



Miljøministeriet
Naturstyrelsen

NIRAS



Fastsættelse af kvælstofreduktionskapacitet på oplandsniveau

Modelkoncept – beskrivelse og resultater

2012



INDHOLD

1	Indledning	4
2	Beskrivelse af koncept	4
2.1	Tidligere undersøgelser	4
2.2	Modelkoncept.....	5
2.3	Fastlæggelse af redoxfront.....	6
2.3.1	<u>GEUS landsdækkende redoxkort</u>	<u>6</u>
2.3.2	<u>Data fra grundvandskortlægning</u>	<u>6</u>
2.3.3	<u>Modelleret redoxkort</u>	<u>7</u>
3	Projektområde	8
4	Modeltilgang	9
4.1	Modelopsætning	9
5	Analyser og resultater	10
5.1	Vurdering af resultater på oplandsskala.....	10
5.2	Vurdering af resultater i forhold til resultater fra detailmodel	11
5.3	Validering mod feltmålinger	13
5.4	Samlet vurdering af modellernes prædiktive evner	13
5.5	Brug af sårbarhedskortet.....	14
6	Brug af metoden på andre oplande	15
6.1	Drænede lavbundsjordene.....	15
6.2	Drænede højbundsjordene.....	17
6.3	Samlet koncept.....	18
7	Sammenfatning og konklusion	19
8	Referencer	20



1

Indledning

Naturstyrelsen Aalborg har i perioden 2009 til 2011 deltaget i det EU-finansierede projekt AQUARIUS, hvis centrale emne har været at udvikle langsigtede og bæredygtige løsninger på god vandforvaltning og fortsat bæredygtig landbrugsproduktion under såvel nuværende som fremtidige klimaforhold. Naturstyrelsen er indgået i AQUARIUS i samarbejde med Videncentret for Landbrug og har hele oplandet til Mariager Fjord som projektområde.

Helt centralt i arbejdet med sikring af bæredygtighed i forhold til såvel vandmiljø og landbrug er kortlægning af, hvilke arealer der bidrager med kvælstof til vandmiljøet, og hvilke der ikke gør.

Til hidtidige effektvurderinger af den generelle landbrugsregulering har det landsdækkende kort over kvælstofreduktionsprocenter været centralt /ref. 1/. Kortet beskriver reduktionen fra mark til vandmiljø på oplandsskala eller større skala. Det er dog alment anerkendt, at graden af nitratreduktion varierer på meget lille skala.

Formålet med dette projekt er derfor at undersøge om brug af eksisterende data kan give en mere detaljeret viden om tabet af kvælstof til miljøet. Dvs. at udpege, hvilke arealer der er nitratsårbare, dvs. arealer med størst risiko for at tabe kvælstof til miljøet samt arealer, der kan klare en intensiv dyrkning med lille risiko for tab af kvælstof til miljøet.

Det har været med dette mål for øje, at Naturstyrelsen og NIRAS er indgået i et samarbejde i forsknings- og udviklingsprojektet "Fastsættelse af reduktionskapacitet på oplandsskala". Udgangspunktet for projektet har været et specialeprojekt om detailudpegning af nitratsfølsomme landbrugsarealer i oplandet til Oddebæk. Oddebæk-oplandet er et LOOP opland, som er kendetegnet ved høj datatæthed og mange forudgående analyser. Målet med nærværende pilotprojekt har været at undersøge, om konceptet kan opskaleres til områder, hvor det eksisterende datagrundlag er mere sparsomt, og geologien er anderledes. Det er i Naturstyrelsens interesse at få mere detaljeret viden på oplandsniveau, og at de udviklede metoder kan anvendes på oplandsskala eller i større skala.

2 2.1

Beskrivelse af koncept

Tidligere undersøgelser

Det bedste bud på et kort, der viser den stedlige variation i kvælstofreduktionen, er kvælstofreduktionspotentialekortet præsenteret i ref. 1/. Her er der på deloplandsniveau fastsat en reduktionsprocent på baggrund af enten målinger eller beregninger.

Overordnet set går alle alternative metoder ud på at beskrive strømningsveje fra jordoverfladen og videre derfra. Dette er vigtigt, da nitratsens skæbne er direkte afhængig af disse strømningsveje. Passerer det nitratholdige vand dybtliggende, iltfrit grundvand, reduceres koncentrationerne, og hvis opholdstiden i ådalsedimenter er stor, omsættes/reduceres nitraten ligeledes.

Metoderne kan opdeles i konceptuelle metoder og mere modelbaserede metoder, hvor de konceptuelle metoder (f.eks. GOI typologien) generelt er kvalitative, og de modelbaserede metoder er kvantitative. Som en del af AQUARIUS projektet er der anvendt en konceptuel

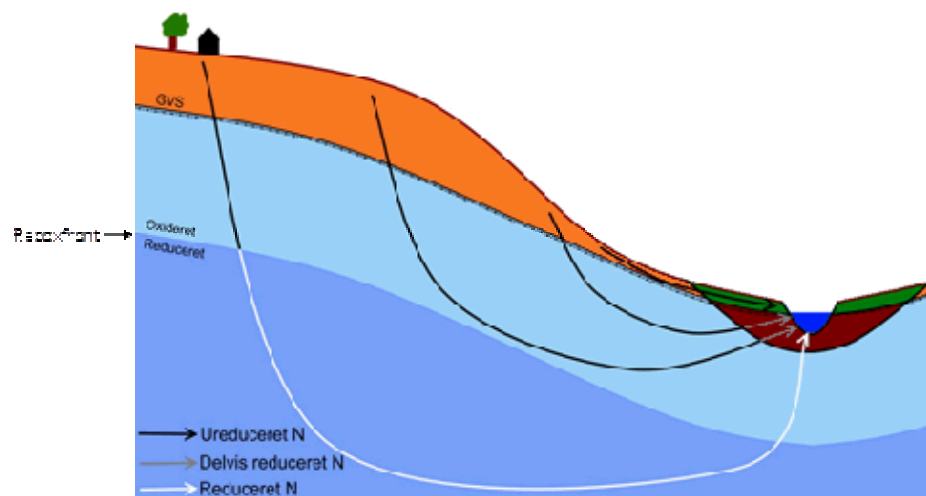
metode udviklet af John Gunnar Hansen /ref. 2/ samt en modelbaseret metode. I denne beskrivelse er der fokuseret på det modelbaserede koncept. Der henvises til /ref. 2/ for en beskrivelse af resultaterne fra den konceptuelle metode.

