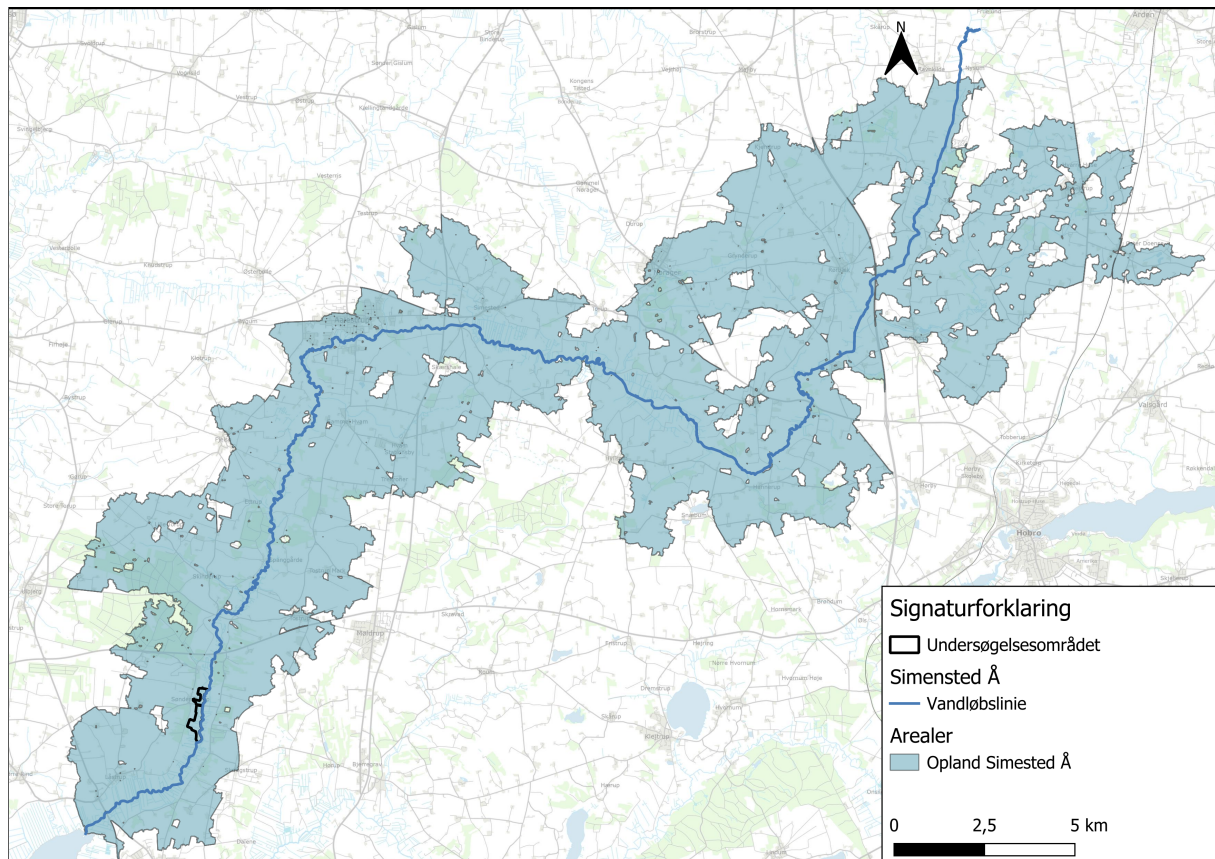
3.2.2 Simsted Å, Oplande og vandføring

Ud over nedbør forekommer der også vandgennemstrømning, dels fra det direkte opland til undersøgelsesområdet og oplandet til Simsted Å. Vandoplandene til undersøgelsesområdet og åen er bestemt ved Scalgo Live. Af figur 3.10 fremgår oplandet til undersøgelsesområdet, hvor oplandet svarer til ca. 260 ha.



Figur 3.10. Oplandet til undersøgelsesområdet, bestemt fra Scalgo Live.

Simested Å har udspring syd-vest for Rold Skov, omkring kote 46 og er 50 km lang, med udløb i Hjarbæk Fjord, der er en del af Limfjorden. [Kuhlman, 2011] Oplandet til åen er 18.660 ha., hvor vandoplandet forekommer på baggrund af data fra DHM, terræn med GeoDanmark-bygninger og -tilpasninger for regn, afskåret til landpolygon. Vandoplandet til Simested Å er vist på figur 3.11.



Figur 3.11. Oplandet til Simested Å, bestemt fra Scalgo Live.

Vandføringen i Simested Å er beregnet for en 10 års periode for hhv. sommer og vinter, og er præsenteret i tabel 3.2. Perioden strækker sig fra 2012 til 2022, hvor data kommer fra vandportalens målepunkt Simested Å, Skive-Hobrovej, beliggende nord for undersøgelsesområdet. [WSP, 2023]

Tabel 3.2. Gennemsnitvandføring i Simested Å over en 10 års periode for sommer og vinter.

Sommer middel	2,09 m ³ /s
Vinter middel	2,89 m ³ /s

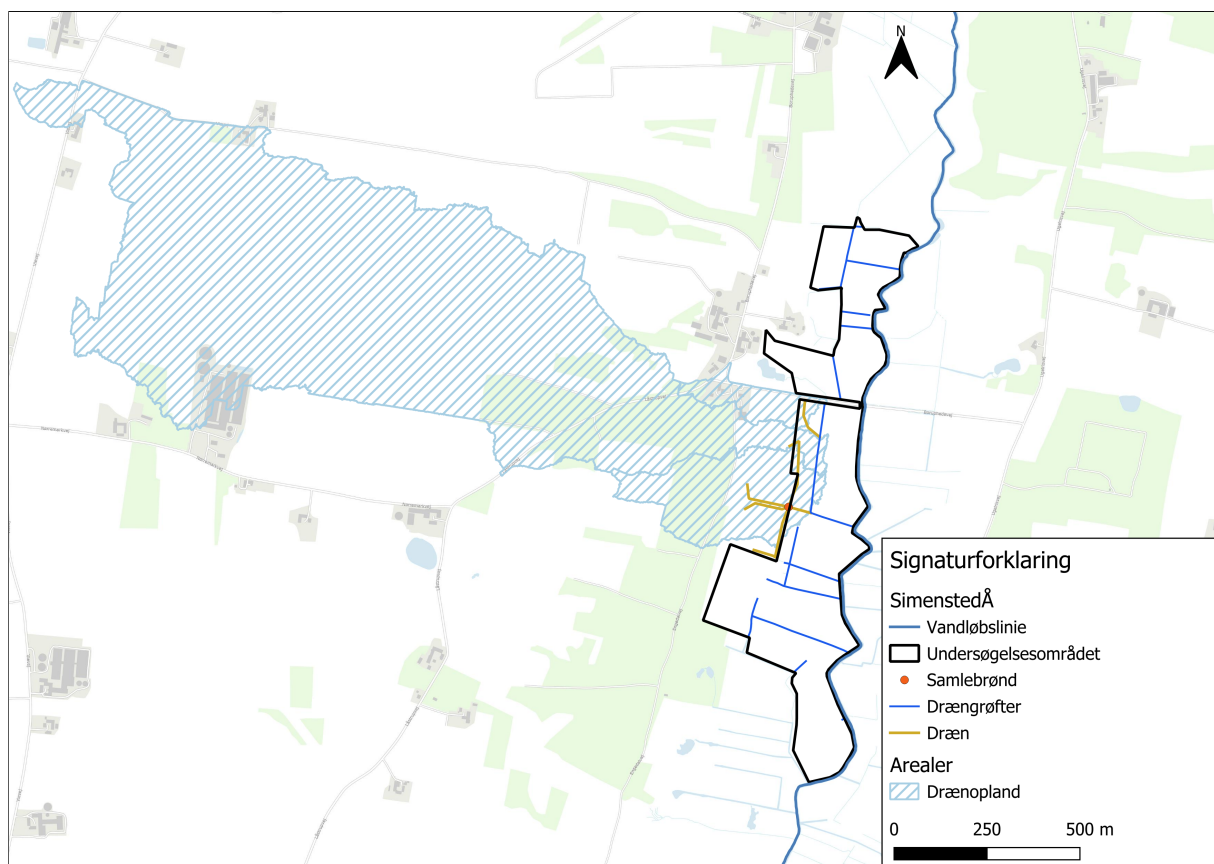
Vandstanden i åens målepunkt er i gennemsnit kote 11,98, hvor data for vandstanden kommer fra vandportalens målepunkt Simested Å, vejbro syd for Ålestrup, da målestationen Skive-Hobrovej ikke har data for perioden. [WSP, 2023] Vandstand om sommeren er i gennemsnit i kote 12,02, hvor den om vinteren i gennemsnit er i kote 11,97, hvilket formentlig skyldes grøde vækst hen over et stryg. Vandstanden i Hjarbæk Fjord er også undersøgt, da den er styret af slusen ved Virksund, hvilket medvirker at vandstanden i fjorden holdes i et kunstigt niveau. Der er fire udløb til Hjarbæk Fjord, hvor de resterende udløb, udover Simested Å, har en højere vandstand om vinteren end om sommeren. Dette kunne tyde på at vandstanden i Simested Å bliver påvirket af vandstanden i Hjarbæk Fjord. Derudover er Simested Å relativt konstant i vandføringen sammenlignet med Skals Å, hvilket kunne tyde på at den var grundvands påvirket mere end de andre åer, der strømmer til Hjarbæk Fjord.

Hvor ofte går Simested Å, ved undersøgelsesområdet over sine bredder, hvor tit er den bredfyldt

og hvad kapaciteten er i åen, findes der ikke oplysninger om. De nærmeste målinger, der foretages i åen, er mindst 1.000m nordligere end undersøgelsesområdet, hvorfor de ikke kan beskrive de lokale områder. Ved en å der flyder over dens bredder og oversvømmer områder, vil næringsstoffer blive tilbageholdt i jorden. [Kronvang et al., 1997]

3.2.3 Dræn i området

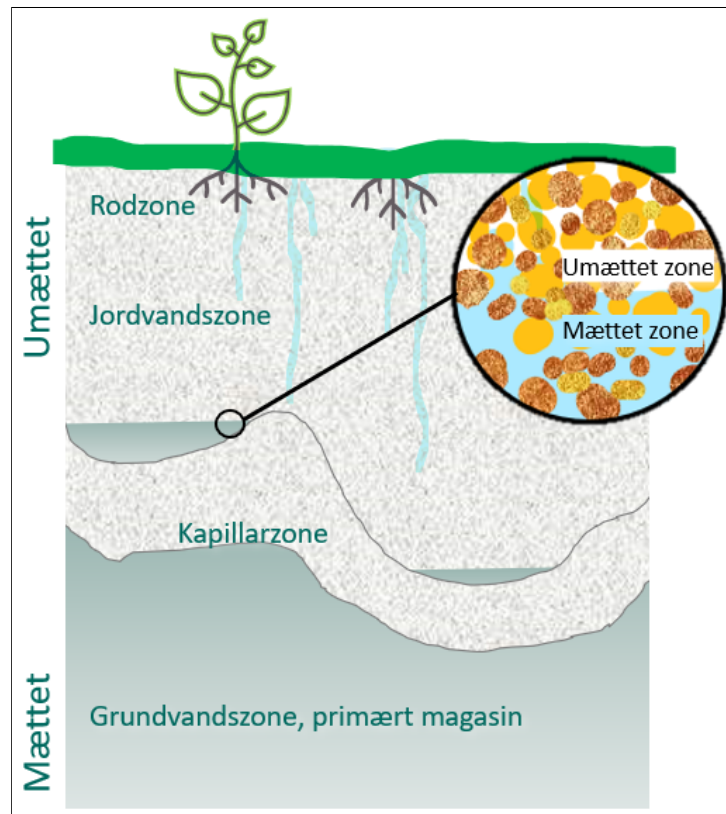
Undersøgelsesområdet har været dyrket siden 1944, hvilket er tolket ud fra de tidligste luftfotos over området. Grøfterne fra dengang er anlagt på samme vis som i dag, hvilket er vist på figur 3.12. Grøfterne er optegnet, og yderligere er der indhentet oplysninger om dræn fra 1984, fra det Danske Hedeselskab, som viser oplysninger om anlagte dræn. Det samlede drænopland til samlebrøndens dræn er beregnet til 111 ha. [Hedeselskabet, 2024]



Figur 3.12. Dræn i undersøgelsesområdet samt oplandet, der fører til drænet.

3.2.4 Terrænnært grundvand

Når der falder nedbør i forskellige nedbørsformer, rammer det overfladen, hvor det enten vil fordampe, strømme af eller infiltrere igennem jorden. Dele af det vand der infiltrere vil blive til grundvand. Det er den del, der ikke optages af planter i rodzonen eller rammer et dræn, og bliver ledt væk derfra. Vandet strømmer igennem porerummene i den umættede jord, indtil det når den kapillarzone og derefter den mættede zone, hvor porerummene er fyldt op af vand. kapillarezonen er overgangen mellem umættet- og mættet zone, hvor kapillærkræfter "suger" vandet op over grundvandszonen. Ovenstående er illustreret på figur 3.13. [Karlsen og Sørensen, 2014]



Figur 3.13. Skitse af vandet forløb gennem jorden.

Terrænnært grundvand defineres som *"Det øverste frie grundvandsspejl man støder på fra oven"* [HJ et al., 2020a]. Dvs. en måling af terrænnært grundvand er en måling af det øverste mættede jordlag.

Der tages i dette projekt udgangspunkt i tre typer af terrænnært grundvandsspejl:

- Sammenhængende højtstående grundvand
- Højtstående permanent vandspejl
- Midlertidige vandmættede zone

Et **sammenhængende højtstående grundvandsspejl** kan være et sekundært eller primært magasin, hvor tryk niveauet i dybere magasiner kan have stor betydning for variationer i det øvre magasin. Ved terrænnære magasiner med høj vandføringsevne som f.eks. sand, eller evnen til at holde på vandet, f.eks. tørv, der fungerer som en svamp, kan det være nødvendigt at dræne store vandmængder for at sænke grundvandsstanden. Et **højtstående permanent vandspejl** kan også skyldes, at der under er et lavpermeabelt lag, der forhindrer vandet i yderligere at strømme igennem jorden. Et sådant lag kan være et lerlag. Dræningsevnen af denne type er begrænset. Den **midlertidige mættede zone** er knyttet til længerevarende kraftige regnhændelser, der kan forudsagde højtstående grundvand i en kortere eller længere periode.

Området omkring Sønder Borup tyder på et sammenhængende højtstående grundvandsspejl, hvor det organiske materiale i form af tørvjorde fungerer som en svamp, og holder på vandet.

Del II

Feltarbejde

I denne del bliver der redegjort for det feltarbejde, der er foretaget i medio oktober 2023, uge 40 og uge 41. Der er opgravet prøver til analyse af kulstofindholdet til formål at kortlægge områder udenfor Tekstur2014 ift. det procentmæssige indhold af organisk kulstof. I undersøgelsesområdet er foretaget nedstik i 1 m.u.t., indsamlet blandeprøver og foretaget en volumenprøve til formål at analysere for fosforindholdet. Til pejling af det terrænnære grundvand er der opsat ni pejlebrønde. Disse er blevet pejlet af to omgange i hhv. primo november og primo december.

4 Organisk kulstofindhold

I afsnit 3.1 er resultatet af disse prøver angivet, hvor der i det følgende er redegjort for arbejdsmetoden, der er anvendt ved prøvetagning. Metoden tager udgangspunkt i "Bestemmelse af drivhusgasemissionen fra lavbundsJORDE", version 3.0. [Gyldenkerne og Greve, 2020]

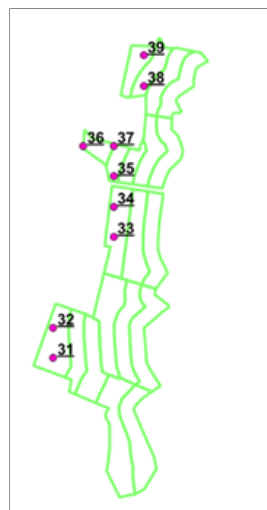
I denne bestemmelse er følgende angivet:

- Arealer som tydeligvis ikke er tørverig – skal så vidt muligt ikke indgå i projektet.
- Hvis der er arealer inden for projektarealet/undersøgelsesområdet og Tekstur2014 kortet, som kan antages at indeholde mindre end 6% OC, skal der foretages analyser til dokumentation af jordens tørve indhold.

Som udgangspunkt forventes alle arealer inden for Tekstur2014 kortet, figur 1.2, at have et OC indhold $>6\%$ og der foretages som udgangspunkt derfor ikke yderligere kortlægning af disse. Arealer uden for Tekstur2014 kortet skal prøvetages på forudbestemte lokaliteter. Der er ni punkter (p31-39) inden for undersøgelsesområdet, hvor der udtages prøver. Koordinaterne hertil er opstillet på figur 4.1, hvor lokaliseringen i undersøgelsesområdet er vist på figur 4.2.

ID	Easting	Northing
31	525700	6272200
32	525700	6272300
33	525900	6272600
34	525900	6272700
35	525900	6272800
36	525800	6272900
37	525900	6272900
38	526000	6273100
39	526000	6273200

Figur 4.1. Koordinater over udtagningspunkterne af OC-prøver



Figur 4.2. Oversigt over udtagningspunkterne af OC-prøver ift. undersøgelsesområdet.

Metode til OC-prøvetagning

Der skal fra analysevirksomheden anvendes 0,5L jord, udtaget fra de øverste 30 cm, til OC analysen. Kravene danner rammer for udtagelses metoden er listet i det følgende:

- Jordprøven skal være repræsentativ
- Laget med "levende/dødt" plantemateriale medtages ikke
- Er jorden homogen i de øverste 30 cm? (nemt)
- Er jorden heterogen skal lige dele af lagene medtages i prøven.
- Udstyret rengøres mellem hver prøve
- Hvis et dræn rammes under gravning, flyttes prøven en meter vinkelret på drænets forløb
- Jordkernen overføres kvantitativt til en tæt prøvebeholder, hvis nødvendigt ved hjælp af en sprøjteflaske med demineraliseret vand

Prøverne blev indsamlet ved at fjerne det øverste lag med beplantning. Efterfølgende blev der udgravet jord til 30 cm dybde. Af det opgravede jord blev 0,5L samlet i en prøvepose og lukket tæt og opbevaret ved temperatur $< 4^{\circ}\text{C}$. Prøverne blev indsendt til analyse på laboratoriet ved Eurofins med følgende oplysninger:

Tabel 4.1. Oplysninger til laboratoriet, angivet på prøveposerne

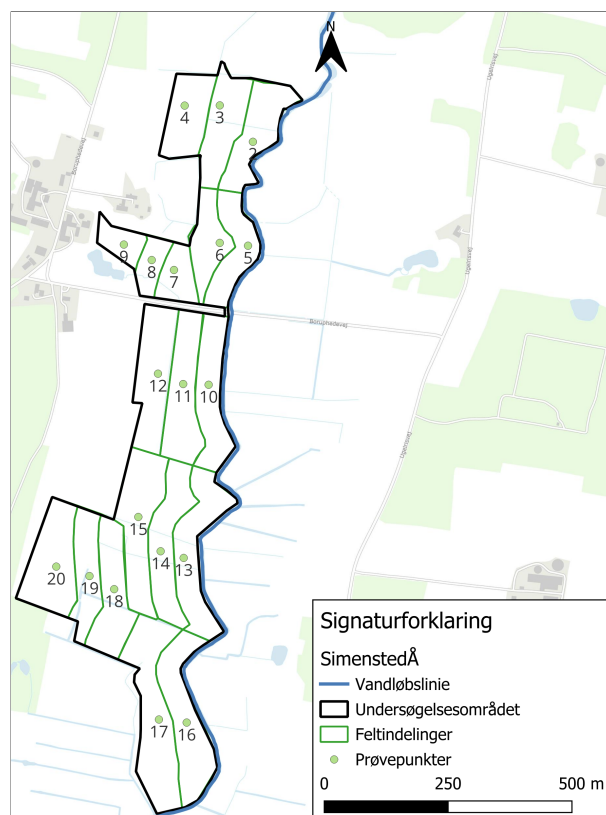
Koordinat/Prøve pkt.	
Dato	
Person	
Sags nr.	Eks. P XX - Felt 31 - OC
Prøve type	

Analyselaboratorium, Eurofins, analyserede prøverne for organisk kulstofindhold efter metoden ISO 10694. ISO 10694 måler jordens organiske kulstofindhold, samt totalkulstofindholdet efter afsyring for evt. kalk i jorden. [Dansk Standard, 2023]

5 Fosfor prøvetagning

Der er afsnit 8, angivet et af delresultaterne for jordprofilerne, der er en del af prøverne foretaget for fosfor. Der bliver senere i afsnit 8.1, beregnet på fosforindholdet i forbindelse med næringsstoffer i området.

Undersøgelsesområdet inddeles i delområder på max $50\text{m} \times 300\text{m}$, hvor områdeinddelingen er vist på figur 5.1. Indsamling af prøver er foretaget efter retningslinjer og vejledning angivet i "Kvantificering af fosfortab fra vådområder og lavvandede søer". [Hoffmann et al., 2014] Inden for hvert delområde foretages en beskrivelse af jordprofilen, en intakt volumenprøve og en blande prøve, disse er nærmere beskrevet i det følgende. Formålet med jordprofilbeskrivelserne er, at bestemme jordbunds karakteristika og tekstur, som efterfølgende anvendes til at tildele delområdets hydrauliske ledningsevne og områdets vandgennemstrømning. Formålet med intakt volumenprøve er, at bestemme volumenvægten, hvor der i blandeprøven udtages jord til analyse for jordens pulje af jernbundet fosfor. [Hoffmann et al., 2014]



Figur 5.1. Undersøgelsesområdets inddeling i $50\text{m} \times 300\text{m}$ delområder, med angivende midtpunkter.