2.2

Modelkoncept

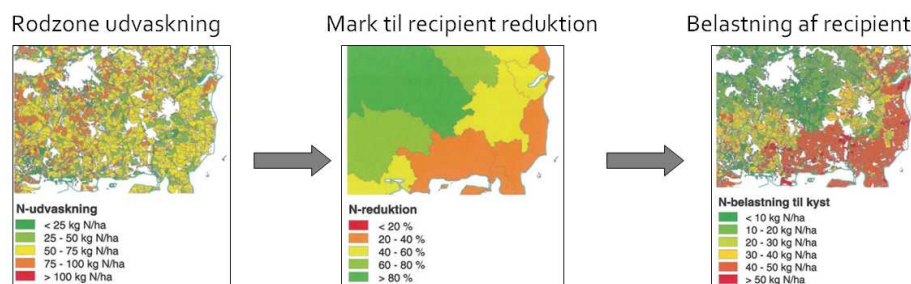
Ved modeltilgangen beregnes der direkte på strømningerne fra rodzone og videre til recipienterne vha. hydrologiske modeller. Da nitrat, i modsætning til f.eks. fosfor, ikke er partikulært bundet, beskriver strømningerne såvel vandets som nitrats transportvej. Traditionelt beskrives nitrattransporten vha. stoftransportmodeller, hvor reduktionsprocesser under redoxfronten og ådalsmagasinet indregnes. Modellerne giver et koncentrationsforløb i tid og sted som følge af rodzoneudvaskningen. Svagheden ved denne tilgang er dels, at systemet skal genberegnes for hvert udvaskningsscenario og dels, at det er svært at gennemskue, hvor stor reduktionen er fra de enkelte landbrugsarealer.

I ovennævnte projekt for Oddebæk "Integreret arealplanlægning i landbrugsområder" /ref. 3/, er der udviklet en metode, hvor partikelbanesimuleringer er anvendt til at beskrive nitrats skæbne. Dette foregår kort fortalt ved, at der "udlægges" et stort antal virtuelle partikler på jordoverfladen, og deres vej ned gennem grundvandszonen beregnes. Det registreres, om partiklerne bevæger sig under redoxfronten, og hvor lang tid de opholder sig i ådalsflejringerne. Under antagelse af fuld omsætning af nitrat under redoxfronten og en ratebestemt omsætning i ådalsedimenterne kan der tilknyttes en reduktionsprocent til de enkelte partikler og dermed det areal på jordoverfladen, som partiklen repræsenterer. Se principskitse på Figur 1.



Figur 1. Principskitse for partikelbanesimulering.

Ved at betragte alle partiklers skæbne kan der fremstilles et fladedækkende reduktionskort. Dette kort er uafhængig af de reelle rodzoneudvaskninger og beskriver blot den %-del af rodzoneudvaskningen fra et givet punkt, der ender i vandløb, sø, fjord eller ved kyst. Reduktionskortet multipliceret med et kort over rodzoneudvaskningen resulterer i et belastningskort, der viser nitratbidraget fra de enkelte arealer – se Figur 2.



Figur 2. Recipient belastningskortet fremkommer ved at multiplicere rodzone udvaskningskortet med nitratreduktionskortet – efter /ref. 4/.

2.3

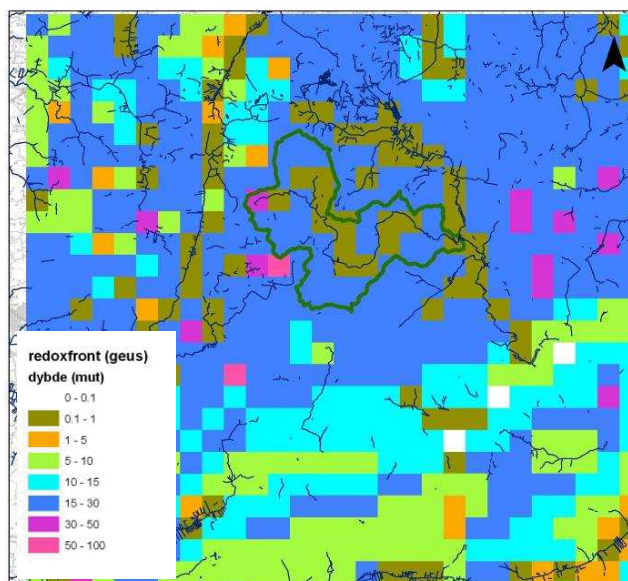
Fastlæggelse af redoxfront

En forudsætning for at anvende modeltilgangen er kendskab til redoxforholdene. I dette projekt er der anvendt tre forskellige bud på placering af redoxfronten.

2.3.1

GEUS landsdækkende redoxkort

På Figur 3 ses et udsnit af det landsdækkende kort over redoxfrontens placering. Som det ses, er den horisontale diskretisering grov til forhold til både oplandsstørrelser og vandløbstraceer. De indledende analyser viste, at kortet ikke er anvendelig på den skala, som skal anvendes i dette koncept.

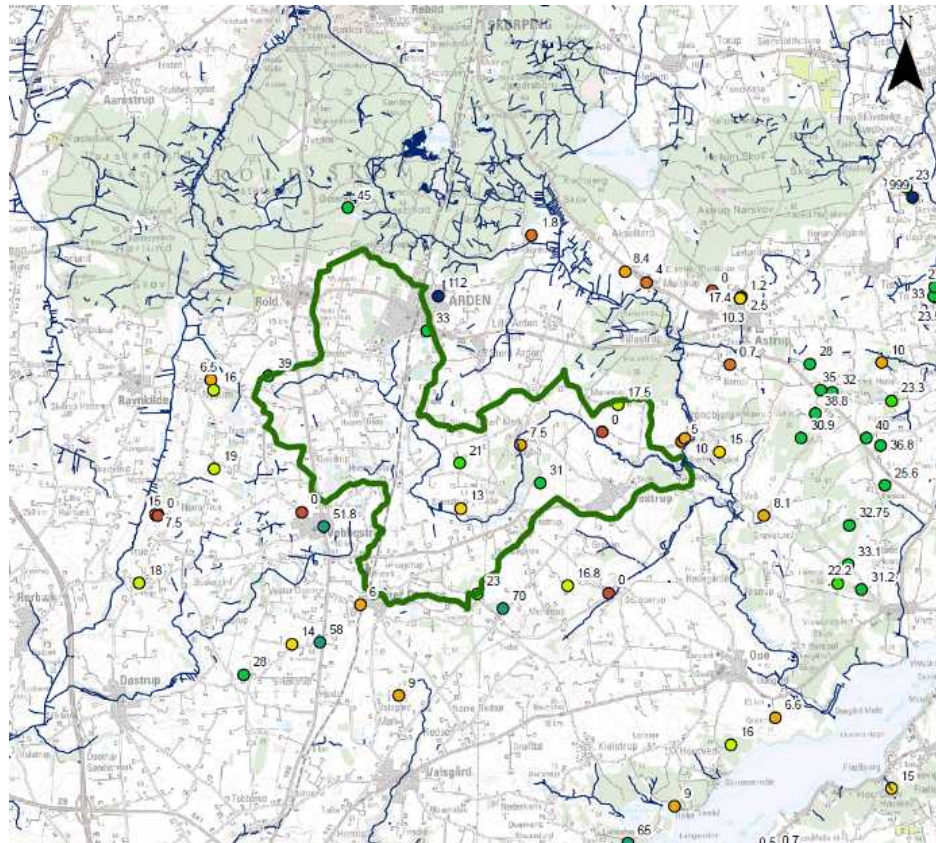


Figur 3 GEUS Redoxfront i 1x1 km grid. /ref 5/ Lundgaards Bæk oplandet er markeret med grøn polygon.