5.1 Jordprofilbeskrivelse

Udtagning af jordprofilerne blev foretaget i midten af hvert grid, som vist på figur 5.1. Undersøgelsen er forløbet med følgende fremgangsmåde:

1. GPS punkt registreres i APP + foto i app – Qfield eller SW Maps.
2. Jordprofil beskrives for 1 meters dybde
3. Tekstur for jorden i jordprofil kategoriseres
4. Fotodokumentation af jordprofil (Foto + koordinater + tid)
 - a) OBS husk at vedlægge nr. eller andet på foto af jordprofil.

Under feltarbejdet i undersøgelsesområdet, blev jordbeskrivelsen foretaget med inddeling i kategorier som humus, muld og graden af nedbrudt tørv. I felten er jorden vurderet som tørv, ud fra mængden af uomsat plantemateriale, f.eks. hele stykker af blade og mange tydelige plantefibre. Humus er angivet der, hvor der kunne ses mere plantemateriale, og muld ved dem, hvor jorden var lidt mere ensartet. Til kategoriseringen af ledningsevnen er det vurderet, at humus svarer til uomsat tørv, og muld svarer til svagt omsat tørv, på baggrund af de observationer der er lavet i felten. På figur 5.2 er angivet den hydrauliske ledningsevne for forskellige jordtyper jf. vejledningen om kvantificering af fosfor. [Hoffmann et al., 2014]

Materiale	Mættet hydraulisk ledningsevne (m s ⁻¹)	Vurderet ledningsevne	Gennemstrømning	Permeabilitet
Groft grus og fint grus	$>1 \cdot 10^{-2}$	Meget høj	Meget høj	1
Grovkornet sand (500-2000 µm)	$1 \cdot 10^{-3}$	Meget høj	Meget høj	1
Uomsat tørv (ikke humificeret tørv)	$1 \cdot 10^{-3}$	Meget høj	Meget høj	1
Svagt omsat tørv (svagt humificeret tørv)	$1 \cdot 10^{-4}$	Høj	Høj	1
Mellemkornet sand (125-500 µm)	$1 \cdot 10^{-4}$	Høj	Høj	1
Mellemkornet sand med indslag af moderat omsat tørv	$5 \cdot 10^{-5}$	Moderat	moderat	0,5
Finkornet sand (63-125 µm)	$1 \cdot 10^{-5}$	Moderat	Moderat	0,5
Moderat omsat tørv	$5 \cdot 10^{-5}$	Moderat	Moderat	0,5
Gytjeholdigt sand	$1 \cdot 10^{-6}$	Lav	Lav	0
Stærkt omsat tørv	$1 \cdot 10^{-6}$	Lav	Lav	0
Silt	$1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-9}$	Meget lav	Meget lav	0
Ler	$1 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-11}$	Meget lav	Meget lav	0
Kalkgytje	$1 \cdot 10^{-11}$	Meget lav	Meget lav	0
Fuldstændig omsat tørv	$5 \cdot 10^{-7}$	Meget lav	Meget lav	0

Figur 5.2. Hydraulisk ledningsevne over forskellige jordtyper. [Hoffmann et al., 2014]

Jordprofilerne blev analyseret ude i felten, med beskrivelser og fotos. Et eksempel på en jordprofilbeskrivelse er vist på figur 5.3, fotodokumentationen er vist på figur 5.4 Resultaterne af jordprofilbeskrivelserne er samlet og vist på figur 5.5.

Jordprofilbeskrivelse			
Sagsnr. 1021334		Provetager: KLTE/FARA	
Dato 12/10-2023		Felt 3	
Dybde (CM)	Lag-grænse	Provebeskrivelse	Farve
5		Muld	
10			
20			
30	25	tørv	
40			
50		tørv, mange intakte plantefibre	
60			
70		overgang til færrer plantefibre, mere sammenhengende	
80			
90			
100		tørv, sandet	
110	Stop		
120			
130			

Figur 5.3. Eksempel af jordprofilbeskrivelse for felt 3.



Figur 5.4. Eksempel af jordprofilbeskrivelse samt fotodokumentation.

Dybde [cm] \ Felt nr.	Felt 1	Felt 2	Felt 3	Felt 4	Felt 5	Felt 6	Felt 7	Felt 8	Felt 9	Felt 10	Felt 11	Felt 12	Felt 13	Felt 14	Felt 15	Felt 16	Felt 17	Felt 18	Felt 19	Felt 20
5		Humus	Muld	Humus	Muld	Muld	Tørv	Vand-mættet	Muld	Humus	Humus	Humus	Humus	Humus	Vand-mættet	Tørv	Muld	Humus	Humus	Muld
10				Sand							Tørv			Tørv						
20				Tørv			Gytje						Tørv							
30			Tørv										Tørv							
40		Tørv			Tørv					Tørv					Tørv		Tørv	Tørv	Muld	Sand
50								Tørv	Sand											
60								Sand												
70						Sand		Vand-mættet										Smelte-vands-aflejringer		
80					Fersk-vands-aflejringer							SAND								
90															Gytje				Sand	
100		Sand	Tørv		Tørv															
Analyse		Tørv	Tørv	Tørv	Tørv	Sand	Tørv	Vand-mættet	Sand	Tørv	Tørv	Tørv	Tørv	Tørv	Gytje	Tørv	Tørv	Smelte-vands-aflejringer	Sand	Sand

Figur 5.5. Samlet data over jordprofilbeskrivelser.

Jordprofilbeskrivelserne har efterfølgende dannet grundlag for delområdets hydraulisk ledningsevne, hvorfra permeabiliteten er vurderet og vandgennemstrømningen i området beregnet, ved brug af beregningsarket fra "MST_p_regneark_06jun2023". Resultatet for vandgennemstrømningen for de enkelte felter i undersøgelsesområdet er angivet på figur 5.6.

ID for prøvefelt	Areal af prøvefelt (ha)	Type af område	Prøvefeltets placering over vandløbets sommer-middelvandstand (jf. afsnit 3.2)	$Q_{OF,areal}$ (afsnit 3.2) (mm år ⁻¹)	Grundvandsdybde (m)	Tekstur	Permeabilitet	Dræningsintensitet (jf. afsnit 3.6)	Dræningsfaktor	Gennemstrømning (afsnit 3.2) ($Q_{50,2}$ mm år ⁻¹)
1	1,34	Permanent vådt	>50	552	0,00	----		Ingen	0,0	303
2	1,24	Delvist vådt	>50	184	0,00	Uomsat tørv		1 Moderat (<25%)	0,5	303
3	0,98	Tørt	>50	0		Moderat omsat tørv	0,5	Moderat (<25%)	0,5	0
4	0,91	Tørt	>50	0		Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	0
5	1,33	Tørt	>50	0		Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	0
6	1,21	Delvist vådt	>50	184		Muld, sand, silt	0	Intensiv (>25%)	1,0	303
7	0,65	Tørt	>50	0		Gytjeholdigt sand	0,5	Moderat (<25%)	0,5	0
8	0,57	Permanent vådt	>50	552		Vandmættet	1	Moderat (<25%)	0,5	552
9	0,58	Tørt	>50	0		Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	0
10	1,64	Permanent vådt	>50	552		Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	552
11	1,83	Permanent vådt	>50	552		Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	552
12	1,91	Tørt	>50	0		Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	0
13	2,01	Permanent vådt	>50	552		Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	552
14	1,78	Delvist vådt	>50	184		Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	303
15	2,13	Tørt	>50	0		Vandmættet	1	Moderat (<25%)	0,5	0
16	2,10	Permanent vådt	>50	552		Moderat omsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	552
17	2,67	Delvist vådt	>50	184		Svagt uomsat tørv	0,5	Moderat (<25%)	0,5	303
18	1,64	Tørt	>50	0		Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	0
19	1,27	Tørt	>50	0		Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	0
20	1,90	Tørt	>50	0		Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	0

Figur 5.6. Vandgennemstrømning inkl. data over jordprofilbeskrivelser.

Prøvefeltets placering over vandløbets sommer-middelvandstand er vurderet på baggrund af vandløbsdata fra Klimatilpasning- og Arealanvendelses værktøj til Miljø- og Planmedarbejdere, KAMP. [Miljøstyrelsen, 2023a]

Den overfladenære afstrømning $Q_{OF,areal}$ [mm/år], beregnes med følgende formel (5.1):

$$Q_{OF} = (1 - BFI) \cdot \text{Nettonedbør} \cdot \text{Arealet af det direkte opland} \quad (5.1)$$

Hvor,

Q_{OF}	Overfladenær afstrømning
BFI	Beregnes for det direkte opland (dimensionsløs)
Nettonedbør	303 mm/år beskrevet i afsnit 3.2.1
Arealet af det direkte opland	260 ha. og er beskrevet i afsnit 3.2.1

Den overfladenære afstrømning passerer undersøgelsesområdet og omregnes til en arealbelastning, hvor der tages højde for, at vandet skal passere gennem området, før det løber ud i åen. Yderligere tages der højde for, at der vil indstilles en ligevægt for fosfor-koncentrationen, hvor der ikke frigives mere fosfor. Gennemstrømningen anvendes til beregning af fosforlækage for det enkelte prøvefelt. Dette vil nærmere blive beskrevet i afsnit 8.1.1. [Hoffmann et al., 2014]

Dræningsintensitet er angivet til moderat, dvs. arealet er drænet/grøftet, men under 25% svarende til, at der er et drænrør eller grøft pr. 75 m langs vandløbet. Da der i undersøgelsesområdet er grøfte på kryds og tværs, er det vurderet at være moderat. [Hoffmann et al., 2014]

5.2 Intakt volumenprøve

Volumeprøverne er til bestemmelse af volumenvægt, som foretages i midten af hvert grid med et volumenbor. Undersøgelsen er forløbet med følgende fremgangsmåde, baseret på kvantificering af fosfortab. [Hoffmann et al., 2014]:

- Prøvepunkt registreres med GPS i app + foto – Qfield eller SW Maps.
- Ved prøveudtagning udtages én intakt jordkerne på 30 cm.

- Jordkernens længde måles (Det er vigtigt, at jordkernens længde måles i feltet, så der efter tørvægts bestemmelse kan beregnes en volumen-vægt. Denne parameter indgår i den endelige risikovurdering.)
- Volumenborets indre diameter måles (indgår i beregning af prøvens volumenvægt)
- Efter udtagning overføres jordkernen til en prøvepose, opbevares ved $< 4^{\circ}\text{C}$, og sendes til tørvægtsbestemmelse med henblik på beregning af jordens volumenvægt.

De intakte volumenprøver har til formål at finde volumenvægten af jorden, der skal symbolisere feltet. Prøverne blev sendt til Eurofins, hvor der foretages tørring af volumeprøverne i ovn efter vejledningen, der fremgår af bilag 2 i Kvantificering af fosfortab 2023. Massen af den ovntørret prøve [kg] indgår i volumenvægt beregningen beskrevet ved formel (5.2). [Hoffmann et al., 2014]

$$\text{Volumenvægt}[\text{kg}/\text{m}^3] = \frac{\text{ovntørret prøve}[\text{kg}]}{\pi \cdot L[\text{m}] \cdot r^2[\text{m}^2]} \quad (5.2)$$

Et eksempel er angivet i tabel 5.1:

Tabel 5.1. Beregningseksempel for volumenvægt

Felt nr.	2
Jordkerne længde	0,300 [m]
Volumenboret indre radius	0,025 [m]
Vægt af ovntørret jordkerne	0,117 [kg]
Beregning af volumenvægt	199,000 [kg/m ³]

I tabel 5.2 er resultaterne for hvert punkt angivet.

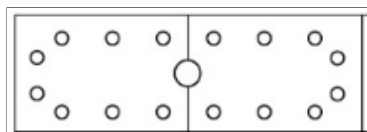
Tabel 5.2. Volumenvægt for prøve områderne.

Felt	Jordkerne længde [m]	Volumenvoret indre radius [m]	Vægt af ovntørret jordkerne [kg]	Beregning af volumenvægt [kg/m ³]
2	0,3	0,025	0,117	199
3	0,3	0,025	0,151	257
4	0,3	0,025	0,221	376
5	0,3	0,025	0,399	679
6	0,3	0,025	0,237	403
7	0,3	0,025	0,537	911
8	0,3	0,025	0,585	993
9	0,3	0,025	0,719	1220
10	0,3	0,025	0,187	318
11	0,3	0,025	0,152	258
12	0,3	0,025	0,144	245
13	0,3	0,025	0,108	183
14	0,3	0,025	0,088	149
15	0,3	0,025	0,160	272
16	0,3	0,025	0,159	270
17	0,3	0,025	0,119	202
18	0,3	0,025	0,134	227
19	0,3	0,025	0,121	205
20	0,3	0,025	0,730	1240

5.3 Blandeprøve

Blandeprøverne har til formål at bestemme hhv. fosfor- og jernindholdet i hvert grid. Der er med udgangspunkt i midten foretaget 16 nedstik som illustreret på figur 5.7. Jorden fra de indsamlede

nedstik er blandet sammen, målt af og sendt til analyse ved Eurofinns.



Figur 5.7. Illustration af 16 nedstik med udgangspunkt fra midten. [Hoffmann et al., 2014]

Undersøgelsen er forløbet med følgende fremgangsmåde, baseret på kvantificering af fosfortab. [Hoffmann et al., 2014]:

1. Brug app til at kontrollere, at prøven tages indenfor det rigtige område. Ruten kan evt. logges i app.
2. Hvert delområde prøvetages med 16 nedstik (0-30 cm dybde) med jordspyd – som samles i én prøve, som skal være repræsentativ for delområdet.
3. Ved indsendelse af prøverne til BD-analyse, skal der sendes 2 PE-posere med ca. 300 g, ud for den ene skal volumen angives.

Der skal ved udtagning af prøver i felter, være opmærksomhed på følgende:

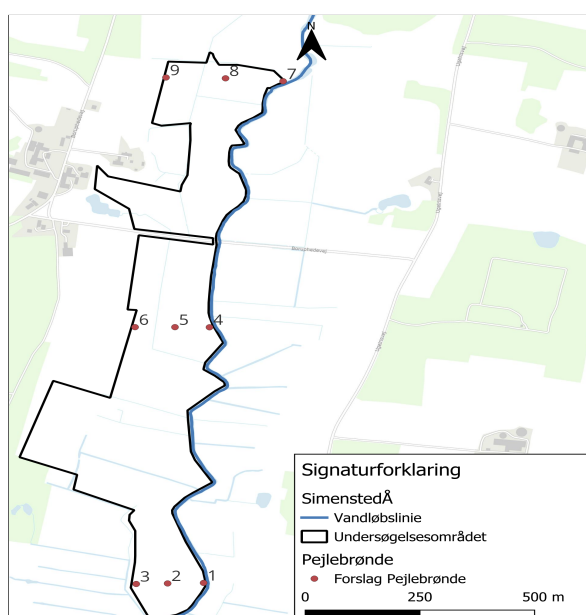
- I grids med forskellige jordtyper bør jordprøver ikke sammenblandes, men i stedet tages der en jordprøve for hver jordtype.
- Hvor der indenfor prøvetagningsdybden er stor variation i jordtypen fx tørv og mineraljord, bør prøven tages indenfor den dominerende jordtype, med angivelse af dybde for de respektive jordlag.

Af de to punkter der bør være særlig opmærksomhed på, forekom ingen af disse under feltarbejdet.

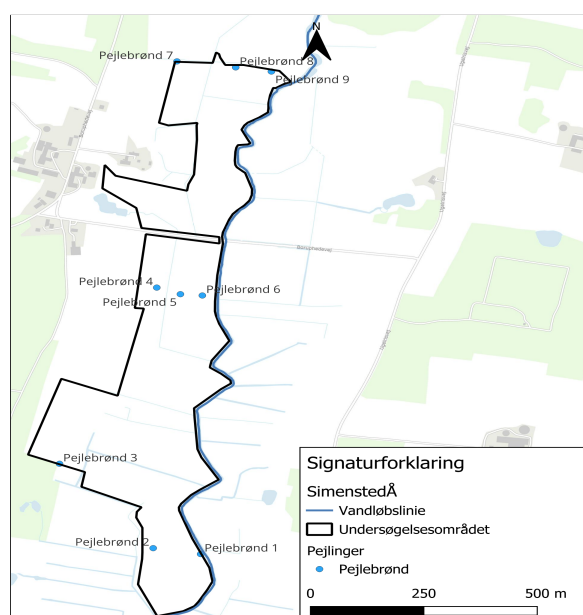
6 Pejlebrønde

Følgende afsnit angiver de krav og overvejelser, der er foretaget forud for placeringen af pejlebrøndene. Der er krav om at der skal være pejlingsbrønde pr. 5. ha, hvilket svarer til i alt seks brønde i undersøgelsesområdet. Der er fra Artelia stillet ti brønde til rådighed, hvor det er valgt at placere ni brønde. Brøndene er placeret med udgangspunkt i Simested Å, samt de prøvefelter i grid af 50×300m der er angivet for fosfor. Brøndene langs Simested Å er tiltænkt at fungere som en randbetingelse. Derfor er brøndene som angivet på figur 6.1 tiltænkt at skulle placeres i rækker ind i området, med henblik på at måle variationen af vandstanden igennem området.

I praksis blev brøndene placeres som på figur 6.2, hvor flere placeringer blev ændret fra den oprindelige intention. Disse ændringer blev foretaget på baggrund af vurderinger lavet i felten, idet vandet stod nær terræn og flere steder i terræn. Intentionen i at få en variation i vandstanden, blev forsøgt opnået ved større afstand mellem pejlebrøndenes placering.



Figur 6.1. Forslag til lokation pejlebrønde.



Figur 6.2. Endelige placering af pejlebrønde angivet med nummer.

Brøndene blev sat op i oktober, uge 41 og 42 og etableret 1,0m-1,5m under terræn, med 70-20 cm over terræn. Brøndene har en diameter på Ø15. Den nederste halve meter af brønden har en strømpe, til filtrering. Efter opsætning af brødene afropes de, så udefrakommende skidt

ikke kan komme ned i brønden. Fra Miljøstyrelsen er der et ønske om, at brønde står i skel. Ved dialog med lodsejeren er der indgået aftale om at placere pejlebrøndene mest hensigtsmæssigt ift. pejling af vandstand. Placeringen er, efter vurderinger foretaget i dette projekt og i samarbejde med Artelia, fundet.

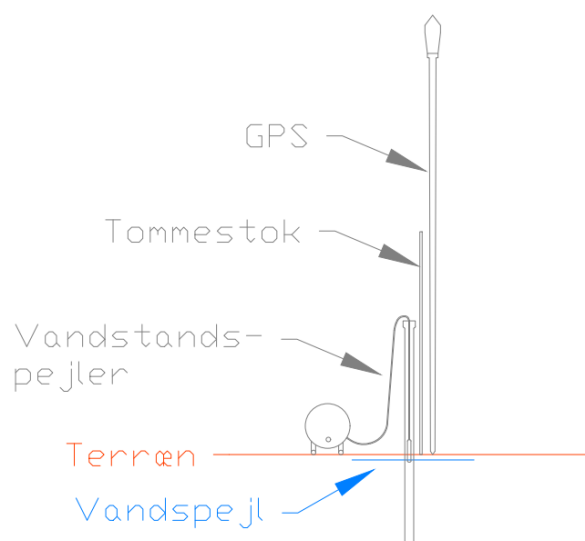
6.1 Pejlinger foretaget november og december

Pejlinger i undersøgelsesområdet er foretaget af to omgange i 2023, i hhv. primo november og primo december. Det forventes at vandstanden vil stå højest i vinterperioden, hvorfor pejlingerne ikke er et entydigt billede af den generelle vandstand i området. [GEUS, 2023b]

Til pejlingerne er følgende udstyr anvendt:

- GPS fra Emlid, angivet som semi professionel
- Pejl
- Tømmestok

Pejlingerne af vandstanden er foretaget som illustreret på principskitzen, figur 6.3. GPS'en blev anvendt til måling af terrænkoten ved foden af brønden, hvor pejlingen blev foretaget og afstanden fra terræn til munden af brønden, blev målt med tommestok.



Figur 6.3. Principskitse over pejling af vandspejl.

Vandspejlet beregnes som i formel (6.1),

$$\text{Vandspejl} = \text{Terræn koten} + \text{højden af brønd} - \text{pejling} \quad (6.1)$$

Der er foretaget et eksempel for pejlebrønd 1:

$$1,42\text{m} = 1,37\text{m} + 0,64\text{m} - 0,59\text{m}$$

I tabel 6.1 er pejlingerne, foretaget i november, angivet og i tabel 6.2 er pejlingerne angivet for december. Der er udover pejlebrøndene også pejlet vandstand for Simsted Å ved hhv. broen og spang, hvor bro og spang er målt med GPS.

Tabel 6.1. Pejlinger foretaget i undersøgelsesområdet, november 2023.

	Terræn kote [DVR 90]	Højde af brønd [m]	Pejling [m]	Vandspejl [m.u.t]	Kote for vandspejl [DVR 90]
Pejlebrønd 1	1,37	0,64	0,59	-0,05	1,42
Pejlebrønd 2	1,37	0,74	0,63	-0,11	1,48
Pejlebrønd 3	2,55	0,62	0,77	0,15	2,40
Pejlebrønd 4	2,38	0,65	0,63	-0,02	2,40
Pejlebrønd 5	2,07	0,51	0,55	0,04	2,03
Pejlebrønd 6	1,61	0,55	0,44	-0,11	1,72
Pejlebrønd 7	1,55	0,80	1,01	0,21	1,34
Pejlebrønd 8	2,35	0,61	0,66	0,05	2,30
Pejlebrønd 9	2,21	0,63	0,66	0,03	2,18
Spang	2,94	N/A	1,5	N/A	1,44
Bro	3,22	N/A	1,55	N/A	1,67

Tabel 6.2. Pejlinger foretaget i undersøgelsesområdet, december 2023.