2.3.2

Data fra grundvandskortlægning

I forbindelse med grundvandskortlægningen i området er redoxfrontens placering vurderet ud fra farveskift i borerne. Dybderne er vist på Figur 4. Som det ses, er punktdensiteten varierende, og der ses store dybdevariationer over korte afstande. Disse forhold gør, at en interpolering er problematisk. Der er forsøgt at anvende en interpoleret flade i analyserne, men det resulterer i et meget urealistisk reduktionskort.



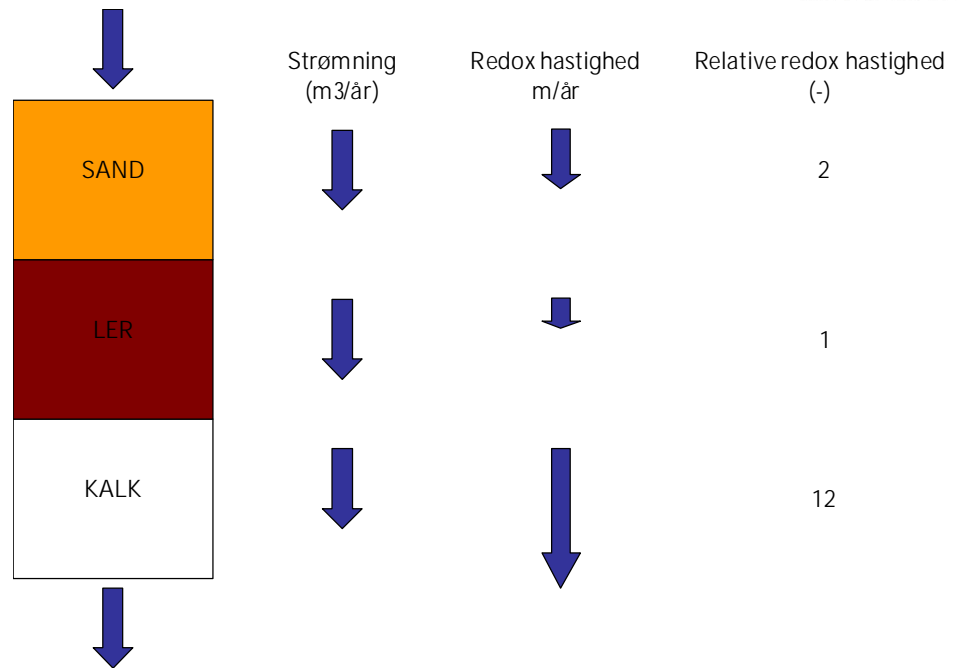
Figur 4. Dybde til redoxfront vurderet ud fra farveskift i borer

2.3.3

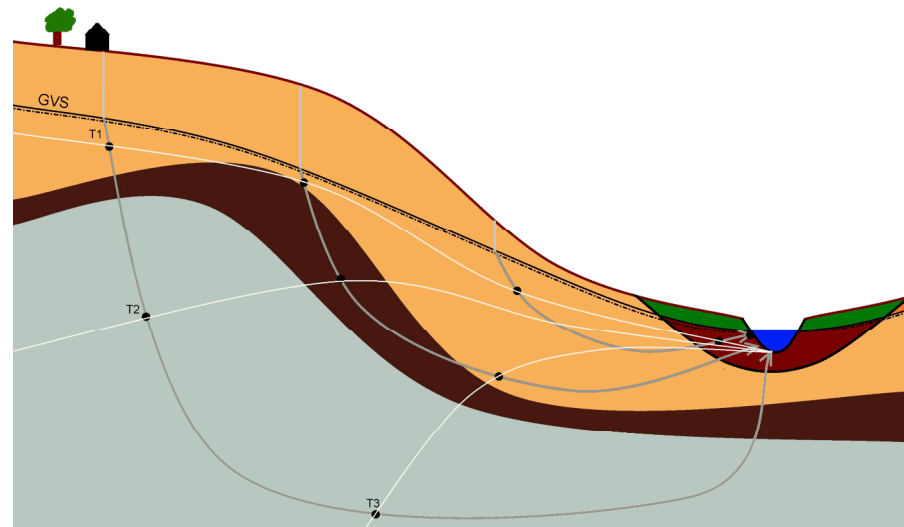
Modelleret redoxkort

I forbindelse med dette projekt er der udviklet et koncept til modellering/kalibrering af en redoxflade på baggrund af strømningsmodellen og et bud på jordens reduktionskapacitet. Det udnyttes her, at redoxfrontens bevægelse er proportional med vandgennemstrømningen og jordens reduktionskapacitet. Herudover vil forskelle i nitrat- og iltkoncentration også påvirke hastigheden. I denne analyse er der regnet med konstante nitrat- og iltkoncentrationer i hele området. Der er ikke regnet på det tidlige aspekt i redoxfrontens bevægelse, men kun den relative hastighed i forskellige jorde – se Figur 5.

Grundvandsmodellen giver et 3D billede af strømningsmønstret, og ved hjælp af et partikelbanemodul, hvor der tages hensyn til jordlagenes relative reduktionskapacitet, kan et bud på redoxfrontens placering kalibreres mod punktmålinger af nitratindhold og dybden til redoxfronten bestemt ved farveanalyser. Figur 6 viser redoxfrontens placering ved tre forskellige "tider" - T1, T2 og T3.



Figur 5. Principskitse for beskrivelse af den relative hastighed af redoxfronten /ref. 2/.



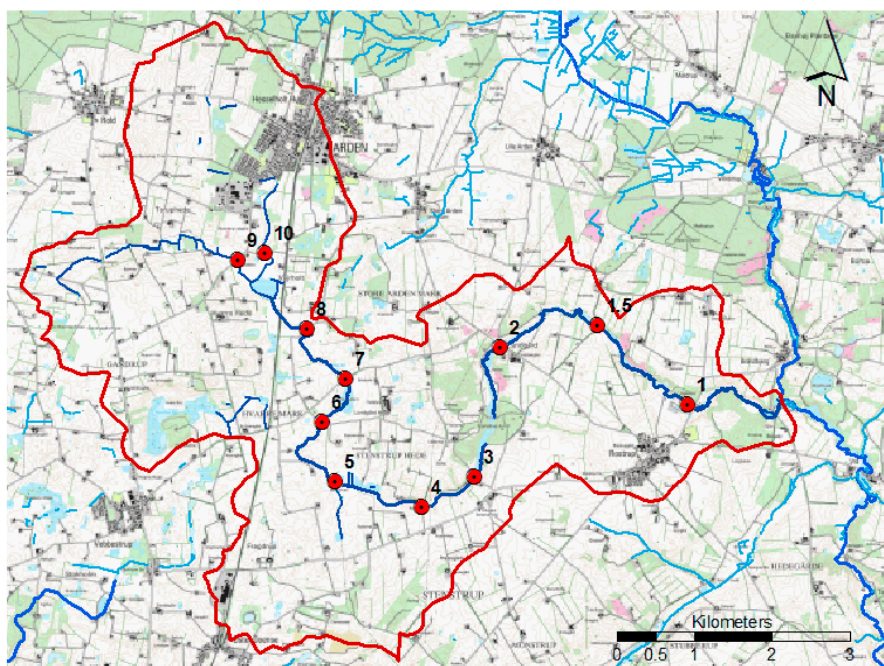
Figur 6. Principskitse for modelkoncept /ref. 2/.

3

Projektområde

Det primære projektområde er oplandet til Lundgaards Bæk, der er del af Villestrup Å systemet – se Figur 7. I Lundgaards Bæk er der i løbet af projektperioden foretaget en række supplerende analyser, der er anvendt til validering af de opnåede resultater. Det drejer sig om:

- Synkron målinger af nitrat og vandføring i 11 stationer i Lundgaards Bæk.
- Temperaturmålinger i vandløb og i tilløb med håndholdt termometer og infrarødt kamera.
- Nitratmålinger i vandløb og tilløb.



Figur 7. Oplandet til Lundgaards Bæk med målestationer.

4

Modeltilgang

Det overordnede formål med pilotprojektet har været at undersøge, om konceptet er anvendelig på en skala, hvor implementering på regional eller national skala er mulig. Strategien har således været at opbygge modellen på baggrund af eksisterende modeller og data suppleret med analyser, der kan gennemføres inden for en rimelig økonomisk ramme.

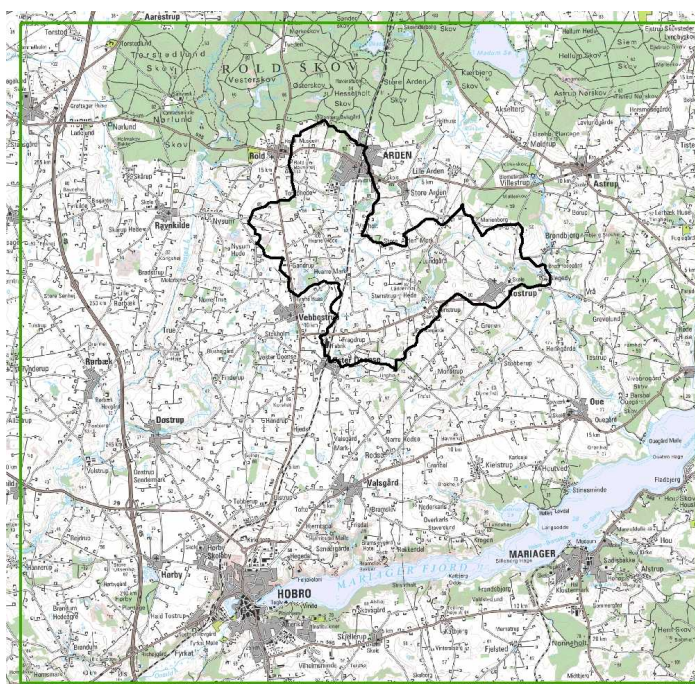
Til validering af resultaterne er følgende fremgangsmåde anvendt:

- Sammenligning af modelresultater med målinger i Lundgaards Bæk.
- Sammenligning af modelresultater med resultater fra en model, der bygger på detailstudier af geologi (detailmodellen).
- Sammenligning af modelresultater med de overordnede reduktionsprocenter på oplandsskala.

4.1

Modelopsætning

Grundlaget for modelopsætningen er DK modellen version 2009. Herfra er skelettet i den hydrostratigrafiske model og nettonedbøren anvendt, mens vandløbsopsætningen og diskretiseringen er forfinet. Den hydrostratigrafiske model er udvidet med detailviden om lerdække mellem magasiner samt distribuerede magasinspecifikke transmissiviteter genereret ud fra oplysninger i Jupiterdatabasen. Modellen er opsat i MODFLOW med en diskretisering på 100x100 m og med et vandløbstema fra AIS (Areal Informations Systemet). Modellen benævnes i det følgende DK-modellen. Til validering af DK-modellens resultater er der opsat en parallel model, der i stedet for DK modellens hydrostratigrafiske model bygger på en detailtolket geologisk model. Formålet med denne øvelse har været at vurdere usikkerheden ved DK-model tilgangen. Modelområdet for begge modeller ses på Figur 8.



Figur 8. Modelområde med placering af Lundgaards Bæk oplandet

5

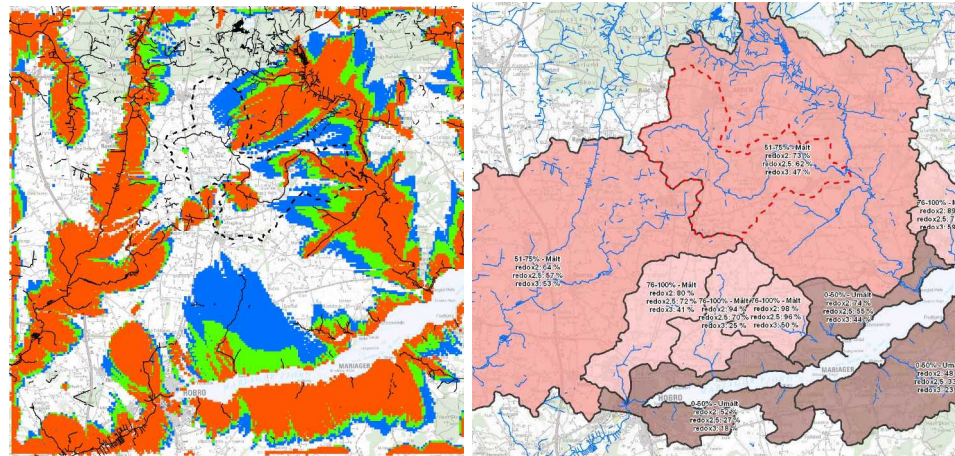
Analyser og resultater

Ved hjælp af modelleringstilgangen til bestemmelse af placeringen af redoxfronten er der beregnet en række bud på placeringen af denne. Ved brug af disse redoxfronter i sårbarhedsmodellen fås et tilsvarende antal bud på sårbarhedskortet. På Figur 9 ses tre bud på sårbarhedskortet.