	Terræn kote [DVR 90]	Højde af brønd [m]	Pejling [m]	Vandspejl [m.u.t]	Kote for vandspejl [DVR 90]
Pejlebrønd 1	1,37	0,61	0,70	0,09	1,28
Pejlebrønd 2	1,37	0,67	0,67	0	1,37
Pejlebrønd 3	2,55	0,60	0,84	0,24	2,31
Pejlebrønd 4	2,38	0,62	0,62	0	2,38
Pejlebrønd 5	2,07	0,48	0,58	0,10	1,97
Pejlebrønd 6	1,61	0,55	0,44	-0,11	1,72
Pejlebrønd 7	1,55	0,80	1,07	0,27	1,28
Pejlebrønd 8	2,35	0,60	0,66	0,06	2,29
Pejlebrønd 9	2,21	0,56	0,68	0,12	2,09
Spang	2,94	N/A	1,68	N/A	1,26
Bro	3,22	N/A	1,80	N/A	1,42

Af pejlingerne foretaget i november, er vandstanden i pejlebrønd 1, 2, 4 og 6 stående over terræn, selvom det omkringliggende terræn ikke har vand på terræn. Idet at pejlingerne er foretaget seks uger efter opsætning af brøndene, forventes det at grundvandsstanden har stabiliseret sig. Derved er pejlingerne også repræsentative for det omkringværende grundvandstryk. Pejlingerne i december blev foretaget efter et døgn med frost, der medvirkede til at vandet i de enkelte brønde var frosset til. Pejlingerne i pejlebrønd 2, 4 og 6 var frosne i eller over terræn. Idet vand udvider sig i fast form, er disse pejlinger misvisende.

Generelt er der overensstemmelse mellem de to pejlinger foretaget i november og december. I afsnit 7 er målingerne holdt op mod DK-modellen2019 og HIP modellen til yderligere analyse.

Del III

HIP og DK-modellen

Denne del af rapporten består af en kort redegørelse af DK-modellen og Hydrologisk Information og Prognosesystem (HIP). De to modellers data bliver analyseret og vurderet ift. de pejlemålinger foretaget i felten. Modellernes nøjagtighed ift. pejlingerne bliver kvantificeret ved beregningen af korrelationskoefficienten. HIP bliver sammenholdt med Tekstur2014, for at undersøge om det kan afklare klima-lavbund potentialet.

7 DK-modellen og det Hydrologisk informations prognosesystem

Grundvandet i Danmark har national interesse, hvilket har givet anledning til kortlægning af grundvandsressourcens størrelse og udnyttelsesgrad. I takt med klimaforandringerne har grundvandet også vakt interesse ift. forebyggelse af vand på terræn ved terrænnært grundvand. Der er i den forbindelse udviklet to modeller med formål hhv. at kortlægge grundvandsressourcerne og lette adgangen til materiale, der kan danne grundlag for klimatilpasningstiltag med videre. Der er her tale om DK-modellen og HIP-modellen, disse vil yderligere blive præsenteret, hvor også forskellene mellem modellerne vil fremhæves.

7.1 Den nationale vandressource model, DK-model2019

Den nationale vandressourcemodel, kendt som DK-modellen, er oprindeligt fra 1996, hvor det daværende Miljøministerium stod for den. Sidenhen er det De Nationale Geologiske Undersøgelser For Danmark og Grønland (GEUS), der har stået for den løbende udvikling og drift af modellen. DK-modellen2019 har til formål at danne grundlag for vurderinger af Danmarks samlede tilgængelige drikkevandsressourcer på landsplan, også ift. tidslige variationer og regionale fordelinger. I tabel 7.1 er angivet en oversigt over nogle af de modelinput, der er i DK-modellen.

Tabel 7.1. Oversigt over input i DK-modellen. [GEUS, 2023a]

DK-modellen	Data kilde	Kort beskrivelse af data
Geologi	Fælles Offentlig Hydrogeologisk Model (FOHM)	De dominerende hydrostratigrafiske lagfølger der er i Danmark
Klimadata	DMI's klimagrid	10km×10km for nedbør og 20km×20km for temperatur og fordampning
Arealanalyse og jordtype	Arealanvendelse og vegetationsudvikling og jordartskort	GEUS
Vandløb	Udarbejdet som en del af DK-modellen	MIKE HYDRO med ca. 18.000 km vandløbsnetværk
Indvirkninger og markvanding	GEUS database JUPITER	Boringer ift. vandindvindinger
Typografi og dræn	Dansk Højdemodel (1,6m DHM)	Dræn differentieret efter arealanvendelse, jordtype og topografisk variabilitet

For DK-modellen kan det forventes, at usikkerheden for terrænnært grundvand er indenfor få meter, da modellen fokuserer på grundvandsressourcer. Mere om usikkerheder for modellerne er

fremhævet i det følgende: [GEUS, 2023a], [Henriksen, 2018]

- Diskretisering er for noget data foretaget i $100\text{m} \times 100\text{m}$ grid ved MIKE SHE, hvor det ikke har været muligt at kalibrere den numeriske model i denne opløsning. For $500\text{m} \times 500\text{m}$ er der anvendt en horisontal diskretisering
- Kalibrering og validering, er foretaget på observations datasæt, som inkluderer 305 vandføringsstationer med data og ca. 40.000 grundvandsspejl/boringer.
- Beregningsteknisk er Danmark inddelt i syv regionale sub-modeller. Disse er afgrænset efter landsdele og grundvandsskel.

Der er for DK-modellen ikke klimafremskrivninger. Modellen har til formål at kortlægge potentielle dybereliggende magasiner til indvinding af drikkevand.

7.2 Hydrologisk informations prognosesystem (HIP)

Det Hydrologiske Informations- og Prognosesystem, HIP, er udarbejdet under den Fællesoffentlige Digitaliseringsstrategi (2016-2020). I dag er det Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur, der står for vedligeholdelsen af HIP. Formålet med HIP er, at lave en samlet adgang til data om de terrænnære hydrologiske forhold for at understøtte klimatilpasning, vandforvaltning, beredskabs aktiviteter og anden planlægning, hvor vand har indflydelse på investeringer i klimatilpasninger. [HJ et al., 2020a]

Af HIP findes der forskellige skaleringer og del-modeller, herunder HIP500, HIP100 og HIP10 der kort beskrives: [HJ et al., 2020a]

- HIP100 er den originale model, der opdeler Danmark i et $100\text{m} \times 100\text{m}$ grid
- HIP500 viser et gennemsnit af 5×5 100m celler for største delen af model input, hvilket giver bedst mulig overensstemmelse mellem de to modeller. Input der ikke følger denne metodik er f.eks. vandløbsnetværket.
- HIP10 er en maskinlæringsmodel, der estimerer dybde til terrænnært grundvand i $10\text{m} \times 10\text{m}$ opløsning.

HIP kan visualisere middel- og ekstremværdier for en 30-års historisk periode (1990-2019), der kan sammenlignes med nære- og fjerne fremtidsmodelleringer. De bygger på tilsvarende statistiske beregninger. Det er muligt med HIP at foretage beregninger i hele 30 års perioder, hvor sæsonvariationer for årstider og måneder også er statistisk beregnet. I tabel 7.2 er angivet en mindre oversigt over nogle af de data input, der ligger som baggrund i HIP-modellen. [HJ et al., 2020a], [HJ et al., 2020b]

Tabel 7.2. Oversigt over input i HIP. [HJ et al., 2020a]

HIP-modellen	Data kilder	Beskrivelse af data (kort)
Geologi	DK-model2019, med finere inddeling af jordarter.	Defineret som ni jordarter, med større differentiering mellem sandede og lerede jorde.
Klimadata	Historisk data fra 1990-2019	Historisk data inddeles i 100m×100m grid.
Arealanalyse og jordtype	BASEMAP2012 & landbrugs-afgrødefordeling pr. mark (Ministeriet for fødevarer)	Opdelt i seks arealtyper, hvor landbrug er yderligere inddelt i fem.
Vandløb og søer	DK-model2019 + inklusion af flere vandløb.	
Indvirkninger og markvanding	JUPITER, GEUS (maj2012)	Bla. justering af dybde på indvindingsfiltre, boringernes vandzone radius.
Typografi og dræn	DK-model2019	Indeholder de samme parametre som i DK-model2019.

HIP er kalibreret på 10 sub-modeller, der repræsenterer 1/6 del af Danmarks samlede areal.

Klimafremskrivninger

P'et i HIP står for prognoser, hvor den nære fremtid er for perioden 2041-2070 og den fjerne fremtid er for perioden 2071-2100. Fremtidsscenarierne forekommer med afsæt i klimascenarierne fra DMI i to udledningsscenarier. Et med udledningsscenariet RCP4.5 og et udledningsscenariet med RCP8.5. [SDI, 2023]

RCP4.5 scenariet afspejler det ambitiøse scenarie, hvor drivhusgasudledningen rammer maksimum i år 2100 og derefter falder. Temperaturen forventes at stige med 2°C. Scenariet RCP8.5 angiver det uambitiøse scenarie, hvor udledningen af drivhusgasser fortsætter som det har gjort førhen, med en forventet temperaturstigning på 3,4°C.

Ved et scenariet RCP4.5 forventes der i den fjern fremtid (2071-2100) at: [DMI, 2023a]

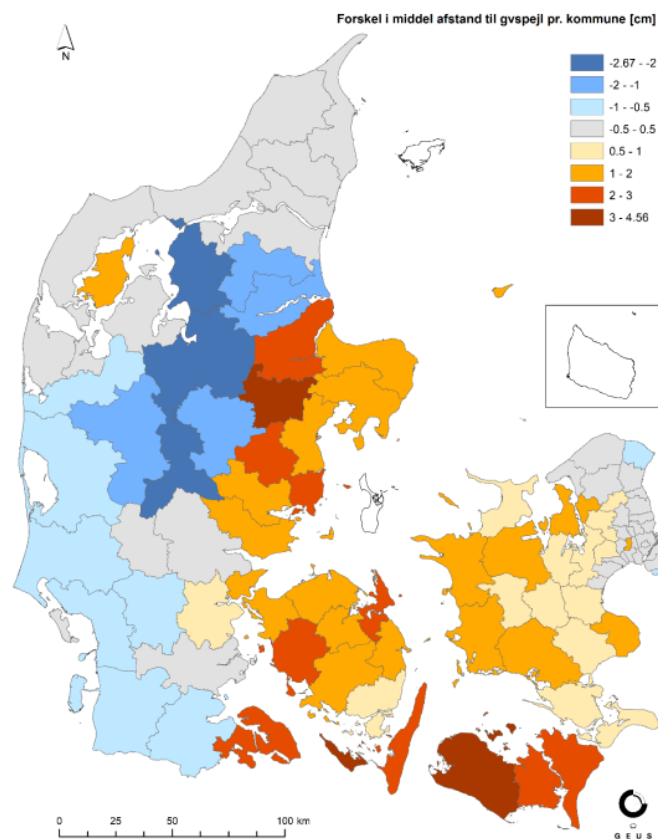
- Somrene bliver varmere
- Vækstsæsonen forlænges to måneder, dvs., at den forlænges fra 8 måneder til 10 måneder
- Nedbørsmængden om sommeren forbliver som nu, men forekommer i kraftigere og sjældnere byger
- Vinternedbøren vil stige med ca. 12% og grundet temperaturstigninger vil denne nedbør falde som regn og ikke som sne.

7.2.1 Usikkerhed på HIP modellerne

Usikkerheden for modellen forudsættes af en kalibrering og validering for både HIP100 og HIP500 modellen. Der er i gennemsnit større forskel på HIP500 modellen end ved HIP100 modellen. Da modellerne benyttes til en bred vifte af formål, er det vigtigt, at modelberegningerne er kvalitetssikret, samt betydningen af fejkilder for simuleringsresultatet vurderes. Dette er vigtigt, for at tredjeparts brugere ved at modellen er valid. Der er forskellige beregningsmodeller; DK-model2019, HIP500, HIP100 og HIP10, hvor beregningsmetoderne er forskellige. Opdelingen for usikkerhed er opdelt i sekundær/primær betydning. For beregningsmodeller er der benyttet

de samme randbetingelser som fra HIP500, hvorved usikkerheden for disse randbetingelser er ensartet i alle modellerne, og usikkerheden er derfor af sekundær status. Hydrogeologiske tolkningsmodeller, herunder dræning af områder og vandbalancen f.eks. nedbør og fordampning er anderledes for modellerne med klimadata og modelberegningerne med historiske data. Andre faktorer, såsom ændringer i vandingssæsonen, eventuelle ændringer i dyrkede afgrøder og forskydning af regn over landet, kan have indflydelse på modellerne. Disse kategoriseres som primære usikkerheder, og kan især have indflydelse på klimamodellerne for fremtiden. [HJ et al., 2020a]

HIP modellen er ikke stærk i dybere beregningslag i jorden, da beregningstiden ellers ville blive for lang, men da modellen arbejder med terrænnært grundvand, er det vurderet acceptabelt i dokumentationsrapporten. Samlet set er der beregnet med en usikkerhed for HIP 500 på kommuneniveau. Denne usikkerhed er i cm forskel, vist på figur 7.1. Til sammenligning har DK-model2019, usikkerheder i meter ved samme inddeling. [HJ et al., 2020a]



Figur 7.1. Landsdækkende usikkerhed på HIP ift. kommunerne inddelingen baseret på 500m×500m grid, hvorved Bornholm ikke er med. [HJ et al., 2020a]

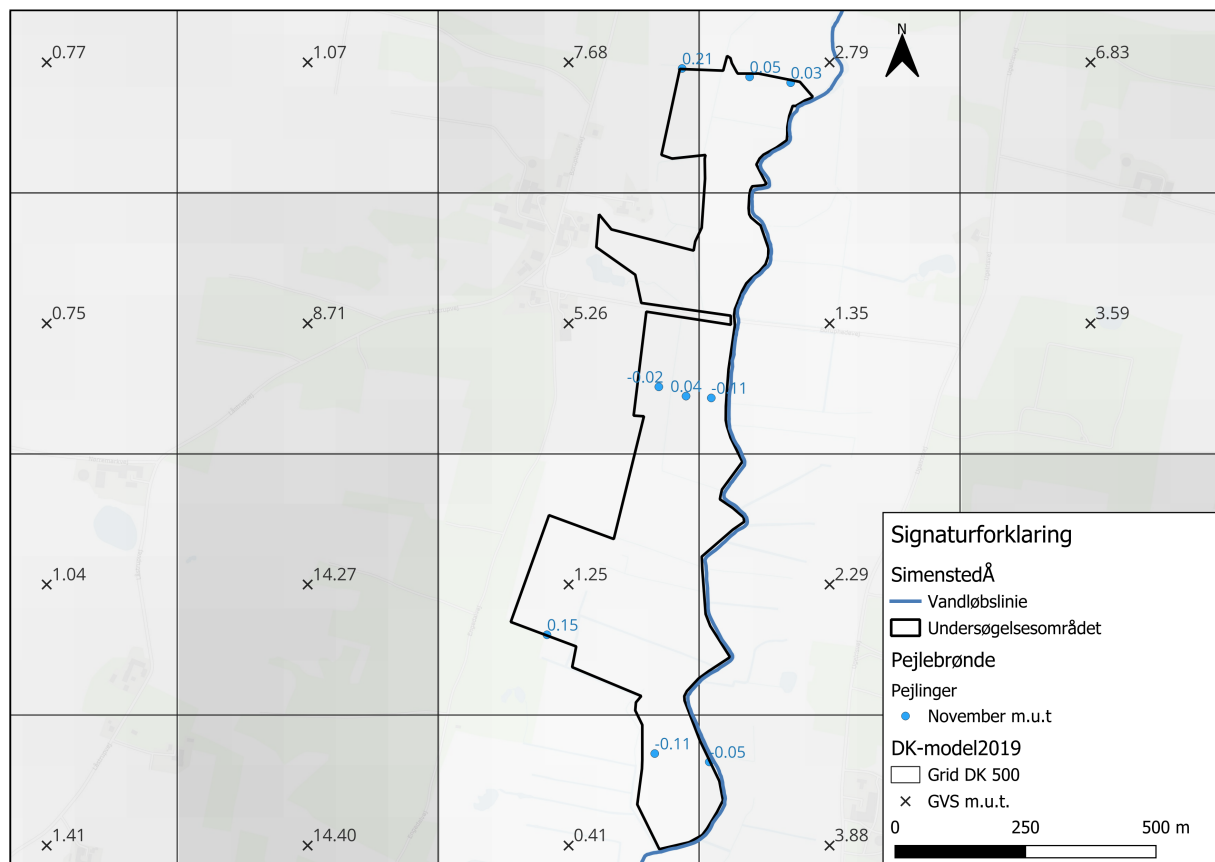
HIP modellerne er ikke stærke til at forudsige forholdene for lavbundsJORde, da dræningsforholdene i modellen forventes rimelig optimale overalt. Grundvandsstanden kan derfor være højerestående i virkeligheden end angivet i modellen. [HJ et al., 2020a]

7.3 DK-modellen2019 & HIP100 sammenholdt med pejlinger

I dette afsnit sammenholdes DK-modellen2019 og HIP100 med pejlingerne foretaget i undersøgelsesområdet.

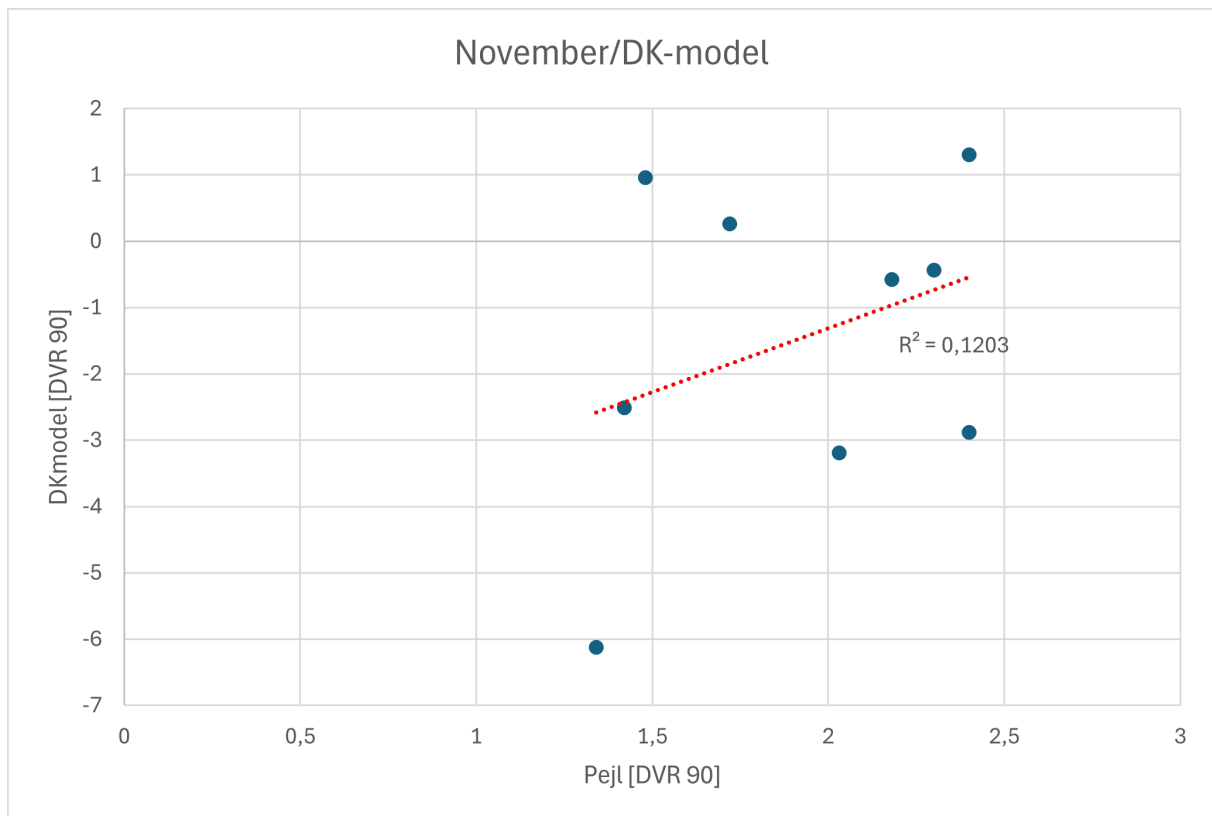
7.3.1 DK-modellen2019 vs. pejlinger

DK-modellen2019 har til formål at fokusere på det dybereliggende grundvand og på størrelsen af grundvandsmagasiner, hvorved det forventes at modellen afviger fra de terrænnære målinger. Til denne analyse er DK-modellen anvendt i grid 500m×500m. På figur 7.2 er data fra DK-modellen vist med de pejlede målinger fra undersøgelsesområdet. De pejlede målinger er fra, første pejling foretaget i, november. Alle værdier er i m.u.t.



Figur 7.2. DK-modellen2019 sammenholdt med målte pejlingsværdier.

Af figur 7.2 fremgår det, at der er store udsving i DK-modellens data indenfor undersøgelsesområdet, selvom undersøgelsesområdet er relativ ensartet både topografisk og geologisk. Forskellen på de pejlede målinger og de data der fremgår af DK-modellen er vist på figur 7.3, hvor pejlingerne sammenholdes med modelværdierne fra DK-model2019 af terrænnært grundvand.

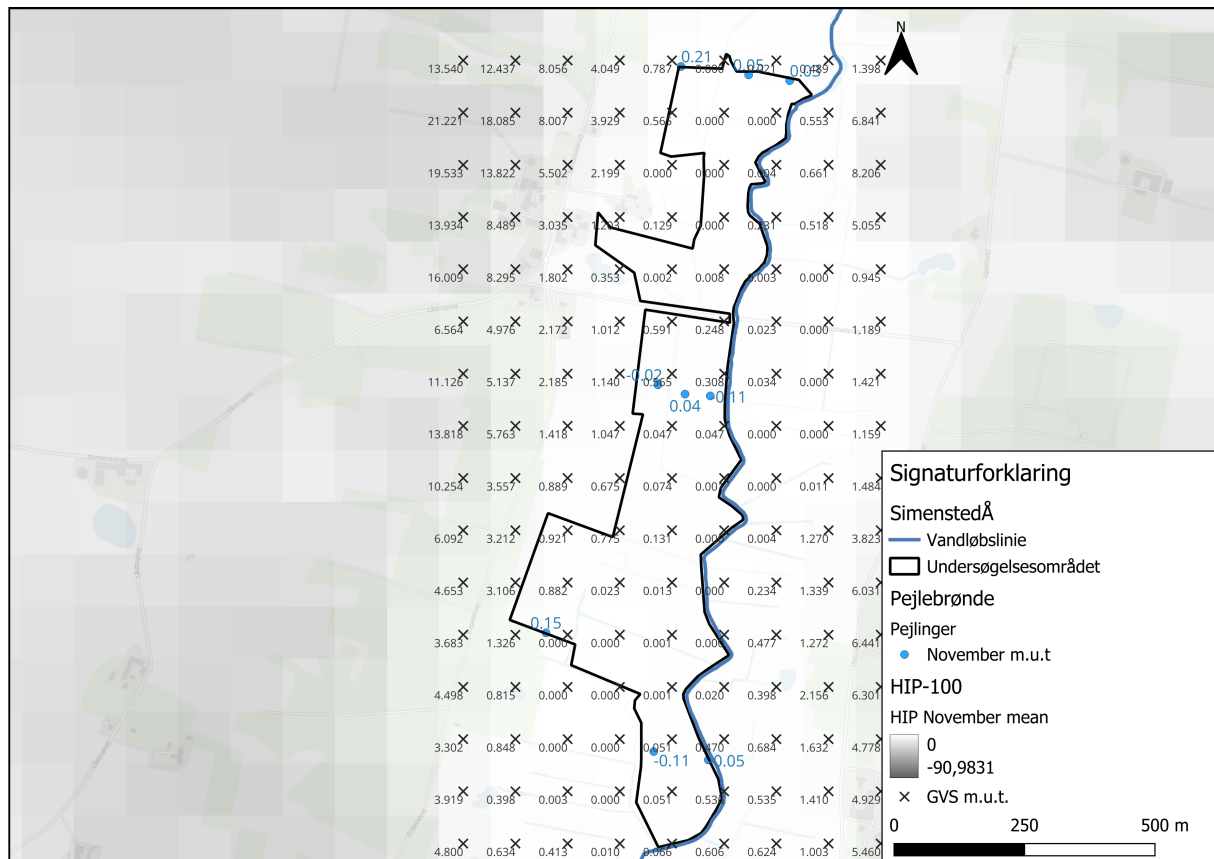


Figur 7.3. Korrelationen mellem DK-modellen og de pejlede værdier. Data er koten for grundvandet i DVR90.

Af figur 7.3 fremgår korrelationsfaktoren, R til at være 0,35, svarende til $R^2 = 0,12$, hvilket giver en meget dårlig korrelation mellem DK modellen og de pejlede værdier. Der arbejdes af den grund ikke videre med DK-modellen i dette projekt.

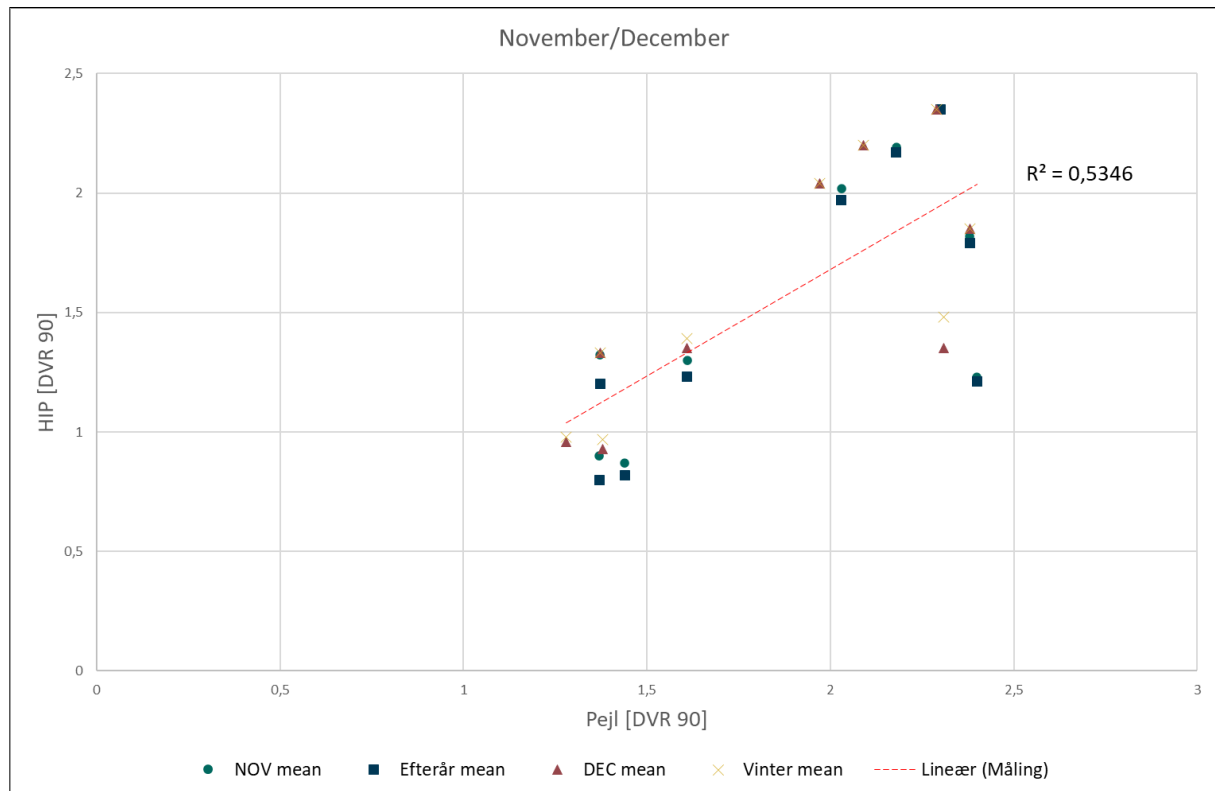
7.3.2 HIP modellen vs. pejlinger

HIP har til formål, at fortælle om terrænnært grundvand, hvilket er det der i projektet er pejlet for. Det forventes at HIP-data har mindre afvigelser end data fra DK-modellen. Der er på figur 7.4 vist pejlinger foretaget i november 2023 i undersøgelsesområdet sammen med HIP100 November mean (historisk data serie). Alle værdier er i m.u.t.



Figur 7.4. HIP modellen, middelværdier fra november af historisk tid.

HIP100 har afvigelser mellem +1,0m til 0,0m fra pejlingerne. Få steder er der pejlet mellem 2 datasæt, men ved interpolation mellem data fra HIP100 ligger pejlingerne indenfor afvigelsen. Til kvantificering mellem HIP100 og pejlinger, er grafisk opstillet en afbildning af data, vist på figur 7.5. Her er afbilledet data fra HIP100 modellen sammenholdt med pejlingerne foretaget i undersøgelsesområdet for både november og december, ligesom for DK-modellen.



Figur 7.5. Korrelation af målte pejlinger sat over for HIP100.

For at kunne kvantificere pejlingerne med HIP100 er korrelationskoefficienten beregnet for en lineærmodel med ligning (7.1).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n y_i)^2}} \quad (7.1)$$

Hvor,

R	korrelationskoefficient	$[-]$
n	Antal indgange i datasættet	$[-]$
x_i	x-værdi for indgang "i" i datasættet	$[DVR90]$
y_i	y-værdi for indgang "i" i datasættet	$[DVR90]$

For at kunne beskrive HIP100-modellens nøjagtighed ift. pejlingerne, beregnes korrelationskoefficienten for de forskellige scenarier. Korrelation mellem to variabler vil sige, at ændringen i den ene variabel vil kunne forudsige ændring i den anden variabel. Der er i tabel 7.3 angivet korrelationskoefficienterne mellem data fra HIP100 og pejlingerne. For begge måneder, er pejlingerne fra både november og december sammenholdt med én indgang i HIP100.

Tabel 7.3. Tabel over korrelationskoefficienter for pejlingerne og HIP100.

Pejlinger \ HIP	November mean	Efterår mean	December mean	Vinter mean
November	0,70	0,73	0,73	0,77
December	0,72	0,75	0,75	0,79
Begge måneder	0,71	0,74	0,69	0,78

Den kvadrerede korrelationskoefficient, R^2 , angiver forklaringsgraden, dvs. hvor godt en lineærvariation kan forklare variationen i en målbar størrelse. R^2 værdierne er angivet i tabel 7.4.

Tabel 7.4. forklaringsgraden for pejlings-værdier og HIP data.

Pejlinger \ HIP	November mean	Efterår mean	December mean	Vinter mean
November	0,49	0,53	0,54	0,60
December	0,52	0,56	0,56	0,62
Begge måneder	0,50	0,55	0,48	0,61

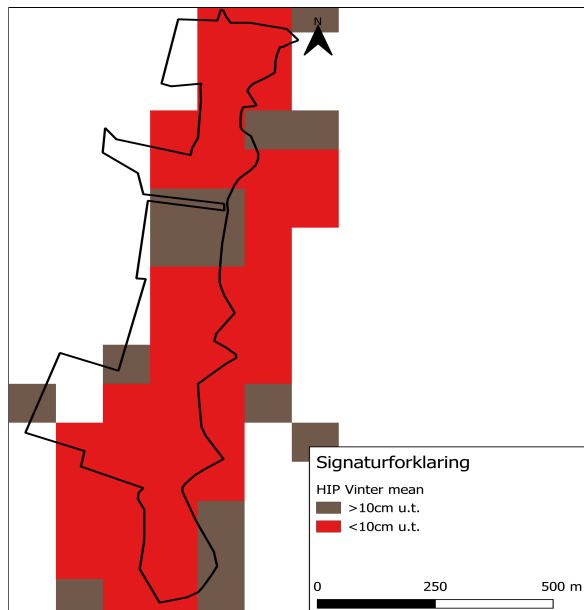
Korrelationsfaktorerne er mellem 0,70 - 0,79, hvilket svarer til at alle datasæt ift. målingerne er stærkt korreleret. Ved sammenligning af datasæt, er det datasættet fra HIP100 vinter mean, der har størst korrelation med pejlingsværdierne. Ud fra denne analyse er det HIP100 vinter mean, der er det mest retvisende datasæt for undersøgelsesområdets pejlinger foretaget i november og december 2023.

Der har i efteråret 2023 været observeret usædvanligt højt grundvand for årstiden, hvor oktober har haft 80% mere nedbør end oktober normen. I november har den gennemsnitlige nedbørsmængde også været højere for måneden. [GEUS, 2023b], [DMI, 2023b] Dvs. jorden har været stærkt vandmættet i pejlingsperioden, hvilket korrelationen fra HIP datasættet og pejlingerne understøtter.

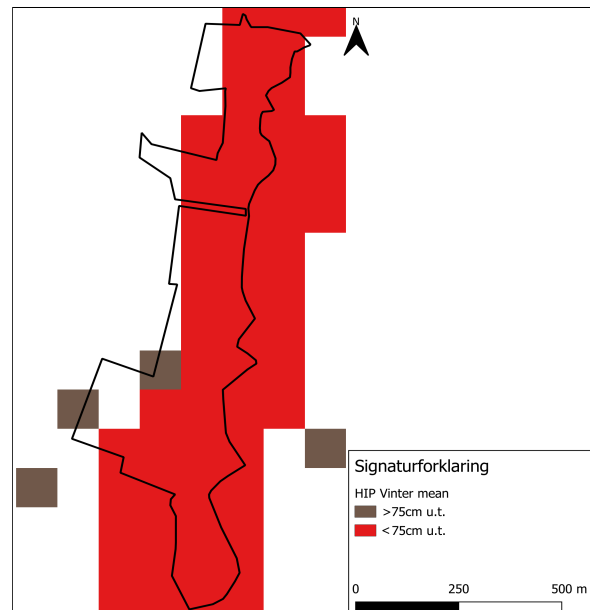
7.4 Grundvandsstanden i HIP vs. kulstofholdige jorde, Sønder Borup

Tekstur2014 kortet er som tidligere beskrevet, et kort over Danmark, der viser det organisk kulstofindhold i jorde på hhv. <6% OC, mellem 6-12% OC og >12% OC. HIP viser terrænnært grundvand, og ud fra de analyser, der er foretaget med pejlingerne for undersøgelsesområdet ved Sønder Borup, er det HIP100 data for vinter månederne, der er mest retvisende. Der er i det følgende opstillet to scenarier, der viser HIP for historisk data (1990-2019), sammenholdt med Tekstur2014 kortet. Her er der vist hvilke områder, der på nuværende tidspunkt, kan forventes at have grundvand stående på terræn ifølge HIP100. Det ene scenarie viser de kulstofholdige områder med grundvandsstanden dybere end 10cm u.t., som vist på figur 7.6. Det andet scenarie, figur 7.7 viser kulstofholdige områder, hvor grundvandsstanden er dybere end 75cm u.t. Begge scenarier er vist for Sønder Borup.

Der er valgt hhv. 10cm.u.t og 75cm.u.t, da det i "*Bestemmelse af drivhusgasemissionen fra lavbundslande*" [Gyldenkerne og Greve, 2020] er de to dybder der "angives". Det optimale er at have en grundvandsstand 5-15cm.u.t., hvorved 10cm.u.t er valgt for det ene scenarie. 5-15cm.u.t. giver den optimale ligevægt mellem tørvedannelse og CO₂e udledning. En høj nedbrydningsgrad finder sted ved en grundvandsstand >75cm.u.t., hvorfor denne dybde er valgt for det andet scenarie. >75cm.u.t. stemmer også overens med den observerede afvigelse +1,0 m til 0,0 m fra HIP modellen i undersøgelsesområdet.



Figur 7.6. Undersøgelsesområdet hvor kulstofholdige jorde ikke dækkes af terrænnært grundvand 10 cm u.t..



Figur 7.7. Undersøgelsesområdet hvor kulstofholdige jorde ikke dækkes af terrænnært grundvand 75 cm u.t.

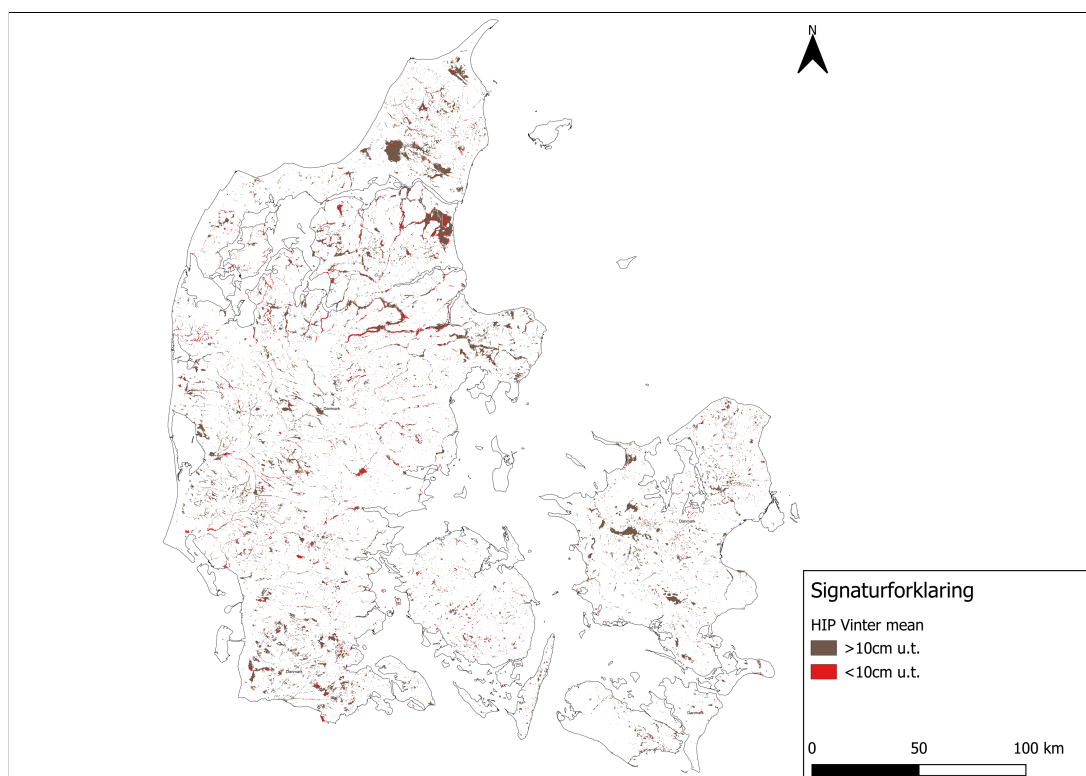
Af figur 7.6 og 7.7 fremgår en markant reduktion af arealet af Tekstur2014 kortet i undersøgelsesområdet. Undersøgelsesområdet har ifølge Tekstur2014 kortet, som vist på figur 3.7, et areal med et kulstofindhold på over 6% OC på 25 ha. For at undersøge, hvor stor en del af undersøgelsesområdet, der har klima-lavbund potentiale, når det sammenlignes med HIP100, er følgende beregning foretaget. Ved at trække undersøgelsesområdets areal, med et kulstofindhold >6% OC fra, med HIP modellens data for vandstanden 10cm.u.t., er det resterende areal 6 ha. Det er de 6 ha, der endnu vurderes at have klima-lavbund potentiale. I scenariet med vandstand 75cm.u.t. reduceres dette areal til ca. 2 ha. Resultaterne er angivet i tabel 7.5.

Tabel 7.5. Tabel over reduktion for undersøgelsesområdet ift. Tekstur2014 kortet sammenholdt med HIP100.

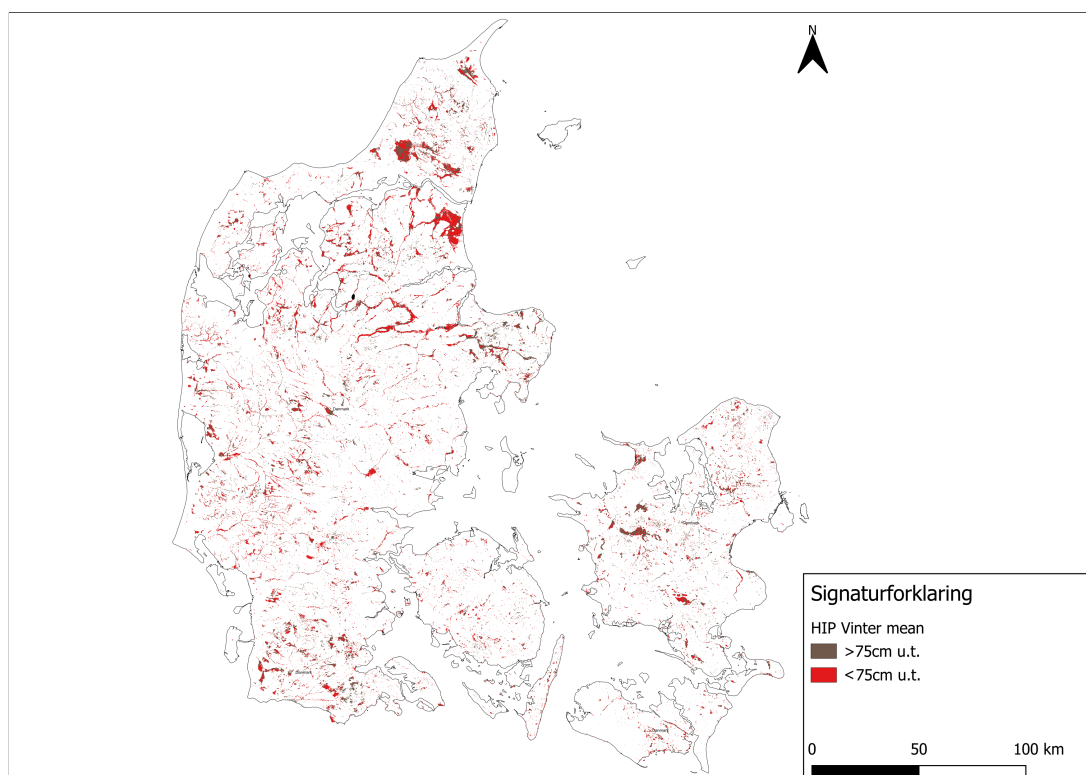
	Undersøgelsesområdet
10 cm u.t.	reduktion fra 29 ha til ~6 ha
75 cm u.t.	reduktion fra 29 ha til ~2 ha

7.5 Grundvandsstanden i HIP vs. med kulstofholdige jorde, Danmark

Det er i det følgende undersøgt, hvordan der med samme fremgangsmetode som ovenstående afsnit, kan undersøges klima-lavbund potentialet i hele Danmark med afsæt i Tekstur2014 kortet. Bornholm er ikke en del af analysen, hvorfor det er Jylland, Fyn og Sjælland analysen er udført for. Af figur 7.8 er Danmark vist med en vandstand 10cm.u.t. Her er arealerne der endnu har klima-lavbund potentiale, markeret med brun. De røde arealer er arealer fra Tekstur2014 kortet, der vurderes til ikke at have klima-lavbund potentiale. På figur 7.9 er klima-lavbund potentialet vist ved en vandstand 75cm.u.t.



Figur 7.8. Danmark, hvor kulstofholdige jorde ikke dækkes af terrænnært grundvand 10 cm u.t.



Figur 7.9. Danmark, hvor kulstofholdige jorde ikke dækkes af terrænnært grundvand 75 cm u.t.

Samlet for Danmark reduceres arealerne med klima-lavbund potentiale, som vist i tabel 7.6.

Tabel 7.6. Tabel over det totale klima-lavbundsareal i Danmark ud fra scenarierne for 10cm.u.t. og 75cm.u.t.