5.1

Vurdering af resultater på oplandsskala

Næste skridt er at vurdere, hvilke af disse bud på sårbarhedskort, der virker realistiske. På oplandsniveau giver det generelle nitratreduktionskort et bud på et interval for reduktionsprocenten. Fremgangsmåden har således været at udvælge de sårbarhedskort der – på oplandsskala – giver reduktionsprocenter, der ligger i disse intervaller. På Figur 9 ses tre udbredelser af reduktionskort (blå, grøn, rød), der alle resulterer i reduktionsprocenter, der ligger i eller tæt på intervallet for reduktionsprocenter fundet på oplandsskala.



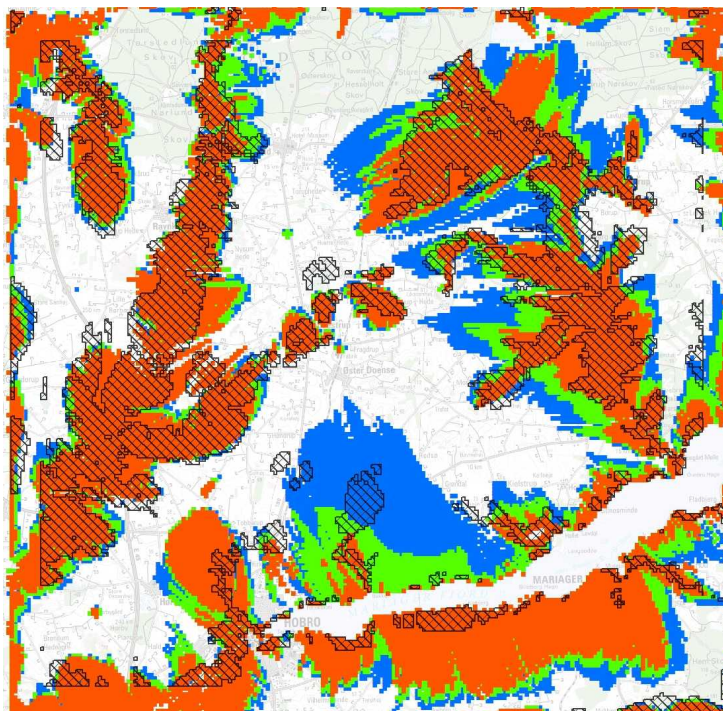
Figur 9. Tre bud på reduktionskort der ligger inden for intervallerne givet oplandsreduktionskortet (t.v.). Reduktionsprocenten for hver af de tre reduktionskort sammenlignet med reduktionsintervallet (t.h.).

De tre bud afspejler beliggenheder af redoxfronter, der alle giver realistiske reduktionsintervaller. Såfremt vi ikke har flere data til rådighed i forhold til en yderligere indsnævring af reduktionskortet, kan Figur 9 (t.v.) udgøre grundlaget for et rødt-gult-grønt kort, der definerer "sikre sårbare", "måske sårbare" og "sikre ikke-sårbare områder". I dette tilfælde kunne de hvide område repræsentere det grønne "sikre ikke-sårbare område", de grønne og blå områder kunne repræsentere det gule "måske sårbare område" og endelig kan de røde områder repræsentere det røde "sikre sårbare område".

5.2

Vurdering af resultater i forhold til resultater fra detailmodel

Som tidligere nævnt er der til valideringsformål opstillet en detaljeret geologisk model for området m.h.p. at vurdere værdien af en "bedre" model. Figur 10 viser et sårbarhedskort beregnet ved hhv. DK-modellen og detailmodellen.



Figur 10. Tre bud på udpegning af sårbare arealer på basis af DK-model. Det bedste bud på sårbart areal på basis af detailmodel er vist som skraveret.

Det skraverede areal svarer til den udgave af detailmodellen, der passer bedst til det generelle reduktionskort og til målingerne i Lundgaards Bæk. De brune, grønne og blå arealer svarer til de tre mulige reduktionskort, der fra DK-modellen ligger inden for et muligt udfaldsrum, når kun det generelle reduktionskort betragtes.

Tabel 1 viser den procentvise del af det skraverede areal, der ligger inden for hvert af de tre bud fra DK –modellen.

Tabel 1 - Det overlappende sårbare areal beregnet som den del af det skraverede areal, der ligger inden for hvert af de tre reduktionskort fra DK-modellen. Totalt sårbart areal beregnet som den procentvise del af det totale areal, der er sårbart.

Reduktionskort (DK-model)	Overlappende areal	Totalt sårbart areal
Rød	77 %	33 %
Grøn	87 %	45 %
Blå	93 %	58 %

Såfremt reduktionskortet "rød" anvendes er der 77 % sammenfald mellem det sårbare areal udpeget ved hhv. detail- og DK-modellen. Anvender vi forsigtighedsprincippet og baseret sårbarhedskortet på "blå" er der 93 % sammenfald med mellem det sårbare areal udpeget ved hhv. detail- og DK-modellen.

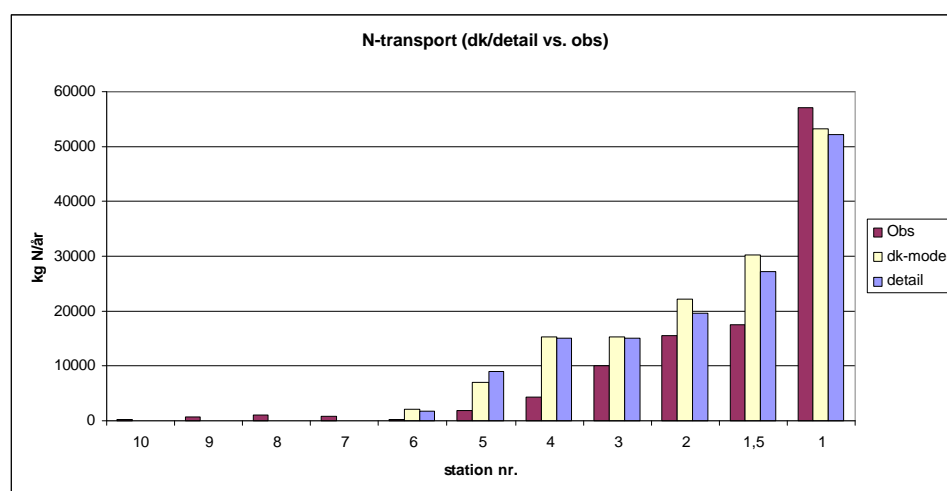
Med viste analyse er der indikationer på, at usikkerheden på sårbarhedskortet grundet geologi kan håndteres ved at justere på den anvendte redoxfront, således at størstedelen af det sårbare område indrammes.

Der er således en sammenhæng mellem udpegningsikkerheden og det samlede sårbare areal. Skal udpegningsikkerheden være stor, bliver det sårbare areal stort og omvendt.