	10cm.u.t.	75cm.u.t.
Totalt areal ha.	245.192 ha	133.814 ha
% af Danmarks areal	5,709%	3,115%

Her er forskellen mellem en vandstand på 10cm.u.t. og 75cm.u.t. for Danmarks samlede areal, svarende til en reduktion af klima-lavbundsarealer på 111.378 ha, svarende til en reduktion på 45%.

Del IV

Næringsstoffer og drivhusgasudledning ift. lavbundsarealer

Denne del af projektet består af en redegørelse af hhv. fosfor- og kvælstofkredsløbet, samt hvilken effekt disse to næringsstoffer har på det lokale miljø. Derudover præsenteres koblingen mellem lavbundslande og udledningen af forskellige drivhusgasser, med deres indvirkning på den globale opvarmning. Afsnittet omhandler de beregninger der er foretaget for fosforfrigivelsen, kvælstofudvaskning og CO₂-udledning samt resultaterne heraf. Der bliver yderligere reflekteret over hvorledes fosfor, kvælstof og CO₂e udledningen kan være i fremtidsscenariet nærfremtid med klimafremskrivingerne RCP4,5 og RCP8,5, under anvendelse af HIP10.

8 Næringsstof tilbageholdelsen i undersøgelsesområdet

Jordens indhold af næringsstoffer kan inddeles i makro- og mikronæringsstoffer. Makronæringsstoffer dækker over kulstof, kvælstof, fosfor med flere, hvor mikro næringsstoffer bl.a. dækker over calcium, magnesium og jern og kommer fra rester af døde plante- og dyredele, der er affaldsproduktet fra bakterier og svampe. [Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning Københavns Universitet, 2023] I jorden bliver næringsstofferne optaget ved ionbytning gennem planternes rødder. I områder hvor jorden bliver vandmættet, vil bakterier leve under anaerobe forhold, hvor nedbrydning af organisk materiale vil være forringet. Dette medfører til ophobning af kulstof f.eks. ved tørvedannelse. [Petersen, 2001]

Med jordbundsanalyser kan næringsniveauer for udvalgte stoffer bestemmes. I forbindelse med dette projekt er der foretaget analyser for fosforindholdet.

8.1 Fosfordelingen i undersøgelsesområdet

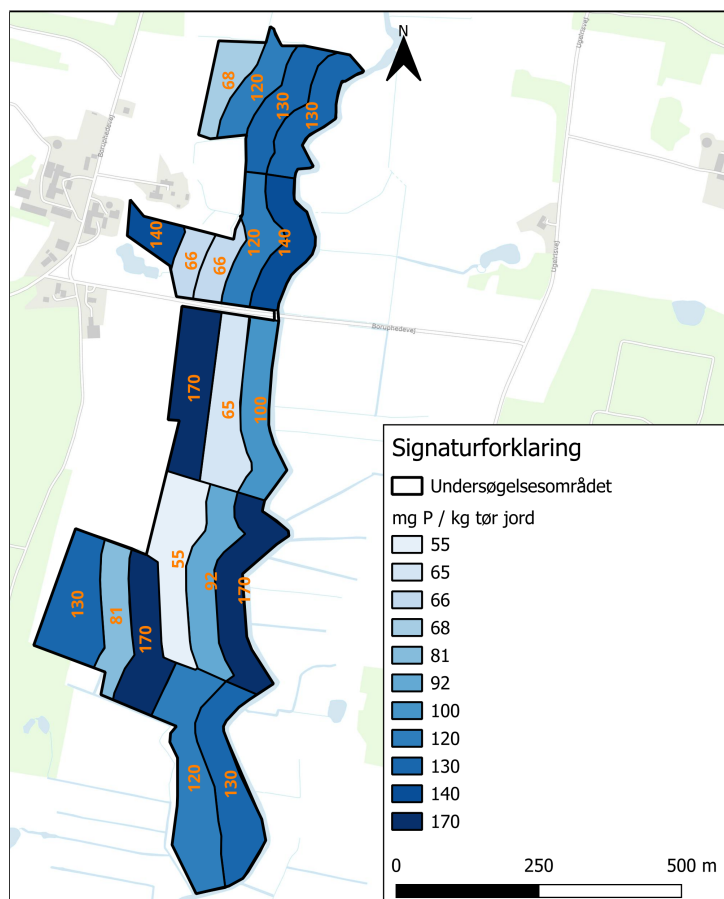
Fosfor er både en begrænset ressource og et forureningsproblem. I det geologiske kredsløb eroderer fosforen fra fosforholdige bjergarter og transporteres med vind og vand til havet, hvor fosforen sedimenterer på havbunden. Med tiden vil havbunden hæve sig til landjord, hvor fosfor vil være tilgængelig i jorden. Fosfor forekommer meget begrænset i atmosfæren, men indgår i mange biologiske processer. I jorde med terrænnært grundvand forekommer der diffusion mellem den mættede- og umættede zone. Ved nedsivende nedbør, i den mættede zone, sker der en lateral konvektiv transport af fosfor. [Christensen, 2023a], [Hoffmann et al., 2014] Fosfor er ofte bundet til jern i jorden. Jern-oxider udgør en stor bindingskomponent for fosfor. Ved aerobe forhold er forbindelsen mellem fosfor og jern stærk, hvor der i anaerobe forhold frigives fosfor, idet jern reduceres fra Fe(III) til Fe(II). Fosfor binder sig godt til Fe(III) og ligger jernbundet i jorden. Ved at vådlige områder vil fosforen derfor frigives indtil der opstår en ny ligevægt med jern. [Christensen et al., 2004] Fosfor danner, som beskrevet ovenfor, stærke bindinger med ilt, og kan ved forekomst i vandløb trække ilt ud af vandet. Dette vil, sammen med opblomstringen af alger, forhindre gennemtrængning af lys, som kan danne et dårligt vandmiljø. Algevæksten er hovedsagelig begrænset af fosfor, da næringsforholdet for dannelsen lyder 1:16 mellem fosfor:nitrat. [Winter et al., 2011]

Der er i kapitel 5 angivet, hvordan jordprøverne er foretaget i felten. Resultaterne heraf præsenteres i det følgende.

8.1.1 Resultater af fosforprøverne fra undersøgelsesområdet

Prøverne til vurdering af fosforfrigivelsen er udtaget og analyseret i henhold til fagligt notat fra DCE "Kvantificering af fosfortab fra vådområder og lavvandede søer" [Hoffmann et al., 2014], hvilket er beskrevet i kapitel 5. Analysemetoden som er benyttet kaldes bicarbonate dithione.

Selskabet Eurofins har analyseret de indsamlede jordprøver i undersøgelsesområdet for fosfor, P, og jern, Fe, i indholdet pr. kg tør jord. Forsøgsresultaterne er præsenteret og grafisk illustreret på figur 8.1.



Figur 8.1. Resultat af fosforprøverne for hvert delområde, foretaget 0-30cm.u.t.

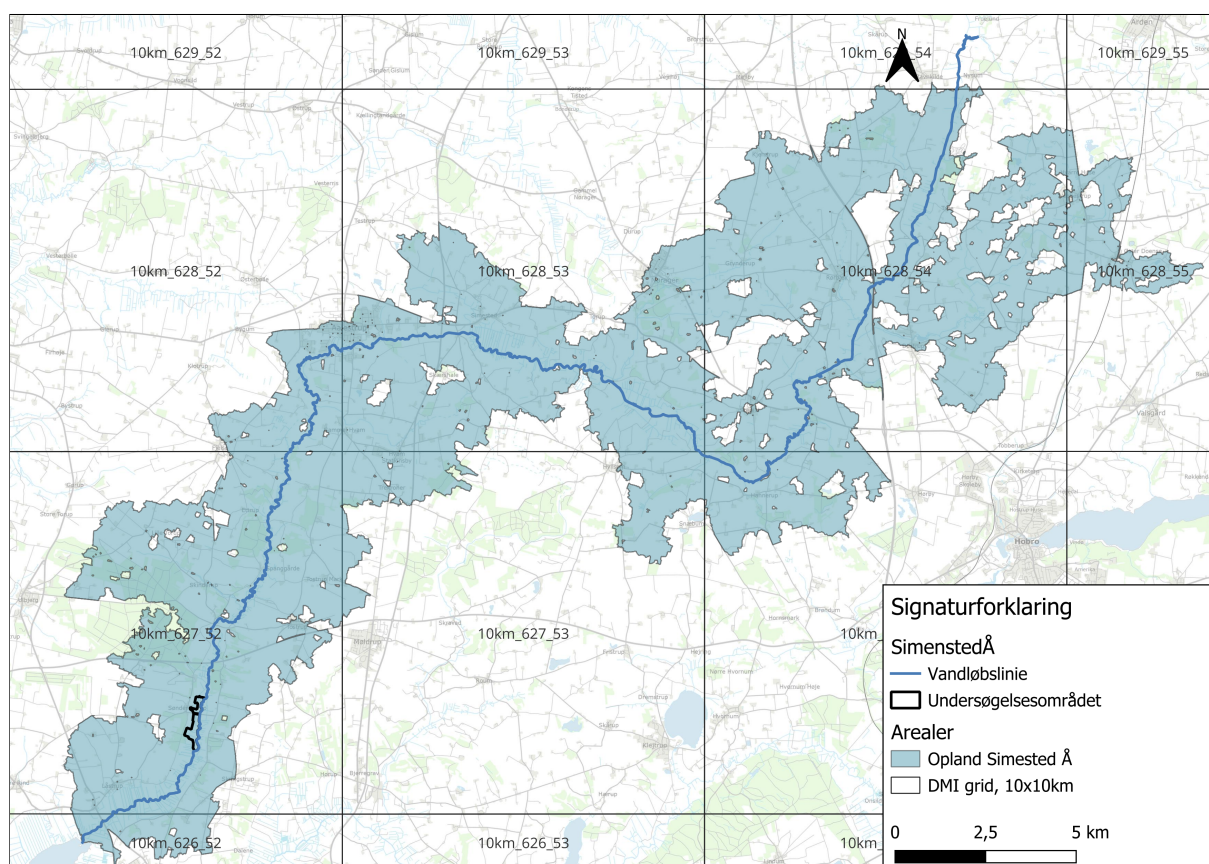
Af figur 8.1 fremgår det at fosforfordelingen er meget ujævn. Det forventes at grøfternes placering har indflydelse på udvaskningen, men det er ikke entydigt. I undersøgelsesområdet varierer fosforindholdet med 115 mg P pr. kg tør jord. Af vejledningen fremgår det, at det totale fosforindhold kan variere mellem <200 til >10.000 mg P/kg for organogene jorde (jordeindhold > 12%OC). Da fosforindholdet er undersøgt eksperimentelt som bestemmelse af bicarbonatdithionit (BD) er det P_{BD} , der er undersøgt, hvor indholdet kan variere mellem 17-3000 mg/kg i organogene jorde. Fosforkoncentrationen er undersøgt i 0-30cm u.t., men det kan forventes at fosforkoncentrationen kan være høj til 1m u.t. Ved analysen af P_{BD} og Fe_{BD} analyseres for Fe(III), der kvantitativt er den dominerende binding, hvilket kan give en overestimering. [Hoffmann et al., 2014]

8.1.2 Fosfor tilbageholdelsen i undersøgelsesområdet

Vandgennemstrømningen af området har stor betydning for fosfor tilbageholdelsen. [Hoffmann et al., 2014] Nedbørsmængden er 303mm/år i det direkte opland til undersøgelsesområdet, angivet i afsnit 3.2.1. Vandløbsoplandet er beregnet med samme metode, hvor de anvendte grid nr. er præsenteret i tabel 8.1 vist på figur 8.2. Den årlige nettonedbør for vandløbsoplandet er beregnet til 290mm/år.

Tabel 8.1. Tabeloversigt over DMI grid nr. for Simested Å's opland.

DMI Grid nr.			
626_52	627_52	628_52	629_54
	627_54	628_53	
		628_54	



Figur 8.2. DMI Grid 10km×10km over vandløbsopland for Simested Å.

Beregninger for fosfor frigivelse og tilbageholdelse ved sedimentation er udført under anvendelse af beregningsarket fra Miljøstyrelsen "MST_p_regneark_06jun2023", der er baseret på "Kvantificering af fosfortab". [Hoffmann et al., 2014] Beregningsarket er i bilag A, hvor resultater samt antagelser og overvejelser forud for beregningerne redegøres for i det følgende.

Den samlede fosforfrigivelse fra undersøgelsesområdet er beregnet til 56,4 kg P/år, hvor den samlede fosfor pulje (P_{BD}) for undersøgelsesområdet er 2.593 kg. For overrislingsarealet tages der udgangspunkt i at sløjfe den eksisterende drænbrønd, vist tidligere på figur 3.12. Oplandsarealet

hertil er på 111 ha. Det vil medføre en fosfor tilbageholdelse på 6,9 kg P/år.

Til bestemmelse af sedimentation ved oversvømmelse, beskrives vandløbstypen ud fra oplandet til vandløbet ifølge tabel 8.2. Simsted Å klassificeres derved som en klasse 3, da oplandet til Simsted Å er 18.660 ha. [Hoffmann et al., 2014]

Tabel 8.2. Vandløbstype svarende til oplandet for vandløbet. [Hoffmann et al., 2014]

Oplandsareal	<10 km ²	10-100 km ²	>100 km ²
Vandløbstype	1	2	3

Sedimentationen pr. år beregnes ved ligning (8.1), og kontrolleres ved ligning (8.2). Ligning (8.1) har dets begrænsninger, såfremt den anvendes på et lille vandløb med mange oversvømmelsesdage, vil en urealistisk høj fosfor sedimentation opnås. Ligning (8.1) er god til beregninger ved kortere oversvømmelses perioder. I ligning (8.2) beregnes sedimentationen ved anvendelse af tabsraten, beskrevet i ligning (8.3). Ligning (8.2) beregner hele processens i 1 step. Der tages altid udgangspunkt i den mindste værdi, da mest fosfor tilbageholdes. [Hoffmann et al., 2014]

$$\text{Sedimentation [kg P/år]} = \text{antal dage med oversvømmelse} \cdot \text{fosfor deponeringsraten} \cdot \text{oversvømmet areal} \quad (8.1)$$

Hvor,

$$\begin{array}{l|l} \text{Antal dage oversvømmet} & 121 \text{ dage} \\ \text{Oversvømmet areal} & 7 \text{ ha} \end{array}$$

Det er estimeret, at området er oversvømmet 121 dage om året svarende til 1/3 af året. Dette er gjort, da der i vinter- og efterårsscenariet er oversvømmelser på dette areal, i middel scenariet fra HIP. Det oversvømmede areal, er udtaget af HIP10, hvor der tages udgangspunkt i værdier ≤ 0 for vinter mean. Det kan forventes, at der er vand på terræn ved værdier ≤ 0 , hvorfor dette er valgt som en oversvømmelse. Arealet for oversvømmelsesområdet bliver derved 7 ha.

$$PP - \text{fosfordeponering} = \text{TABSRATE (Partikelbundet } P (PP)) \cdot \text{AREAL (Vandløbsoplandets areal)} \cdot 0,1 \quad (8.2)$$

Hvor,

$$\begin{array}{l|l} \text{Tabstrate} & \text{Beregnes vha. ligning (8.3)} \\ \text{Areal} & 7 \text{ ha} \end{array}$$

Til at finde deponeringsraten for oplandet, tilhørende undersøgelsesområdet, beregnes oplandstab ved ligning (8.3).

$$PP[\text{kg/ha}] = 1,165 \cdot e^{-6,3079+0,8367 \cdot \ln(Q_{flom})+0,52 \cdot S+0,0203 \cdot SL-8,255 \cdot EM} \quad (8.3)$$

hvor,

Q_{flom}	Flomafstrømningen: $(1-BFI^*) \times$ års afstrømning i vandet [mm/år]
S	Andel sandjord i vandløbsoplandet [%], taget fra jordtype kort 2014
A	Andel af landbrugsjord i vandløbsoplandet [%] Basemap 2016
SL	Hældning af vandløbet i ‰
EM	Andel eng, mose i vandløbsoplandet [%]

*Base Flow Indeks

For undersøgelsesområdet er det ligning (8.2), der giver den mindste tilbageholdelses værdi på 204,4 kg P /år, da ligning (8.1) giver 423,5 kg P /år. Den totale fosfor tilbageholdelse i undersøgelsesområdet beregnes ved ligning (8.4) til 154,9 kg P/år. Det er beregnet ud fra fosfordeponering på 204,4 kg P/år, en samlet fosfor frigivelse på 56,4 kg P/år og en fosfor tilbageholde ved overrisling på 6,9 kg P/år. Opstilling af beregning beskrives som i ligning (8.4). [Hoffmann et al., 2014]

$$\text{Total fosfor tilbageholdelse} = -A + B + C - D = 154,9 \text{ kg P/år} \quad (8.4)$$

Hvor,

A	Samlet fosforfrigivelse fra undersøgelsesområdet (56,4 kg P/år)
B	Overrisling (6,9 kg P/år)
C	Sedimentation ved oversvømmelse (204,4 kg P/år)
D	Fosfortab fra søer (0,0 kg P/år)

Totale fosfor tilbageholdelse i undersøgelsesområdet er derved beregnet til 154,9 kg P/år.

8.2 Kvælstofbelastningen i undersøgelsesområdet

Tilførslen af kvælstof til et vådområde er betinget af vandtransporten fra vådområdets opland og ud i vådområdet. Kvælstof indgår i alt levende og er et kompleks kredsløb. [Christensen, 2023b] Beregninger af kvælstofbelastningen er foretaget med baggrund i anvisninger fra Naturstyrelsen vejledning til kvælstofberegninger, der tager afsæt i DMU's tekniske anvisning nr. 19 - *Overvågning af effekten af reetablerede vådområder*. Beregningerne er udført ved anvendelse af beregningsarket fra Miljøstyrelsen "MST_n_beregning_jul2023", der er baseret på det gennemsnitlig årlige kvælstoftab pr. ha. nedsivningsområde. Beregningsarket er i bilag B, hvor resultaterne og overvejelserne for beregningerne redegøres i det følgende. [Flyvbjerg, 2014]

DMI grids er de samme som for fosforberegningerne angivet i tabel 8.1. Herved beregnes der en gennemsnitligt, årlig kg N-tab pr. ha ved ligning (8.5). [Flyvbjerg, 2014]

$$N_{tab} = 1,131 \cdot \exp^{(-9,97740 + 1,57207 \cdot \ln(A) - 0,00504 \cdot S + 0,06681 \cdot D - 0,00046621 \cdot D^2)} \quad (8.5)$$

Hvor,

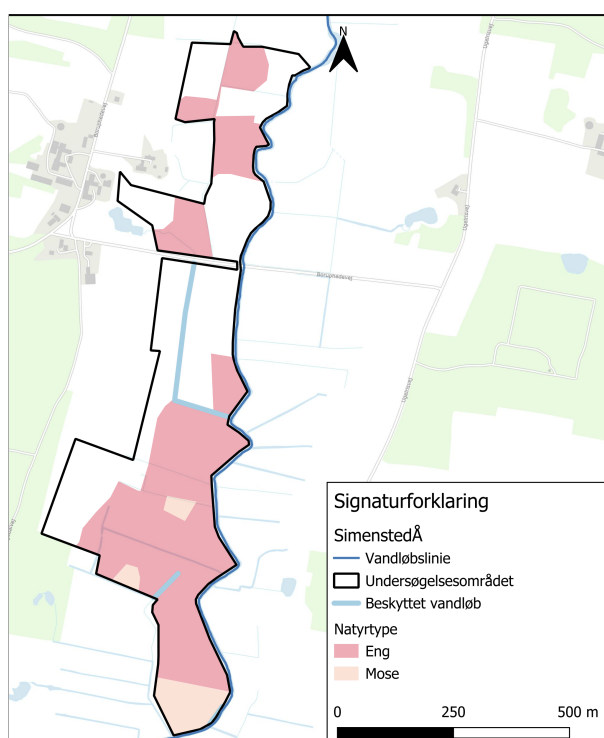
N_{tab}	Gennemsnitlig årlige kvælstoftab pr. ha. nedsivningsområde
A	Vandbalancen for nedsivningsområdet (mm nettonedbør)
S	Andelen af sandjord i nedsivningsområdet i %
D	Andelen af dyrket areal i nedsivningsområdet i %

Fra DMI grids er nedbør, sandjordsandel og andel dyrket areal beregnet for hhv. vandløbsoplandet og det direkte opland. Resultaterne heraf er angivet i tabel 8.3, hvor den gennemsnitlige årlige kvælstoftab pr. ha. nedsivningsområde er 16,1 kg N/ha for vandløbsoplandet og 15,6 kg N/ha det direkte opland.

Tabel 8.3. Beregnings input og resultater for gennemsnitlig årlige kvælstoftab pr. ha. nedsivningsområde.

	Vandløbets opland	Direkte opland
Nettonedbør	876,41 mm	894,27mm
Andelen af sandjord	81,61 %	91,04 %
Dyrket areal	71,83 %	66,04 %
Gns. årligt kg N-tab/ha opland	16,1 kg N/ha	15,6 kg N/ha
N-tab fra oplandet	300.781,8 kg N	4.065,1 kg N

Landbrugsbidraget beregnes på baggrund af arealanvendelsen, hvor der i undersøgelsesområdet ikke er jord i omdrift, men natur og permanent græs. Arealerne for beskyttet natur er beregnet til 16,7 ha. for §3 områder, udtaget fra Danmarks arealinfo, se figur 8.3. [Arealinformation, 2023] De beskyttede vandløb er tilsammen målt til at have en længde på ca. 500 m. Det antages at vandløbene er 1m brede, ud fra feltobservationer. Dette giver et samlet vandareal på 0,5 ha. I alt er 17,2 ha opgjort til natur og 12,32 ha til permanent græs.



Figur 8.3. Beskyttede naturtyper og §3 vandløb i undersøgelsesområdet.