5.3

Validering mod feltmålinger

Der er i løbet af projektperioden blevet foretaget nitrat- og vandføringsmålinger i 11 stationer i Lundgaards Bæk. Ud fra disse målinger er nitrattransporten (kg N pr år) beregnet ved hver station. Til sammenligning er der udtrukket resultater fra hhv. DK- og detailmodellen ved de samme stationer. Figur 11 viser observeret og de to modelleres absolutte N-transporter ved de enkelte stationer. De to modeller har et meget ensartet forløb, men set i forhold til målingerne overvurderer de generelt tilstrømningen til station 1.5 - 6. Overordnet set vurderes det dog, at målinger og model stemmer fint overens.



Figur 11. Nitrattransport ved de 11 målestationer i Lundgaards Bæk /ref. 2/.

5.4

Samlet vurdering af modellernes prædiktive evner

Som nævnt har hovedspørgsmålet været, hvorvidt en "nitratmodel" baseret på DK-modellens geologi resulterer i troværdige resultater. Resultaterne viser, at DK-modellen kan kalibreres til at give reduktionsprocenter på oplandskala, der er troværdige. Ud fra målinger på oplandskala og ud fra den usikkerhed, der ligger i redoxfrontens beliggenhed, kan der defineres "sikre sårbare", "måske sårbare" og "sikre ikke-sårbare" områder.

Sammenligninger med resultater fra analysen gennemført med detailmodellen viser, at modellerne er sammenfaldende med minimum 77 % af arealerne. Se Tabel 1. I forhold til den usikkerhed, der stammer fra redoxfrontens placering, er usikkerheden fra "geologien" forholdsvis lille.

Afstrømningen til Lundgaards Bæk er præget af kilder og væld med direkte kontakt til det underliggende kalkmagasin. Det er generelt svært at modellere denne tilstrømning, da lokale sprækkestrukturer er afgørende. På trods af dette forudsiger modellen flot den stedlige nitrattilstrømning til Lundgaards Bæk.

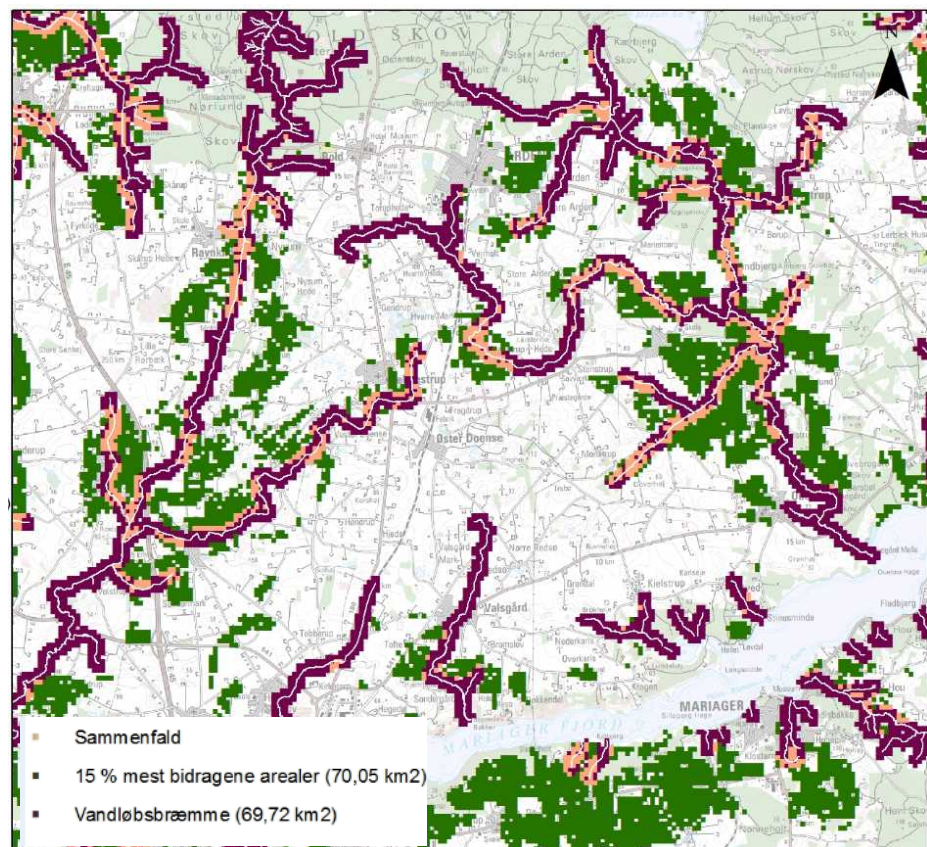
Det konkluderes på baggrund heraf, at DK-modellen kan danne grundlag for en troværdig sårbarhedsmodel, hvis modellens usikkerheder tages i betragtning. I dette modelområde synes placeringen af redoxfronten at være altdominerende, og en tilgang som vist her til håndtering af "redoxusikkerheden" ved at opdele i "sikre sårbare", "måske sårbare" og "sikre ikke-sårbare områder" er tilstrækkelig.

5.5

Brug af sårbarhedskortet

Sårbarhedskortet bør ikke reduceres til et kort, der skelner mellem "sårbare" og "ikke-sårbare arealer". En tre-delning i "sikre sårbare", "måske sårbare" og "sikre ikke sårbare" er nødvendig for at tage hensyn til usikkerheden i udpegningen.

Som eksempel er 15 % af arealerne i modelområdet, der bidrager mest til nitratudvaskningen inden for de "sikre sårbare" områder ekstensiveret (udvaskning antaget til 10 kg N/ha). Til sammenligning er et tilsvarende vandløbsnært område (bræmme) ekstensiveret, se Figur 12 og Tabel 2.



Figur 12. Visning af de 15 % mest bidragende arealer samt et tilsvarende areal langs vandløb. Områder, hvor der er sammenfald, er markeret med orange.

Det er værd at bemærke, at de to arealudpegninger kun i begrænset omfang er sammenfaldende (de orange arealer).

Udtagning af de 15 % af arealerne, der ligger mest vandløbsnært, giver en 16 % reduktion af nitratbelastningen til vandløbet svarende til en "effektivitet" på 100 %, mens en udtagning

af de 15 % af arealet med størst tilførsel giver en reduktion på 56 % svarende til en "effektivitet" på 350 %.

Tabel 2. Nitratreduktion i vandløb som følge af udtagning af A) 15 % af de arealer der bidrager mest med nitratudvaskning inden for de "sikre sårbare" områder og B) udtagning af 15 % af de arealer der ligger vandløbnært. /ref 2/. Det sårbare areal (2. kolonne) er de 15 % af arealerne, der bidrager med mest nitrat til recipienten.

	Samlet sårbart areal	A) 15% mest sårbare arealer (af det samlede oplandsareal)	B) Vandløbsbræmme (Svarende til 15 % af det samlede oplandsareal)
Areal (km ²)	216	70	70
Nuværende nitratbidrag til vandløb	1.005 ton N/år	631 ton N/år	220 ton N/år
Nitratbidrag til vandløb efter ekstensivering (10 kg N/ha/år)	-	70 ton N/år	55 ton N/år
Reduktion som følge af ekstensivering	-	561 ton N/år	165 ton N/år
Reduktion i % i forhold til sårbart areal (216,2 km ²)	-	56 %	16 %

6

Brug af metoden på andre oplande

Vandløbsafstrømningen i modelområdet er præget af en meget stor andel af grundvandstilstrømning, der uden væsentlig opholdstid i ådalen strømmer til vandløbet. Hermed bliver den dybe nitratreduktion dominerende.

Bevæger vi os til andre typer oplande, bliver ådalsprocesserne vigtige i forhold til nitratreduktion, og ligeledes kan hurtig afstrømning fra leroplande være dominerende i forhold til beskrivelse af nitratafstrømningen.

Det er alment kendt, at hydrologiske modeller ofte har svært ved at beskrive den hurtige afstrømning fra højbundslande. Dette skyldes som regel, at afstrømningen er meget dynamisk og afhængig af højtliggende sekundære magasiner, som typisk er meget dårligt beskrevet i modellen.

6.1

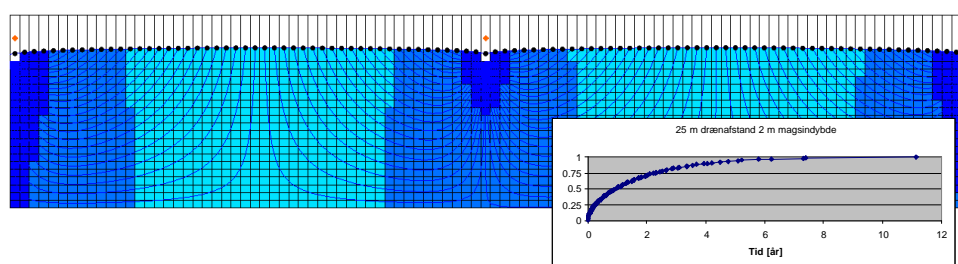
Drænede lavbundslande

På lavbundslande vil størstedelen af nettonedbøren afstrømme i dræn eller i helt terrænnære jordlag, og rent vandbalancemæssigt er det derfor simpelt at modellere hurtig afstrømning fra lavbundslande frem for fra højbundslande.

I modelteknisk sammenhæng beskrives hurtig afstrømning vha. "dræn-pakker", hvor vand afledes – med en given rate - såfremt vandstanden står over et givet niveau. Denne beskrivelse er en tilnærmet, ikke-fysisk beskrivelse, og den er fundet velegnet til at beskrive

afstrømningsdynamikken og den overordnede vandbalance. Beskrivelsen af drænen er dog ikke god til at beskrive vandets opholdstid i lavbundslande, og med hensyn til nitratomsætning er netop opholdstiden afgørende.

Figur 13 viser et eksempel på detailmodellering af strømninger mellem drænen. Resultaterne viser, at der er en meget stor spredning af alderen af det vand, der ender i drænen. Nedbøren, der rammer lige ved drænen, afstrømmer hurtigt, mens nedbøren, der rammer mellem drænen, kan have opholdstider på flere år.

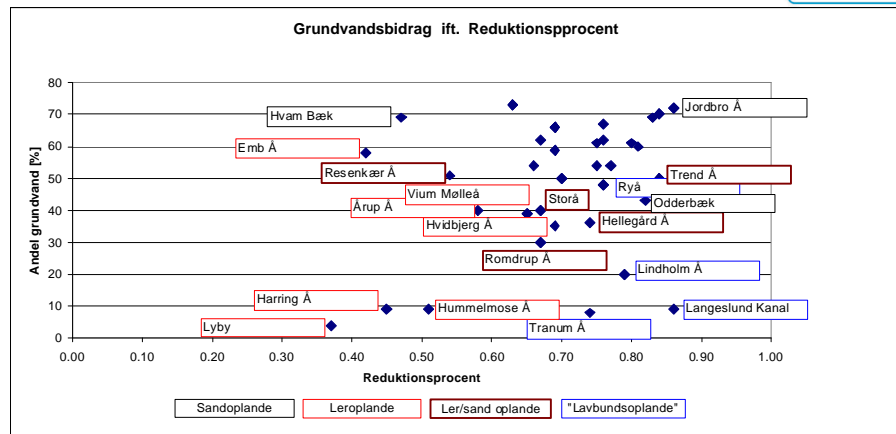


Figur 13. Eksempel på modellering af strømninger mellem drænen. Dræneafstanden er her 25 m, og ådalsmagasinet er 2 meter dybt. Grafen viser et frekvensplot over alderen af vandet, der ender i drænen. 75 % af vandet er ældre end 3 måneder, 50 % er ældre end 1 år og 25 % er ældre end 2 år og 4 måneder. Den anvendte nettonedbør er 400 mm/år.

Opholdstider på måneder til år i jorde med et højt organisk indhold vil have betydning for nitratomsætningen. Det bedste bevis for dette ses på oplandskala, hvor reduktionsprocenten er høj for oplande, der har store lavbundsarealer – se figur 14. Af figuren ses også, at oplandene præget af ler i overjorden generelt har lav reduktionsprocent.

Sammenfattende konkluderes, at konceptet som præsenteret her, skal tilpasses, når nitratreduktionen skal beskrives i dræned lavbundslande og i dræned højbundslande.

I dræned lavbundslande bør der arbejdes på en typologi, der beskriver variationen af opholdstid og organiske indhold og dermed typiske nitratreduktioner for disse arealer. Resultatet heraf kan være en "udfaldsramme", der kan indgå i en kalibrering og usikkerhedsvurdering af et oplands samlede sårbarhedskortlægning.



Figur 14. Sammenhæng mellem nitratreduktionsprocent og andel af grundvandstilstrømning for vandløbsstationer i oplandet til Limfjorden. Data vedr. reduktionsprocent og andel af grundvandstilstrømning er fra /ref. 6/.