Hermed kan den årlige N-udvaskning beregnes, baseret på de angivene arealer, til en sum af 448 kg N/år for undersøgelsesområdet.

Kvælstoftransporten for det direkte opland til undersøgelsesområdet er betinget af vandtransporten fra vådområdets opland. Den gennemsnitlige udvaskning er på 15,6 kg N/ha/år, hvilket er

en lav udvaskning sammenlignet med landbrugsjord. Den gennemsnitlige udvaskning fra rodzonen under landbrugsjorde ligger på mellem 49 kg N/ha/år for lerjorde og 78 kg N/ha/år for sandjorde. [Sevel et al., 2008]

8.3 Næringsstofudvaskning og klimafremskrivninger

Tilbageholdelsen af næringsstoffer og CO₂ udledningen vil blive beskrevet for klimascenarierne RCP4.5 og RCP8.5 for nærfremtid ift. ændringen i det terrænnære grundvand. Det oversvømmede areals udbredelse for de to klimascenarier er angivet i tabel 8.4.

Tabel 8.4. Undersøgelsesområdets oversvømmede areal ift. klimafremskrivninger for nærfremtid.

Klimascenarie	Oversvømmet areal [ha.]
RCP4.5	13
RCP8.5	14

Det er en 100% forøgelse ift. de historiske data, som de tidligere beregninger er foretaget med. Dette gør, at tilbageholdelsen af fosfor kan forventes at være stigende i fremtidsscenariet for begge klimascenarier, fordi fosfor bundfældes ved oversvømmelser. Beregnes tilbageholdelsen med det nye oversvømmede areal som input, er tilbageholdelsen endnu 204,4 kg P/år for begge scenarier. Det skyldes sandsynligvis at antal dage med oversvømmelser er sat højt. [Hoffmann et al., 2014]

Beregningerne foretaget for kvælstof afhænger ikke af oversvømmelser, da der ikke er foretaget modellering af vandløbet. Beregningen afhænger derfor af fjernelsen af gødskning på arealerne. Derfor vil udvaskningen være uændret for denne beregning ift. klimafremskrivningerne.

CO₂ beregningerne er direkte påvirket af det terrænnære grundvand, men måden hvorpå reduktionen beregnes, indeholde ikke data om de oversvømmede arealer.

9 Udledningsreduktion af drivhusgasser i undersøgelsesområdet

Udtagning af kulstofrige lavbundsjorder er med til at reducere landbrugets drivhusgasudledning, hvorfor der i det følgende er en kort redegørelse, for hvilke påvirkning drivhusgasser har, samt en kort beskrivelse af udvalgte drivhusgasser. Slutteligt i dette afsnit bliver den teoretiske udledningsreduktion for undersøgelsesområdet præsenteret.

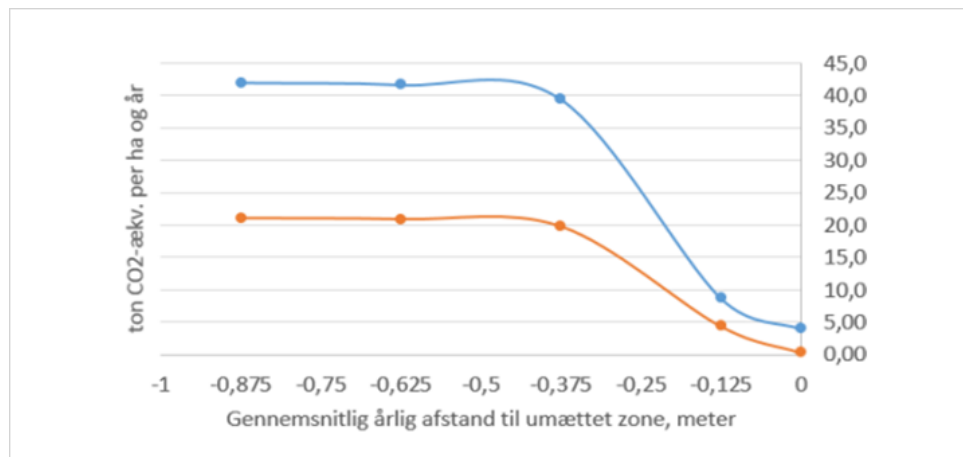
Jordens overflade afgiver infrarød stråling til atmosfæren, hvor bestemte gasser absorberer og reflekterer dem. Atmosfæren udsender stråling i alle retninger, og mængden af strålingen, der reflekteres mod hhv. jorden og universet, er ens. Jordens overflade bestråles med strålingen fra solen og reflektionsstråling fra atmosfæren, hvilket gør at jordens gennemsnitstemperatur er ca. 15°C. Vanddamp og kuldioxid har en stor absorberingseffekt og kategoriseres som de to vigtigste drivhusgasser. Vanddampe er den mest almindelige drivhusgas, hvor mængden af den er vejrafhængigt. Den menneskeskabte udledning af drivhusgasser kommer fra forskellige sektorer, herunder f.eks. energi-, transport- og landbrugssektoren. I tabel 9.1 er angivet nogle af de vigtigste/mest udbredte drivhusgasser og deres påvirkningsperiode. [Nielsen og Olesen, 2018]

Tabel 9.1. Udvalgte drivhusgasser og deres påvirkningsperiode. [Nielsen og Olesen, 2018]

Gas	STP* Tot	Levetid i atmosfæren	Forekomst	Andet
Vanddamp [H ₂ O]	60 %	10 dage	Vejrlig og markante lokale variationer	Største bidragsyder til drivhuseffekten
Kuldioxid [CO ₂]	30 %	50-200 år	Forbrænding, fotosyntese	Ændring i CO ₂ niveau tager årtier og århundreder for at indstille ny ligevægt
Lattergas [N ₂ O]		114-120 år.	Forrådnelsesprocesser. Nedbrydning og forbrænding af bio-materiale og ved kunstgødning samt fra industrien	1 tons N ₂ O svarer til 250 tons CO ₂ e
Metan [CH ₄]		12 år.	Organisk oprindelse, fra bl.a. vådområder, drøvtyggere og insekter.	Over en 20-års periode er metan 80-90% så effektiv en drivhusgas pr. masse som kuldioxid.

STP=Strålingspåvirkning

For at tilbageholde emissionsforholdene for CO₂, kan vandstanden for kulstofholdige jorde hæves, hvorved CO₂e udledningen falder. Der sker en drastisk stigning af CO₂e udledningen ved grundvandet højere end 0,375 m.u.t., som afbildet på figur 9.1. [Gyldenkerne og Greve, 2020]



Figur 9.1. Emissionsraten ud fra den gennemsnitlige årlige afstand til den umættede zone. Den blå linje angiver CO₂e fra jorde <12%OC ift. afstanden til den umættede zone. Den røde linje er 6-12%OC. Den totale emission omfatter CO₂, CH₄ og N₂O fra arealet. Ændret brug af handelsgødning følger ikke kurven. [Gyldenkerne og Greve, 2020]

Beregninger for CO₂e er baseret på beregningsarket fra Miljøstyrelsen "beregningsark-co2-effekt-version-12-6", som tager udgangspunkt i drivhusgasemissioner fra lavbundslande. Der er for hver arealanvendelse en given effekt ift. tilbageholdelse af CO₂ udledningerne pr. ha. Der tilbageholdes mere CO₂, hvor der findes mest organisk kulstof. Der forventes en drænende effekt fra grøfte og vandløb, der angives med en bufferzone på 7,5m fra vandløbsmidten. Arealopdelingen tager udgangspunkt i områder inden- og udenfor bufferzonerne. [Gyldenkerne og Greve, 2020]

Tabel 9.2. Total arealfordeling for undersøgelsesområdet.

Arealfordeling	Areal [ha]	Areal anvendelse
>12% OC	22,14	Permanent græs
6-12% OC	2,84	Permanent græs
<6% OC	4,54	Permanent græs

Længden af vandløbene er 1.875 m, hvor 1.455 m er indenfor områder med >12% OC jorde, svarende til 1,09 ha. Vandløbene indenfor 6-12% OC har en længde på 258 m, hvilket giver et areal på 0,19 ha. Dermed bliver fordelingen af arealer inden- og udenfor bufferzonen som vist i tabel 9.4 og 9.3.

Tabel 9.3. Arealfordelingen udenfor bufferzonerne.

Arealfordeling	Areal [ha]	Areal anvendelse	Effekt ton CO ₂ pr. hektar	Effekt ton CO ₂
>12% OC	20,39	Permanent græs	25	509,63
6-12% OC	2,65	Permanent græs	12,5	33,08
<6% OC	4,40	Permanent græs	0	0

Tabel 9.4. Arealfordelingen indenfor bufferzonerne

Arealfordeling	Areal [ha]	Areal anvendelse	Effekt ton CO ₂ pr. hektar	Effekt ton CO ₂
>12% OC	1,76	Permanent græs	12,5	21,94
6-12% OC	0,19	Permanent græs	6,25	1,20
<6% OC	0,14	Permanent græs	0	0

Hermed bliver den forventede, teoretiske udledningsreduktion 565,85 ton CO₂. Den fulde CO₂ effekt vil ved denne beregningsmetode forekomme ved, at et område går fra at være helt tørt til at være helt vådt. Dette er ikke tilfældet for undersøgelsesområdet ved Sønder Borup. Der forekommer i beregningen derfor variationen i før-vandstanden og efter-vandstanden, der tager udgangspunkt i dyrkningshistorikken for undersøgelsesområdet. Det forventes at arealer i omdrift har bedre dræningsforhold end f.eks. arealer med permanent græs, hvilket giver anliggende til en større effekt i CO₂ aftrykket ved udtagning af den type jorder.

Del V

Afrunding af projektet

Del V af rapporten består af en diskussion, hvor udvalgte antagelser, der er foretaget forud for beregninger og metoder, diskuteres. Diskussionskapitlet er inddelt i mindre afsnit. Der bliver bl.a. berørt emner som de politiske klimamål for landbrugssektoren og de afvigelser, der er mellem de pejlede værdier fra felten, sammenholdt med afstanden til grundvandet i HIP modellen.

Afslutningsvis i denne del er konkluderet på den overordnede problemformulering.

Til sidst bliver der i perspektiveringsafsnittet redegjort for andre løsningsforslag for klimaværdier i undersøgelsesområdet.

10 Diskussion

I dette kapitel foretages diskussion af udvalgte antagelser, metoder og resultater, der er foretaget og fundet igennem rapporten.

Politisk klimamål og klima-lavbund

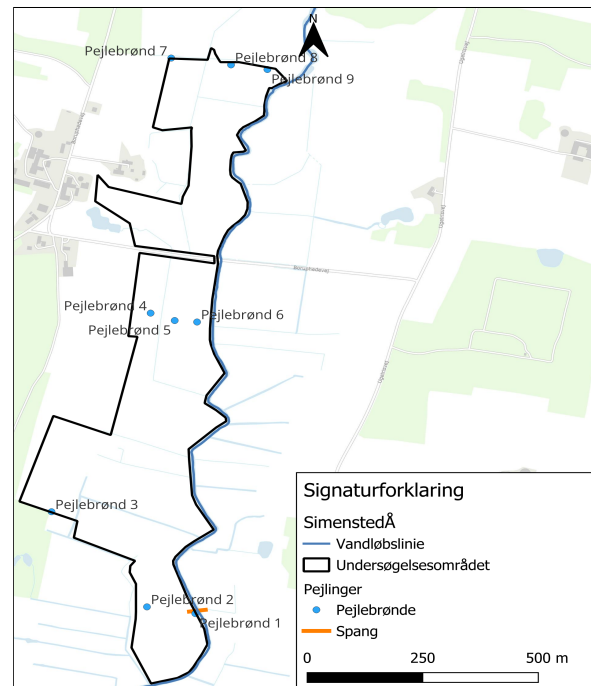
Fra Landbrugsaftalen 2021 er kravet at reducere drivhusgasudledningen i landbruget med 6,1-8,0 mio. tons CO₂e ift. udledningen i 1990. I den nationale emissionsopgørelse anslås det, at det samlede areal med dyrkede organiske jorder udleder 5,7 mio. ton CO₂e om året. Det svarer til knap 40% af landbrugets samlede udslip af drivhusgasser. [Andreasen, 2020] Foretages beregningen 5,7 mio. ton CO₂e/året divideret med de manglende 5,4 mio. ton CO₂e/året fra den forventede manglende reduktion i 2030, vil det svarer til at 95% af alt lavbundslande skal omlægges til klima-lavbund, såfremt det er den eneste bidragende faktor. Det forventes derfor ikke kun at være en entydig løsning med klima-lavbund, men et hav af løsninger, der skal spille sammen for at reducere CO₂e aftrykket fra landbrugs-, skovbrugs- og fiskerisektoren. Såfremt landbrugsomlægningen er den eneste faktor til at reducere udledningen, bør der bl.a. undersøges en nemmere mulighed for matrikel opdelinger. Da Tekstur2014 kortet ligger som grundlag for kulstofholdige jorde og de ikke følger matrikelopdelingerne. Ved at lette processen om matrikel opdelinger, vil dette potentielt have indflydelse på lodsejernes engagement og motivation til at bidrage til projekterne. Lavbundsprojekterne er ofte komplekse, bl.a. fordi der er flere lodsejere, der skal blive enige om projekternes omfang. Ofte i samarbejde med kommunerne.

Simsted Å og vand på terræn

Ved drænede jorde ledes vandet fra området ud i en recipient, der leder vandet yderligere væk. I tilfældet med undersøgelsesområdet ved Sønder Borup, ledes vandet via Simsted Å til Hjarbæk Fjord og derfra ud i Limfjorden, for til sidst at ende i havet. Simsted Å's vandspejl står nær terræn, hvor det fra GPS målinger viser at vandstanden er 7 cm højere end det omkringliggende terræn. I tabel 10.1 og figur 10.1 er vandspejlet for spangen og pejlebrøndene nær Simsted Å vist.

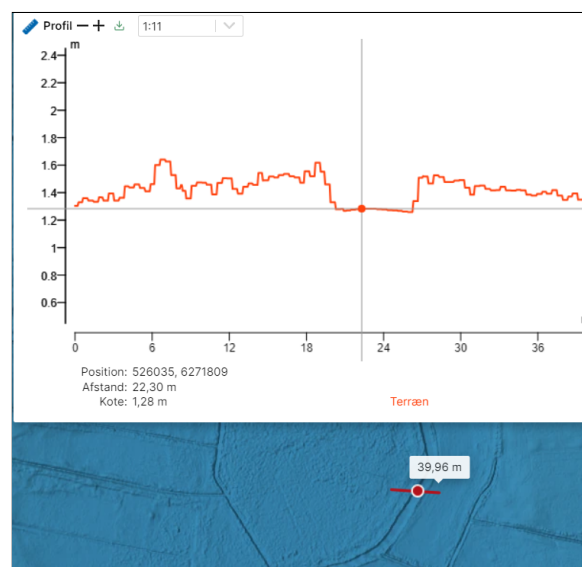
Tabel 10.1. Sammenligning af pejlinger foretaget ved pejlebrønd 1 og spang ved Simested Å.

Måle pkt.	Kote [m]
Spang VS	1,44
Pejlebrønd 1	1,37
Difference	0,07



Figur 10.1. Angivelse af pejlebrønde og spangens placering.

Idet vand, ikke uden påvirkning, strømmer mod højere tryk, vil vandet stuve op på terræn, hvorved området opleves vådt. Dette stemmer overens med de observationer, der er foretaget i undersøgelsesområdet. En årsag til at åen har været bredfyldt, kan skyldes den store mængde nedbør, der er faldet i løbet af efteråret. Derudover er Sønder Borup beliggende tæt på Simested Å's udløb, hvorved der er et stort opland, der bidrager med vand til åen, inden undersøgelsesområdets opland bidrager. Af tabel 10.1 er vist GPS målingerne, som tidligere beskrevet, til 7cm. I SCALGO er vandstandsniveauet undersøgt, hvor åens vandspejl er i kote 1,28 hvilket er 16cm forskel, vist på figur 10.2.



Figur 10.2. SCALGO tværsnit ved spang beliggende som vist på figur 10.1.

Den data SCALGO bygger på, er overflyvninger foretaget om foråret før løvspring. Overflyvningen af bl.a. undersøgelsesområdet er foretaget den 18-21/3/2021 [SDFI, 2023].

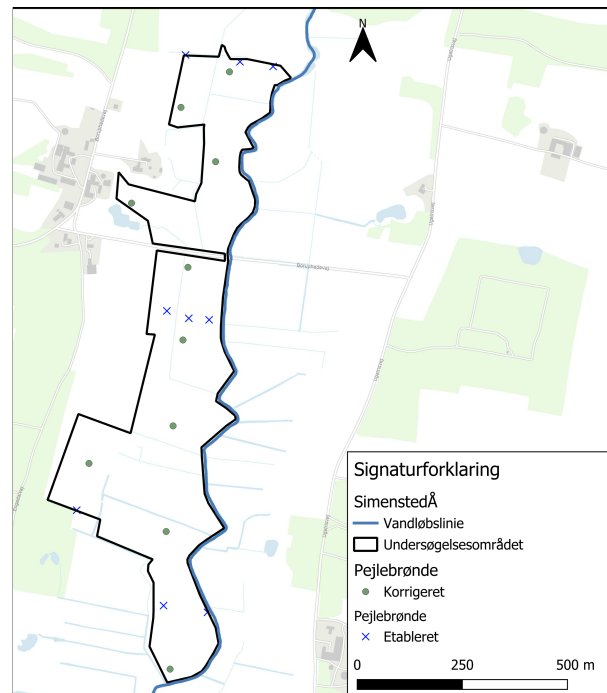
Målemetoderne kan give en usikkerhed. GPS målinger er foretaget manuelt, hvor SCALGO's overflyvninger er foretaget med laser scannere. De to målemetoder er begge nøjagtige, hvor den anvendte GPS usikkerhed og SCALGOs overflyvning begge er $\pm 1\text{cm}$ til 2cm . Selvom overflyvningerne foretages før løvspring, er det ikke alle planter, der forgår over vinteren. Det vurderes at have betydning for målingerne foretaget over undersøgelsesområdet, da der er høj vegetation i området. GPS målingerne er foretaget i efteråret 2023 efter et vådt år, hvor SCALGO overflyvningen er foretaget i foråret 2021, hvor der ikke var markante vejrlig forhold. [DMI, 2023b],[Rubek, 2021] Dette kan også være årsagen til afvigelsen mellem GPS målingerne og SCALGOs målinger sammenlignet med pejlingerne.

HIP og pejlede data

Ved sammenligning af de forskellige datasæt, er det observeret, at vinter mean har været det mest retvisende for undersøgelsesområdet. Det kan bl.a. skyldes, at jorden har været stærkt vandmættet i pejlingsperioden, hvilket stemmer overens med korrelationen fra HIP100 datasættet og pejlingerne. Med teorien om at der er vådest i vintermånederne, og at pejlingerne er foretaget i et vådt efterår, kan det være en forklaring herpå. En anden mulighed til afvigelsen mellem HIP100 data og pejlingerne kan være en stigning i grundvandsstanden f.eks. forårsaget af den globale opvarmning. Dette vil øge antallet og størrelsen på oversvømmelser i lavbundsområder.

Differencen mellem datasættene i HIP modellen for hhv. efterårs- og vintermånederne er $\pm$ få centimeter for undersøgelsesområdet. De målte pejlingsværdier foretaget i felten er foretaget med hhv. pejl, hvor måleusikkerheden er i centimeter og med tomkestok, der har en måleusikkerhed i millimeter. Derfor kan måleusikkerhederne på pejlingsværdierne, være det samme som afvigelsen imellem HIP modellerne. HIP modellen er bedre opløst end DK-modellen, men grid af $100\text{m} \times 100\text{m}$ er stadig af størrelse, hvor markarealer kan ligge indenfor. Til fosfortilbageholdelsen er de oversvømmede samt overrislede arealer, beregnet ved brug af HIP10, der er i opløsningen af $10\text{m} \times 10\text{m}$. Detaljeringsgraden for HIP10 er så høj, at det kan forventes, at den kan erstatte den terrænnære grundvandsmodellering, for områder med klima-lavbund potentiale, der er et krav for forundersøgelsen. Skaleringen i grid $10\text{m} \times 10\text{m}$ kan formentlig reducere antallet af pejlebrønde.

Målepunkterne for pejlingerne er placeret i grid efter prøvefelterne for fosfor. Da de to prøver har forskellige formål, har det ikke været optimalt at placere brøndene på denne måde. Med udgangspunkt i de 10 pejlebrønde som Artelia har stillet til rådighed og Simsted Å som rand, kunne brøndene være placeret mere hensigtsmæssigt f.eks. som vist på figur 10.3. Ved denne placering vil det forventes, at de pejledeværdier er mere repræsentative for hele området.



Figur 10.3. Forslag til placering af brønde vist med blå cirkel, hvor eksisterende placering er markeret med blå kryds.

Brøndenes placering på figur 10.3, er jævnt fordelt langs midten af området, hvor tre af brøndene placeres i størst afstand til åen. Der er ud fra vejledningen, kun angivet, at brønde ikke bør placeres andre steder end i skel, hvilket ikke anses som optimalt, hvorfor der i projektet er opsat brønde med henblik på bedre at kunne opstille en evt. grundvandsmodel. Ved en større spredning mellem brøndene, vil det yderligere kunne give et indblik i, om HIP100-modellen stemmer overens for flere forskellige jordtyper. Da pejlingerne ligger tæt på hinanden, er forskellen på terrænmodellen samt jordbundstypen minimal, hvilket kan være med til at skjule større afvigelser.

Næringsstoffer og Drivhusgasser

Fosforfordelingen i undersøgelsesområdet er som det fremgår af figur 8.1 umiddelbart ujævnt fordelt, med en variation på 115 mg P pr. kg tør jord. De beregnede resultater præsenteres i tabel 10.2.

Tabel 10.2. Oversigt af resultaterne foretaget for fosfor beregninger.

Samlet fosforfrigivelse fra projektområdet	56,4 kg P/år
Overrisling	6,9 kg P/år
Sedimentation ved oversvømmelse	204,4 kg P/år
Totale fosfor (TP)	154,9 kg P/år

Ved sammenligning af det totale fosforindhold, der er foretaget for flere end 3000 lavbundslande, kan TP variere mellem <200 til >10.000 mg P/kg. [Hoffmann et al., 2014] Variationen af fosfor på undersøgelsesområdet vurderes derfor til at være indenfor en lille afvigelse. Koncentrationen af TP i området er meget lav, hvilket kan skyldes, at undersøgelsesområdet er permanent græs

og natur, hvor der ikke har været gødet på samme vis, som hvis jorden havde været i omdrift. Fosfor optages i planter, hvilket danner variation af fosforoptagelsen henover vækstsæsonen. Oktober måned er udenfor vækstsæsonen, hvorved frigivelsen af fosforen fra plantemateriale forekommer, hvorfor fosforen kan udvaskes fra jorden. De bio-geo-kemiske forhold, der er i undersøgelsesområdet, foregår flere steder anaerob, der medvirker Fe(III)-oxiders og derved frigives fosfor til vandløbene.

Prøverne for fosforindholdet er taget som en blandeprøve med 16 nedstik. Det er muligt, at enkelte prøver kan påvirke gennemsnittet for delområdet med udslagsgivende karakter. Da prøverne er taget med et spydudtag, kan dette repræsentere ekstrem-lokale forhold, som kan føre til et stigende eller faldende gennemsnit. Områderne er opdelt i 50m×300m grid, hvorved de 16 spydstik repræsenterer langt under 0,01% af det areal de skal være repræsentative for. Det kunne derfor være en idé at indsende prøverne som både stikprøver og blandeprøve, sådan prøver med stor afvigelse kan frasorteres. Dette vil sikre, at det generelle billede af områdets fosforindhold ikke afhænger af alle prøvetagningspunkterne.

Kvælstofudvaskningen for undersøgelsesområdet, er beregnet til 15,6kg N/ha for det direkte opland. I vejledningen [Flyvbjerg, 2014] er angivet en forventet kvælstofreduktion, ved ændret arealanvendelse i projektområdet, ved jorde med sandblandet lerjord og gennemsnitligt nedbør for bl.a. vedvarende græs på max 10kg N/ha. og 5kg N/ha. for naturarealer. Idet beregningen afhænger af jordtypen, kan disse værdier ikke direkte sammenlignes. Det tyder på at kvælstofudvaskningen er høj for undersøgelsesområdet, der er angivet som permanent græs i markbloksregistret. For undersøgelsesområdet er andelen af sandjorde opgivet i procent, efter DMI-grid nr. 10km×10km, hvor undersøgelsesområdet er 30ha. svarende til 0,3 km², hvilket betyder at, andre jordarter udenfor området har indflydelse på beregningerne.

Vandløbsmodelleringer bør danne baggrund for fosfor- og kvælstofberegningerne, hvilket i projektet ikke har været muligt, da det omfatter simulering af vandstanden for hele Simsted Å. Derfor er der benyttet estimerer fra HIP10 ift. oversvømmede arealer. Det kunne være relevant at simulere oversvømmelser af Simsted Å og sammenholde disse arealer med estimererne fra HIP10 ift. de oversvømmede arealer, for at undersøge differensen.

CO₂ beregningerne tager udgangspunkt i efter-vandtilstanden. Efter-vandtilstanden estimeres ved at vandspejlsniveauet fra nærmeste vandløb, forlænges vinkelret på vandløbsmidten gennem terrænet i en 2 promilles gradient. Dette er en simpel model, ift. kompleksiteten af problemstillingen, da trykniveauet varierer baseret på mange faktorer. Metoden er et værktøj til prioritering af projekterne inden for de forskellige ordninger, hvorved der ikke kan konkluderes noget direkte af den beregnede effekt af CO₂.

Næringsstof tilbageholdelse ift. klimascenariet RCP4.5 N.F.

Fosfortilbageholdelsen afhænger af det oversvømmede areal. Ved en 100% forøgelse af det våde areal i fremtidsscenarierne ift. de historiske data, kan det forventes, at fosforkoncentrationerne i området vil stige med tiden. Beregnes tilbageholdelsen med det nye oversvømmede areal som input, er tilbageholdelsen stadig 204,4 kg P/år for begge scenarier. Årsagen forventes at være den lange oversvømmelsesperiode på 121 dage om året. Den ene ligningsbegrænsning ligger i antallet af oversvømmelsesdage, samt længden af åen, hvorfor den maksimale tilbageholdelse er 204,4 kg P/år. Det kan også diskuteres, om 121 dage med oversvømmelse er højt sat, men det er vurderet

på baggrund af feltobservationer foretaget første gang i august 2023 og til december 2023. Denne periode strækker sig over 4 måneder, svarende til ca. 120 dage.

Kvælstofberegningerne afhænger ikke af oversvømmelser, men nærmere fjernelsen af gødskning på arealerne, da der ikke er lavet en vandløbsmodellering. Derfor vil udvaskningen være uændret for denne beregning ift. klimafremskrivningerne. Der skal tages højde for arealerne, der oversvømmes for hele vandløbet til at beskrive omsætningen af kvælstof. Det kan forventes, at der ved oversvømmelse af et større areal i undersøgelsesområdet, vil forekomme en ændringen i udvaskningen af kvælstof for området.

For CO₂ effektens beregning er der ingen ændring, da beregningen tager udgangspunkt i en forventet grundvandsstand for det terrænnære grundvand. Hvis der kunne tages højde for den gennemsnitlige grundvandsstand i efterscenariet, opdelt på et 10m×10m grid, som ved HIP10, vil det ændre formålet for CO₂ beregningen, fra at være et prioriteringsværktøj til at blive et værktøj, hvor effekten af omlægning af lavbundsområdet til klima-lavbund kan beregnes.

Økonomi for klima-lavbund projekter

Klima-lavbund ordningen er en frivillig ordning, der overordnet tager hensyn til værdien af jorden ift. arealanvendelse, hvor kompensationen er jf. tabel 1.1 i afsnit 1.1. Den størst mulige kompensation, der kan opnås, ved omlægning pr. ha. er 82.500 kr. Denne kompensation dækker ikke over andre udgifter f.eks. til aktiviteter hvortil der modtages tilskud af anden karakter. [Hjorth, 2019] Ved omlægning af jorde til klima-lavbund tinglyses jorden på ubestemt tid, hvorved der foretages en ny ejendomsvurdering. Her kan kategoriseringen fra landbrugsejendom ændres til ejer- eller erhvervsbolig, hvilket vil have betydning for ejendomsskatter (grundskyld), idet landbrugsejendomme beskattes betydeligt lempeligere end andre ejendomme. Jf. Landbrugsinfo vil det i visse situationer ikke være fradragsberettigede i skatteregnskabet. [Hjorth, 2019] Det økonomiske udbytte, der er i at omlægge jorde til klima-lavbund, kan stilles op som følgende: En landmand kan ved at sælge jorden i stedet for at omlægge den i gennemsnit få ca. 180.000 kr./ha, hvilket svarer til 120% mere end det, der gives i kompensation. Såfremt lodsejeren ikke sælger, skal engangskompensation også dække eventuelle bidrag fra andre tilskudsordninger, som f.eks. økologisk tilskud, forudsagt at der dyrkes økologisk på arealet, da dyrkningen på arealerne frafalder til fordel for klima-lavbund. [Schjerning, 2023]

11 Konklusion

Der er i rapporten undersøgt, hvilken model af hhv. HIP og DK-modellen, som stemmer bedst overens med de målte pejlinger, der er foretaget i undersøgelsesområdet i november og december 2023. Yderligere er der foretaget overordnede beregninger om vandstandens påvirkning af området ift. udvaskning af næringsstoffer, samt den samlede effekt af drivhusgasudledningen.

DK-modellen²⁰¹⁹ lokaliserer dybereliggende grundvandsmagasiner med henblik på drikkevand-sindvinding. Pejlingerne foretaget i undersøgelsesområdet afviger med 0,5m - $\sim$ 8m fra data i DK-modellen, hvilket svarer til en ringe korrelationsfaktor på 0,35. Det vurderes derfor ikke at være DK-modellens data, der bedst repræsenterer grundvandsstanden i undersøgelsesområdet. Derudover kan det konkluderes, at DK-modellen ikke er tilstrækkeligt detaljeret til at benytte ift. det terrænnære grundvand.

Med udgangspunkt i HIP100, historisk data, er data sammenholdt med pejlingerne foretaget i undersøgelsesområdet november og december 2023. Afvigelserne mellem pejlingerne og de historiske data afviger med +1,0m - 0,0m, svarende til en korrelation på 0,79, hvilket er acceptabelt. Yderligere er HIP10 modellen undersøgt, som er en maskinlæringsmodel fra HIP100, denne vurderes acceptabel på lokalplan, fordi detaljeringsgraden er høj.

Med udgangspunkt i Tekstur²⁰¹⁴ kortet, der angiver områder med organisk kulstof, er det i rapporten undersøgt, hvilke områder, der med HIP100, historisk data for vandstand, på nuværende tidspunkt vil have vand stående terrænnært. Der er beregnet for en vandstand 10cm.u.t. og 75cm.u.t., da det er de to yderpunkter ift. udledning af CO₂e ved nedbrydning af tørv. Ved denne analyse er det 6 ha af undersøgelsesområdet, der har klima-lavbund potentiale ved en vandstand 10 cm u.t. og 2 ha, der har klima-lavbund potentiale ved en vandstand 75 cm u.t. Ved sammenligning af HIP100 og Tekstur²⁰¹⁴ kortet forekommer der en reduktion af arealet med klima-lavbund potentiale på $\sim$ 50% i Danmark. Denne beregningsmetode vurderes til at kunne estimere, om fremtidige klima-lavbundsarealer har potentiale for at tilbageholde drivhusgasudledningen. Modellen har potentiale til at danne grundlag for prioriteringer af områder, hvor den største CO₂e besparende effekt kan opnås.

Mængden af næringsstoffer i jorden afhænger af vandgennemstrømningen. Der er beregnet og analyseret for, hvordan undersøgelsesområdets næringsstofftilbageholdelse er på nuværende tidspunkt, hvilket er vist på figur 8.1, hvor fosfor indholdet umiddelbart er ujævnt fordelt i området. Koncentrationer for fosfor, kan variere mellem <200 til >10.000 mg P/kg, hvilket tyder på, at koncentrationerne for undersøgelsesområdet ikke varierer meget ift. det store spænd. Den totale fosfor tilbageholdelse i området er 154,9 kg P/år.

Kvælstoftransporten for det direkte opland til undersøgelsesområdet er betinget af vandtrans-

porten fra vådområdets opland. Den gennemsnitlige udvaskning er på 15,6 kg N/ha/år, hvilket er en lav udvaskning sammenlignet med landbrugsjorde omlagt fra agerjord, men høj for natur arealer.

For undersøgelsesområdet er der undersøgt, hvordan fremtidige klima-scenarier, RCP 4,5 og RCP 8,5, for nærfremtid vil påvirke næringsstof og CO₂e udledningen. Da arealet af de oversvømmede arealer ikke indgår i beregningen, forekommer der ikke en ændring i hhv. fosfor-, kvælstof- eller drivhusgasudledningen. Der vil derfor både for fremtidige- og nuværende forhold være følgende nøgletal for området: Udvasning af kvælstof er 15,6 kg N/ha/år svarende til 448 kg N/år for undersøgelsesområdet. For fosfor er tilbageholdelsen 154,9 kg P/år for undersøgelsesområdet, hvor reduktionseffekten i tons CO₂e er 565,85 ton.

12 Perspektivering

Dette projekt undersøger, hvordan drivhusgasudledningen kan sænkes i det danske landbrug, ved at udtage kulstofholdige jorder. Der er igennem projektperioden stillet spørgsmålstejn ved måden, hvorpå udtagning af jorde foregår på, samt beregningsmetoden ift. CO₂ effekten.

For undersøgelsesområdet ved Sønder Borup har der under projekt perioden været vand på terræn, hvorfor ideen om at sløjfe drænen, for at fremme områdets naturlige hydrologi, har virket unødvendig. Optimalt for klima-lavbundsprojekter er grundvandsstanden 5-15 cm under terræn, hvorfor det umiddelbart vil betyde området bør drænes, selvom det er i strid med formålet om at lade området stå naturligt hen. Ved intentionen om at sænke udledningen af CO₂e fra tørvene burde området drænes. Simsted Å er tæt ved bredfyldt, hvorfor kapaciteten til at lede drænvand væk ikke er til stede. Ved at indstille en pumpe i åen og kunne holde vandstanden i området i et kunstigt niveau på 5-15 cm u.t., hvorved den største CO₂e-besparelse ville kunne opnås. Med klimafremskrivninger forventes vintrene vådere og mildere, og somre med tørkeperioder og kraftigere regnhændelser. Pumpen kræver energi i produktion og drift, men ved at lade pumpen få energi ved solceller, vil den samlede CO₂ effekts besparelse være interessant at undersøge.

Vand på terræn skaber anaerobe forhold i jorden, hvorved den bakterielle dannelse af methan foregår. Hastigheden af metandannelse afhænger af bakterierne der er temperatur følsomme, det kunne være interessant at undersøge dette yderligere ift. klima-lavbund forhold. Yderligere kunne det være interessant at undersøge, hvilken betydning den biologiske årsvariation ift. jordtemperaturer og bakterier for hhv. sommer og vinter, kan have på næringsstof- og drivhusgasudledningen.

Litteratur

- Andreasen, 2020.** Claus Bo Andreasen. *Mange udfordringer ved udtagning af lavbundsjord*. <https://agro.au.dk/aktuelt/nyheder/vis/artikel/mange-udfordringer-ved-udtagning-af-lavbundsjord>, 2020. Sidst besøgt: 30-12-2023.
- Arealinformation, 2023.** Arealinformation. *Danmarks Arealinformation*. <https://arealinformation.miljoeportal.dk>, 2023. Sidst besøgt: 18-12-2023.
- Christensen, 2023a.** Peter Bondo Christensen. *fosforkredsløb*. <https://denstoredanske.lex.dk/fosforkreds1%C3%B8b>, 2023a. Sidst besøgt: 06-12-2023.
- Christensen, 2023b.** Peter Bondo Christensen. *kvælstofkredsløb*. <https://denstoredanske.lex.dk/kv%C3%A6lstofkreds1%C3%B8b>, 2023b. Sidst besøgt: 20-12-2023.
- Christensen et al., 2004.** Peter Bondo Christensen, Ole Schou Hansen og Gunni Ærtebjerg. *Iltsvind*. Forlaget Hovedland, 2004. ISBN N 87-7739-734-7.
- Danmarks statistik, 2022.** Danmarks statistik. *Udledninger af drivhusgasser*. <https://www.dst.dk/da/Statistik/temaer/klima>, 2022. Sidst besøgt: 02-11-2023.
- Dansk Standard, 2023.** Dansk Standard. *Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis)*. <https://webshop.ds.dk/da/standard/M126836/iso-10694-1995>, 2023. Sidst besøgt: 30-12-2023.
- DCE Nationalt Center for Miljø og Energi, 2023.** Aarhus Universitet DCE Nationalt Center for Miljø og Energi. *Udtagning af lavbundsjorder kan give en biodiversitetsgevinst*. <https://dce.au.dk/aktuelt/nyheder/nyhed/artikel/udtagning-af-lavbundsjorder-kan-give-en-biodiversitetsgevinst>, 2023. Sidst besøgt: 05-11-2023.
- DMI, 2023a.** DMI. *Vejret i Danmark bliver varmere, vådere og vildere*. <https://www.dmi.dk/klima-atlas/om-klima-atlas/vejret-i-danmark-bliver-varmere-vaadere-og-vildere>, 2023a. Sidst besøgt: 05-12-2023.
- DMI, 2023b.** Herdis Preil Damberg DMI. *HIP, 2023 Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur*. <https://www.dmi.dk/nyheder/2023/usadvanlig-vad-oktober-2023-bliver-det-mere-normalt-i-fremtiden/>, 2023b. Sidst besøgt: 12-12-2023.

- Flyvbjerg, 2014.** Bent Flyvbjerg. *Naturstyrelsens vejledning til kvælstofberegninger*, Naturstyrelsen, 2014.
- Geoteknik, 2023.** Franck Miljø & Geoteknik. *Geologisk bedømmelse*.
<https://www.geoteknik.dk/forsog/geologisk-bedommelse/>, 2023. Sidst besøgt: 08-11-2023.
- GEUS, 2023a.** GEUS. *National Vandressource Model (DK-modellen)*.
<https://vandmodel.dk/om-national-vandressource-model-dk-modellen>, 2023a. Sidst besøgt: 27-11-2023.
- GEUS, 2023b.** Danmarks grundvand stiger GEUS. *Geologisk jordartskortlægning af Danmark*. <https://www.geus.dk/om-geus/nyheder/nyhedsarkiv/2023/nov/danmarks-grundvand-stiger>, 2023b. Sidst besøgt: 13-11-2023.
- GEUS, 2023c.** De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland GEUS. *Geologisk jordartskortlægning af Danmark*.
<https://www.geus.dk/natur-og-klima/land/geologisk-kortlaegning-af-danmark>, 2023c. Sidst besøgt: 08-11-2023.
- Greve et al., 2021.** Mogens H. Greve, Mette Balslev Greve, Yi Peng, Birger Faurholt Pedersen, Anders Bjørn Møller, Poul Erik Lærke, Lars Elsgaard, Christen Duus Børgesen, Jesper Leth Bak, Jørgen Aagaard Axelsen, Steen Gyldenkerne, Goswin Johann Heckrath, Dominik Henrik Zak, Morten Tune Stranberg, Poul Henning Krogh, Bo Vangsø Iversen, Esben Munk Sørensen og Carl Christian Hoffmann. *Vidensyntese om kulstofrig lavbundsjord*, Aarhus Universitet, 2021.
- Gyldenkerne og Greve, 2020.** Steen Gyldenkerne og Mogens H. Greve. *Bestemmelse af drivhusgasemissionen fra lavbundslande Version 3.0. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 46 s. - Videnskabelig rapport nr. 384*. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2020. ISBN 978-87-7156-502-7.
- Hedeselskabet, 2024.** Hedeselskabet. *Drænkort - bestil i drænkortet eller få digitaliseret dine kort*. <https://www.hedeselskabet.dk/draenkort>, 2024. Sidst besøgt: 02-11-2024.
- Henriksen, 2018.** Hans Jørgen Henriksen. *På vej mod et varslingsystem for oversvømmelser*.
<https://www.geus.dk/om-geus/nyheder/nyhedsarkiv/2018/okt/paa-vej-mod-et-varslingsystem-for-oversvoemmelser>, 2018. Sidst besøgt: 27-11-2023.
- HJ et al., 2020a.** Henriksen HJ, Kragh SJ, Gotfredsen J, Ondracek M, van Til M, Jakobsen A, Schneider RJM, Koch J, Troldborg L, Rasmussen P, Pasten-Zapata E og Stisen S. *Dokumentationsrapport vedr. modelleverancer til Hydrologisk Informations- og Prognosesystem*, GEUS, 2020a.
- HJ et al., 2020b.** Henriksen HJ, Kragh SJ, Gotfredsen J, Ondracek M, van Til M, Jakobsen A, Schneider RJM, Koch J, Troldborg L, Rasmussen P, Pasten-Zapata E og Stisen S. *Sammenfatningsrapport vedr. modelleverancer til Hydrologisk Informations- og Prognosesystem*, GEUS, 2020b.

- Hjorth, 2019.** Søren Hjorth. *Klima-Lavbundsprojekter: Tilskud, skat, moms og ejendomsvurdering*. https://www.landbrugsinfo.dk/public/9/8/2/miljotiltag_klimalavbundsprojekter_tilskud_skat, 2019. Sidst besøgt: 30-12-2023.
- Hoffmann et al., 2014.** Carl Chr. Hoffmann, Brian Kronvang og Hans Estrup Andersen. *Kvantificering af fosfortab fra N og P vådområder*, Aarhus Universitet, 2014.
- Hoffmann, 2019.** Thomas Hoffmann. *Hvad er tørvejorde – og hvorfor er de gode for klimaet?* <https://videnskab.dk/naturvidenskab/hvad-er-toervejorde-og-hvorfor-er-de-gode-for-klimaet/>, 2019. Sidst besøgt: 02-11-2023.
- INNIVATION, 2023.** SEGES INNIVATION. *Udtagning af landbrugsjord*. <https://udtagningskonsulenterne.dk/>, 2023. Sidst besøgt: 02-11-2023.
- Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning Københavns Universitet, 2023.** Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning Københavns Universitet. *Næringsstoffer og pH*. <https://ign.ku.dk/partnerlandskab/god-vaekstjord/naeringsstoffer-og-ph/>, 2023. Sidst besøgt: 06-12-2023.
- Jakobsen, 2023.** Kristian Jakobsen. *Humus*. <https://denstoredanske.lex.dk/humus>, 2023. Sidst besøgt: 13-11-2023.
- Karlsen og Sørensen, 2014.** Erik Karlsen og Inga Sørensen. *Vandforsyning*. Nyt Teknisk Forlag, 2014. ISBN 978-87-571-2799-7.
- Kirkebæk, 2023.** Mikael Kirkebæk. *Lavbundsjorder og deres betydning for klimaet*. <https://www.klimaskovfonden.dk/blog-lavbund>, 2023. Sidst besøgt: 29-12-2023.
- Klima- Energi- og Forsyningsministeriet, 2023.** Klima- Energi- og Forsyningsministeriet. *Klimaprogram 2023: Regeringen vil bygge vejen til 2025- og 2030-målet færdig*. <https://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2023/sep/klimaprogram-2023-regeringen-vil-bygge-vejen-til-2025-og-2030-maalet-faerdig>, 2023. Sidst besøgt: 02-11-2023.
- Klima- Energi og Forsyningsministeriet, 2023.** Klima- Energi og Forsyningsministeriet. *Danmarks Højdemodel*. <https://sdfi.dk/data-om-danmark/vores-data/danmarks-hoejdemodel>, 2023. Sidst besøgt: 07-11-2023.
- Kronvang et al., 1997.** Brian Kronvang, Lars M. Svendsen, Jens Peder Jensen og Jesper Dørge. *Næringsstoffer – arealanvendelse og naturgenopretning*, DMU, 1997.
- Kuhlman, 2011.** Hans Kuhlman. *Simested Å*. https://denstoredanske.lex.dk/Simested_%C3%85, 2011. Sidst besøgt: 08-11-2023.
- LBST, 2023.** LBST. *LandbrugsGIS*. <https://landbrugsgeodata.fvm.dk/>, 2023. Sidst besøgt: 02-11-2023.
- Miljøministeriet - Miljøstyrelsen, 2023.** Miljøministeriet - Miljøstyrelsen. *Klima-Lavbund Vejledning om tilskud til Klima-Lavbundsprojekter*, Miljøministeriet - Miljøstyrelsen, 2023.

Miljøministeriet Naturstyrelsen, 2023. Miljøministeriet Naturstyrelsen.

Klima-lavbundsprojekter. <https://naturstyrelsen.dk/naturbeskyttelse/naturprojekter/klimalavbundsprojekter/>, 2023. Sidst besøgt: 02-11-2023.

Miljøstyrelsen, 2023a. Miljøstyrelsen. *KAMP - et Klimatilpasning- og*

Arealanvendelsesværktøj til Miljø- og Planmedarbejdere.

<https://kamp.klimatilpasning.dk/vandloeb/vandloebsoversvoemmelse?value=1>, 2023a. Sidst besøgt: 30-12-2023.

Miljøstyrelsen, 2023b. Miljøministeriet Miljøstyrelsen. *Klima-Lavbund.*

<https://mst.dk/erhverv/tilskud-miljoeviden-og-data/tilskudsordninger/tilskud-til-vand-og-klimaprojekter/klima-lavbund>, 2023b. Sidst besøgt: 07-11-2023.

Miljøstyrelsen, 2023c. Miljøministeriet Miljøstyrelsen. *LandbrugsGIS.*

<https://mst.dk/nyheder/2023/oktober/nye-millioner-skal-saette-prop-i-co2-udledning-fra-lavbundsjord>, 2023c. Sidst besøgt: 06-11-2023.

Nielsen og Olesen, 2018. Kristian Pagh Nielsen og Martin Olesen. *Tema Drivhusgasser.*

<https://www.dmi.dk/klima/temaforside-drivhusgasser>, 2018. Sidst besøgt: 30-11-2023.

Ovesen et al., 2014. Niels Krebs Ovesen, Leif D. Fuglsang, Gunnar Bagge og Anette

Krogsbøll. *Geoteknik.* Polyteknisk Forlag, 2014. ISBN 978-87-502-1042-9.

Petersen, 2001. Ivar Cornelius Petersen. *Naturundersøgelser 2 Jordbundsområder.* Nucleus -

Foreningen af Danske Biologers Forlag, Aps, 2001. ISBN 87-87661-81-0.

Retsinformation, 2021. Retsinformation. *Bekendtgørelse af lov om klima.*

<https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2021/2580>, 2021. Sidst besøgt: 02-11-2023.

Rubek, 2021. Frans Rubek. *Sammendrag af forår 2021*, DMI, 2021.

Schjerning, 2023. Jens Schjerning. *Jordprisen i hopla.*

<https://www.agrocura.dk/nyheder/jordprisen-i-hopla>, 2023. Sidst besøgt: 11-12-2023.

School, 2017. Water Science School. *Vandkredsløbet - The Water Cycle, Danish.*

https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/vandkredsløbet-water-cycle-danish?qt-science_center_objects=0#2, 2017. Sidst besøgt: 08-11-2023.

SDFI, 2023. SDFI. *Flyfotos og laserscanning.*

<https://sd.fi.dk/vores-opgaver/dataindsamling/flyfotos-og-laserscanning>, 2023. Sidst besøgt: 30-12-2023.

SDI, 2023. Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur SDI. *HIP, 2023 Styrelsen for*

Dataforsyning og Infrastruktur.

<https://hip.dataforsyningen.dk/pages/documentation.html>, 2023. Sidst besøgt: 11-12-2023.

Sevel et al., 2008. Sevel et al. *Nitratudvaskning fra otte danske skove.*

https://videntjenesten.ku.dk/skov_og_natur/skader_paa_skov/naeringsstof-ubalance_i_jorden/videnblad_08.05-21/, 2008. Sidst besøgt: 02-1-2024.

Winter et al., 2011. Winter et al. *Afløbsteknik.* Polyteknisk Forlag, 2011. ISBN 978-87-502-1015-3.

WSP, 2023. WSP. *Vandføring, Simsted å, Skive-Hobrovej.*

<https://vandportalen.dk/plotsmaps?days=4748&end=04122023&chk=%21123456AQR&loc=725&z=13&x=9.4386&y=56.6095&id=23627-0-0>, 2023. Sidst besøgt: 05-12-2023.

A Fosfor beregninger

Bestemmelse af vandstrømning gennem projektområdet

Data om projektområdet

Projektområdets areal

29,67

ha

Direkte oplandsareal til projektområde

257,77

ha

Bestemmes via GIS procedure jf. afsnit 3.4

Projektområde + direkte oplandsareal

287

ha

Vandløbsoplandets areal

23847

ha

Se figur 3.1

Vandløbsoplandet:

Base flow index (BFI) og overfladenær strømning - Til brug ved oversvømmelse

BFI regnes på baggrund af karakteristika for **vandløbsoplandet** (jf. afsnit 3.3)

DMI-gridnr. (maks 24 grids kan indtastes)

626_52	628_53	629_54					
627_52	628_54						
628_52	627_54						

Korrigeret årlig nedbør i mm

887

mm/år

Årlig potentiel fordampning i mm

597

mm/år

Årsafstrømning eller nettonedbør

290

mm/år

Andel af lerjord (jL_VO)

4,83

%

Andel af sandjord (jS_VO)

81,06

%

Befæstet areal (j9_VO)

10,00

Georegion

4

Beregnet BFI

0,85

$Q_{flow} (1 - BFI) \times \text{årsafstrømning}$

44

Det direkte opland:**Base flow index (BFI) og overfladenær strømning fra direkte opland**BFI regnes på baggrund af karakteristika for **det direkte opland** (jf. afsnit 3.3)

DMI-gridnr. (maks 9 grids kan indtastes)

627_52		

Korrigeret årlig nedbør	894 mm/år
Årlig potentiel fordampning	591 mm/år
Årsafstrømning/netnb	303 mm/år
Andel lerjord (jL_DO)	4,09 % kan indtastes
Befæstet areal (j9_DO)	8,38 % kan indtastes
Georegion	4 figur 3.4
Beregnet BFI	0,81 Bestemt jf. afsnit 3.3
Q_{0f} overfladenær strømning	163.901 m ³ år ⁻¹

Bestemmelse af vandgennemstrømning (kapitel 3)

Vandgennemstrømningen bestemmes for hvert prøvefelt. Beregningerne følger beskrivelsen i kapitel 3

Anvendes kun ved delvist vådt										
Tekstur og permeabilitet bestemmes vha. tabel 2.1										
ID for prøvefelt	Areal af prøvefelt (ha)	Type af område	Prøvefeltets placering over vandløbets sommer-middelvandstand (jf. afsnit 3.2)	$Q_{0f,areal}$ (afsnit 3.2) (mm år ⁻¹)	Grundsvandsdybde (m)	Tekstur	Permeabilitet	Dræningsintensitet (jf. afsnit 3.6)	Dræningsfaktor	Gennemstrømning (afsnit 3.2) ($Q_{0f,areal}$ mm år ⁻¹)
1	1,34	Delvist vådt	>50	184	0,10	----		Ingen	0,0	303
2	1,24	Delvist vådt	>50	184	0,06	Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	303
3	0,98	Delvist vådt	>50	184	0,27	Moderat omsat tørv	0,5	Moderat (<25%)	0,5	303
4	0,91	Delvist vådt	>50	184	0,27	Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	303
5	1,33	Delvist vådt	<50	552	0,00	Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	552
6	1,21	Delvist vådt	>50	184	0,00	Muld, sand, silt	0	Intensiv (>25%)	1,0	303
7	0,65	Delvist vådt	>50	184	0,00	Gytjeholdigt sand	0,5	Moderat (<25%)	0,5	303
8	0,57	Permanent vådt	>50	552	0,24	Vandmættet	1	Moderat (<25%)	0,5	552
9	0,58	Delvist vådt	>50	184	0,24	Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	303
10	1,64	Permanent vådt	<50	552	0,00	Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	552
11	1,83	Permanent vådt	>50	552	0,00	Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	552
12	1,91	Delvist vådt	>50	184	0,00	Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	303
13	2,01	Permanent vådt	<50	552	0,00	Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	552
14	1,78	Delvist vådt	<50	552	0,00	Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	552
15	2,13	Delvist vådt	>50	184	0,14	Vandmættet	1	Moderat (<25%)	0,5	303
16	2,10	Permanent vådt	<50	552	0,10	Moderat omsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	552
17	2,67	Delvist vådt	<50	552	0,00	Svagt uomsat tørv	0,5	Moderat (<25%)	0,5	552
18	1,64	Tørt	>50	0	0,14	Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	0
19	1,27	Tørt	>50	0	0,24	Uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	0
20	1,90	Tørt	>50	0	0,24	Svagt uomsat tørv	1	Moderat (<25%)	0,5	0

Fosforbalance for projektområdet

A: Fosforfrigivelse fra projektområder

Frigivelsen beregnes ud fra proceduren beskrevet i kapitel 6 i vejledning.

ID for prøvefelt	Vægt af ovntørret prøve (kg)	Jordkernes længde (m)	Jordkernes radius (m)		Volumenvægt (ligning 6.3) (kg m ⁻³)	P _{BD} (0-30 cm) (mg P kg tør jord ⁻¹)	Fe _{BD} (0-30 cm) (mg Fe kg tør jord ⁻¹)
1	0,000	0,0000	0,0000		0	0	0
2	0,117	0,3000	0,0250		199	130	3900
3	0,151	0,3000	0,0250		257	120	2400
4	0,221	0,3000	0,0250		376	68	1000
5	0,400	0,3000	0,0250		679	140	4200
6	0,237	0,3000	0,0250		403	120	3100
7	0,537	0,3000	0,0250		911	66	1200
8	0,585	0,3000	0,0250		993	66	510
9	0,719	0,3000	0,0250		1220	140	1100
10	0,187	0,3000	0,0250		318	100	2500
11	0,152	0,3000	0,0250		258	65	1600
12	0,144	0,3000	0,0250		245	170	1600
13	0,108	0,3000	0,0250		183	170	2700
14	0,088	0,3000	0,0250		149	92	1400
15	0,160	0,3000	0,0250		272	55	1600
16	0,159	0,3000	0,0250		270	130	2500
17	0,119	0,3000	0,0250		202	120	3500
18	0,134	0,3000	0,0250		227	170	2700
19	0,121	0,3000	0,0250		205	81	2400
20	0,730	0,3000	0,0250		1240	130	1300

A: Fosfor

Frigivelsen I

ID for prøvefelt	Biomassehøst				Biomassehøst		Sødannelse	
	Fe _{BD} :P _{BD} (ligning 6.2) molforhold		P _{BD} total efter biomassehøst (kg P)		Fe _{BD} :P _{BD} molforhold efter evt. biomassehøst		Fosforfrigivelse fra ny sø (kg P år ⁻¹)	
	P _{BD} pulje (kg P ha ⁻¹)	P _{BD} total (kg P)	P _{BD} total efter biomassehøst (kg P)	P _{BD} total efter biomassehøst (kg P)	Frigivelses rate (kg P ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Fosforfrigivelse (kg P år ⁻¹)	Fosforfrigivelse fra ny sø (kg P år ⁻¹)	Fosforfrigivelse fra ny sø (kg P år ⁻¹)
1	#DIVISION/0!	0	0	0				0,0
2	16,6	78	96	96	16,6	0,0034	1,3	0,0
3	11,1	93	91	91	11,1	0,0050	1,5	0,0
4	8,2	77	70	70	8,2	0,0067	1,9	0,0
5	16,6	285	378	378	16,6	0,0034	2,5	0,0
6	14,3	145	176	176	14,3	0,0039	1,4	0,0
7	10,1	180	116	116	10,1	0,0055	1,1	0,0
8	4,3	197	111	111	4,3	0,0125	3,9	0,0
9	4,4	512	297	297	4,4	0,0123	2,2	0,0
10	13,9	95	157	157	13,9	0,0041	3,7	0,0
11	13,7	50	92	92	13,7	0,0041	4,2	0,0
12	5,2	125	238	238	5,2	0,0103	6,0	0,0
13	8,8	93	187	187	8,8	0,0063	6,9	0,0
14	8,4	41	73	73	8,4	0,0065	6,4	0,0
15	16,1	45	96	96	16,1	0,0035	2,3	0,0
16	10,7	105	221	221	10,7	0,0052	6,0	0,0
17	16,2	73	194	194	16,2	0,0035	5,2	0,0
18	8,8	116	0	0		0,0000	0,0	0,0
19	16,4	50	0	0		0,0000	0,0	0,0
20	5,5	484	0	0		0,0000	0,0	0,0
2593					(areal*Q _{elt} *frigivelses rate)			

A. Samlet fosforfrigivelse fra projektområdet		Samlet fosfor (P_{BD}) pulje i projektområdet	
56,4 kg P år^{-1}		2593 kg	
Fosfortilbageholdelse ved sedimentation			
Tilbageholdelsen beregnes ud fra proceduren beskrevet i kapitel 4 og 5 i vejledning, og er afhænger af typen af vådområde. Fosfor balancen er beregnet jf. kapitel 8.			
B: Overrisling (kapitel 4)			
Drænet oplandsareal til overrisling	111 ha	Obs! Indsæt 0 hvis der ikke er overrisling beregnes ud fra en vejledende værdi på 0.062 kg $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$	
B. Fosfortilbageholdelse	6,9 kg P år^{-1}		
C: Sedimentation ved oversvømmelse (kapitel 5)			
Vandløbstype	3		
1: Oplandsareal <10 km ² , dog min. 2 km ²			
2: Oplandsareal 10-100 km ²			
3: Oplandsareal >100 km ²			
Der må maks. regnes sedimentation for et område op til		100 meter fra vandløbet på hver side (oversvømmet areal)	
Oversvømmet areal bestemmes efter kapitel 5 i vejledningen - manuel eller modelberegnet			
Manuelt beregnet oversvømmet areal			
Vandløbsstrækning	1777 m	Længde af vandløbsstrækning grænsende op til projektområdet	
Bredde for sedimentationsområde	100 m		
Oversvømmet areal	17,8 ha		
Modelberegnet oversvømmet areal			
Modelberegnet oversvømmet areal	7 ha		
Dage med oversvømmelse	121 antal dage år^{-1}	Gælder både for manuelt beregnet og modelberegnet	

Forventet tab af partikelbundet fosfor fra oplandet (beregnes med ligning 2, kapitel 5)			
Årsafstrømning	290 mm år^{-1}		
Q_{tot}	44 mm år^{-1}		
Andel sandjord i vandløbsopland (S)	19,7 %		
Andel landbrugsjord i vandløbsopland (A)	68,5 %		
Hældning på vandløb (SL)	0,2 ‰ eller m/km		
Andel af eng/mose i vandløbsopland (EM)	2,9 %	Kode 4110 + 4120 I AIS arealanvendelses tema	
Partikelbundet P (PP)	0,09 kg P $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$		
Fosfordeponering_metal1 LIGNING 1	423,5 kg P år^{-1}	Beregning af deponering med ligning 1, Kap 5.2	
Fosfordeponering_metal2 LIGNING 2	204,4 kg P år^{-1}	Beregning af deponering med ligning 2, Kap 5.3 (MAKSIMAL årlig sedimentation af fosfor; i.e. 10 % af årlig PP transport i vandløb)	
Fosfordeponeringsrate	0,50 kg P oversvømmet $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$		
C. Valgt Fosfordeponering	204,4 kg P år^{-1}	Obs!! Hvis beregning 1 > beregning 2 vælges beregning 2 automatisk ellers anvendes 1	
(kapitel 8 i vejledningen).			
D. Fosfortab fra søer	0,0 kg P år^{-1}	Ny viden: Nyt faneblad "SØER" beregner P tab i nyretablede søer med ny formel specielt for søer	
Total fosfortilbageholdelse (-A+B+C-D)		154,9 kg P år^{-1}	
Negative tal=frigivelse/tab af P. Positive tal=tilbageholdelse af P			

B Kvælstof beregninger

Vandløbsoplandet

Beregnes på baggrund af oplandsarealet eller målt N-udvaskning f.eks. fra nærliggende målestation.

Beregnet tilførsel beregnes på baggrund af AU, Ecoscience "Notat opdatering af N regneark november 2021"

Formel: $N_{tab} = 1.131 \cdot \exp(-9,97740 + 1,57207 \cdot \ln(\text{nedb_kor_mm}) - 0,00504 \cdot \text{sand_pct} + 0,06681 \cdot \text{dyrkpct} - 0,00046621 \cdot \text{dyrkpct}^2)$

Inddata: DMI-gridnr. (maks 24 grids kan indtastes)

627_52	628_52	628_55					
627_53	628_53	628_54					
627_54	628_54						

Nedbør

A= 876,41 mm

Andelen af sandjord i vandløbsoplandet i %

S= 81,61 %

Andelen af dyrket areal i oplandet i %

D= 71,83 %

Oplandets størrelse i ha

Areal= 18660 ha

Uddata: Gennemsnitligt, årligt kg N-tab pr. ha opland

N_{tab} = 16,1 kg N/ha

N-tab fra oplandet

Tot N_{tab} = 300781,8 kg N

Direkte opland

Tilførsel på baggrund af oplandsarealets størrelse beregnes på baggrund af AU, Ecoscience "Notat opdatering af N regneark november 2021"

Formel: $N_{tab} = 1.131 \cdot \exp(-9,97740 + 1,57207 \cdot \ln(\text{nedb_kor_mm}) - 0,00504 \cdot \text{sand_pct} + 0,06681 \cdot \text{dyrkpct} - 0,00046621 \cdot \text{dyrkpct}^2)$

Inddata: Indtast

Nedbør

A= 894,27 mm

Andelen af sandjord i oplandet i %

S= 91,04 %

Andelen af dyrket areal i det direkte opland i %

D= 66,04 %

Oplandets² størrelse i ha

Areal= 260 ha

Uddata: Gennemsnitligt, årligt kg N-tab pr. ha opland

N_{tab} = 15,6 kg N/ha

N-tab fra oplandet

Tot N_{tab} = 4065,1 kg N

Projektområdet

Landbrugsbidrag beregnes på baggrund af arealanvendelsen i projektområdet samt erfaringstal for N-udvaskning

Inddata: Opgørelse af nuværende arealanvendelse		N-udvaskning, erfaringstal, årlig gn.sn.		interval
Agerjord:	0 ha	agerjord inkl. brakjord	0 kg N/ha (ref. 1)	45-50
Ager, brak:	0 ha	vedvarende græs	12,32 kg N/ha (ref. 1)	5-10
Vedv. græs:	12,32 ha	natur*	17,2 kg N/ha (ref. 1)	0-5
Natur*:	17,2 ha	Befæstet areal	0 kg N/ha	
Befæstet	0 ha	*Natur er bl.a. §3 områder som hede, natureng samt skov.		
Sum	29,52 ha			

Ref. 1: Kortfattet vejledning til beregning af kvælstoffjernelse. Notat fra Skov- og Naturstyrelsen oktober 2005

Uddata: Beregnet årlig N-udvaskning	
Agerjord:	- kg N
Ager, brak:	- kg N
Vedv. græs:	152 kg N
Natur:	296 kg N
Befæstet	- kg N
Sum =	448 kg N

C CO₂ beregninger

CO ₂ -beregning				
Område opgørelse				
Klasser		Areal	Effekt [ton CO ₂ /ha]	Effekt [ton CO ₂]
Uden buffer: > 12 %	Omdrift		35	0
	Permanent græs	20,385	25	509,625
	Natur		15	0
	Øvrige IMK-arealer*		10	0
Uden buffer: 6-12 %	Omdrift		17,5	0
	Permanent græs	2,6465	12,5	33,08125
	Natur		7,5	0
	Øvrige IMK-arealer*		5	0
Uden buffer: < 6 %	Omdrift		0	0
	Permanent græs	4,402	0	0
	Natur/øvrig anvendelse		0	0
	Øvrige IMK-arealer*		0	0

Med buffer: > 12 %	Omdrift		17,5	0
	Permanent græs	1,755	12,5	21,9375
	Natur		7,5	0
	Øvrige IMK-arealer*		5	0
Med buffer: 6-12 %	Omdrift		8,75	0
	Permanent græs	0,1935	6,25	1,209375
	Natur		3,75	0
	Øvrige IMK-arealer*		2,5	0
Med buffer: < 6 %	Omdrift		0	0
	Permanent græs	0,138	0	0
	Natur/øvrig anvendelse		0	0
	Øvrige IMK-arealer*		0	0
Kulstofrig jord (> 6 %) uden aktiv udtagning (eksisterende vanddække/passiv udtaget arealer)**			0	0
Sum		29,52		565,853125
Arealtjek		OK		
*Plus træbevoksede arealer i projektområdet inkl. evt. arealer med drivhuse				
**Herunder IMK-kode 317, 321 og 322				
Opslagstabel til bestemmelse af afgrødekategori				
GLR kode	Afgrøde		Afgrødekategori	
254	Miljøgræs MVJ-tilsagn (0 N), permanent		Permanent Græs	
318	MVJ ej udtagning, ej landbrugsareal		Permanent græs	