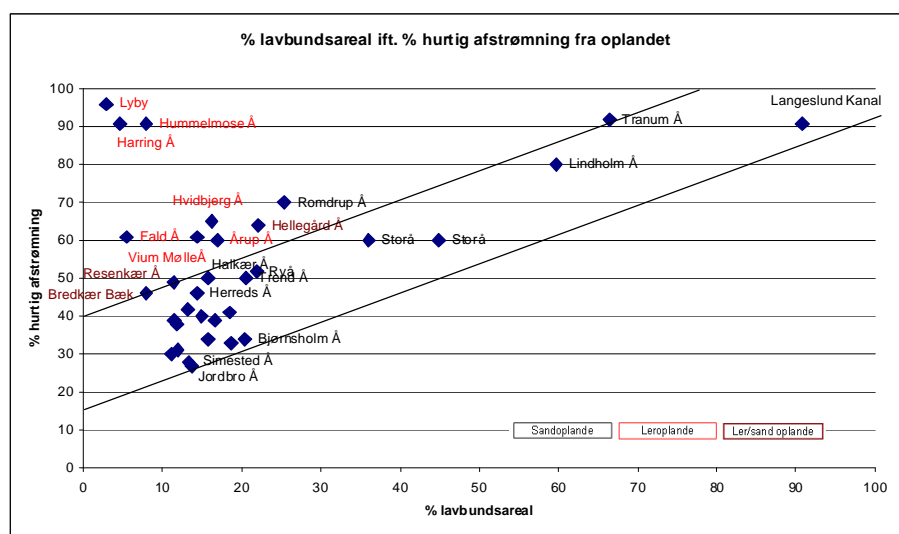
6.2

Dræned højbundsjerde

Oplandsanalyser for dræned højbundsjerde viser lille nitratreduktion, hvilket intuitivt virker fornuftigt, idet opholdstiden og det organiske indhold må formodes at være lille set i forhold lavbundsjordene.

Det springende punkt ved analyse af leroplande er fraktioneringen af vand, der strømmer af i dræn, og vand der bidrager til grundvandsdannelse. Den hurtige afstrømning i et opland har bidrag fra afstrømning fra befæstede arealer, fra lavbundsarealer og fra evt. højbundsarealer.

For lerbundsjerde ønsker vi at isolere den del af den hurtige afstrømning, der stammer fra højbundsjerde. Ved analyser af afstrømning fra vandløbsstationer i Limfjordsoplande, hvor andelen af hurtig afstrømning (defineret som overflade afstrømning, og intermediær



Figur 15. Sammenhæng mellem andel af hurtig afstrømning /1/ og andel af lavbund i oplandet /ref 6/.

afstrømning) er sammenholdt med andel af lavbundsarealer, ses en god mulighed for at isolere afstrømningen fra højbundsjordene, som der bør arbejdes videre med – se figur 15.

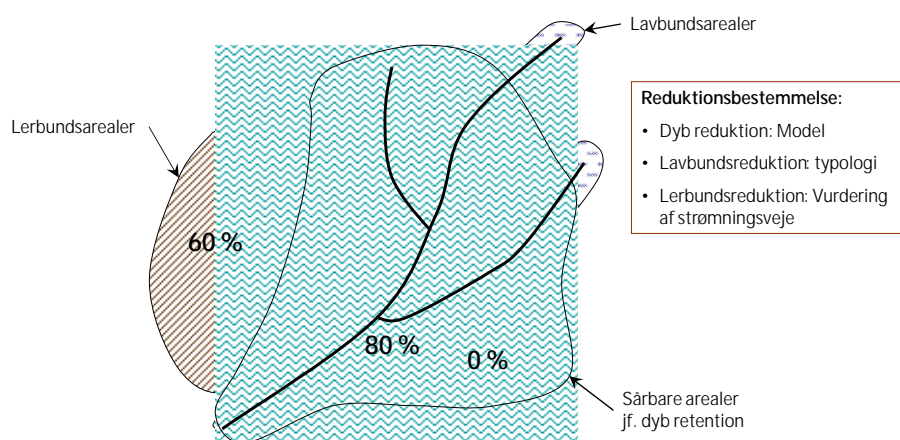
6.3

Samlet koncept

Konceptet præsenteret i dette notat har været afprøvet på et område domineret af grundvandsafstrømning i vandløbene. Såfremt konceptet skal anvendes på oplande med store andele af lavbundsarealer og/eller lerbundsarealer, bør konceptet udvides til at håndtere dette. Et forslag til en samlet procedure kan være som følger:

1. **Oplandsanalyser mht. hurtig afstrømning fra lavbundsjarde og fra lerbundsjarde.** De indledende analyser lavet på afstrømningsdata fra stationer i Limfjordsoplandet indikerer, at afstrømningen fra lavbundsjarde og fra lerbundsjarde kan separeres, se figur 15. Dette er vigtigt, da reduktionen i hhv. grundvand, lavbund og lerbund formentlig bør håndteres separat.
2. **Desktop ådalsanalyser til vurdering af grundvandets vej til vandløbet.** For at vurdere reduktionspotentialen i selve ådalene giver modellen et bud på opholdstiden, men dette vil ofte være meget usikkert grundet bl.a. modellens opløsning. GOI typologien byder på metoder til at karakterisere strømningsvejene i ådalen og dermed også vandets opholdstider.
3. **Modelanalyser hvor den hurtige afstrømning fra lerbundsjarde er fratrukket nettonedbøren.** Modeller har som ført nævnt svært ved at lave en korrekt modellering af afstrømning på dræned højbundsjarde, og det er her tanken kun at regne med den del af vandet, der strømmer forbi drænene.
4. **Beregning af dyb reduktion i grundvand via model.** Som beskrevet i dette notat beregnes nitratreduktionen i grundvandet via modelanalyser.
5. **Estimering af reduktion fra lavbundsjarde.** Der er tanken, at der her opstilles typeoplade ud fra ådalstype, jordtype, dræntintensitet mm.
6. **Estimering af reduktion fra lerbundsarealer.** Det er den generelle antagelse, at nitraten i drænvandet fra lerbundsarealer ikke reduceres. I de fleste lerbundsarealer sker der grundvandsdannelse. Reduktionen af nitraten i dette vand håndteres via modellen.
7. **”Kalibrering” af et samlet reduktionskort (dyb, lavbund og lerbund).** Ovennævnte analyser vil resultere i reduktionskort bestemt via modelkonceptet for det dybe grundvand, via typeoplade for lavbundsarealer og via vandbalancebetragtninger for leroplade.
8. **Usikkerhedsanalyser.** Det foretages usikkerhedsanalyser på det samlede reduktions kort.

Et eksempel på et samlet sårbarhedskort er vist på Figur 16



Figur 16. Skitse til vurdering af et oplands samlede sårbarhed. Den dybe reduktion beskrives vha. en model. Reduktion i lavbundsarealer vurderes ud fra en typologi og reduktionen i lerbundsoplande og baseres primært på en analyse af mængden af overfladenær- og drænafstrømning.

Ved validering af konceptet er det vigtigt at medregne den eventuelle reduktion der sker i søer og vandløb.

7

Sammenfatning og konklusion

Nærværende notat beskriver et modelkoncept til udpegning af nitratfølsomme landbrugsarealer. Det direkte resultat er et såkaldt reduktionskort, der viser den %-del af en evt. nitrat-rodzoneudvaskning, der ender i recipienten (vandløb, søer eller kyst). Konceptet har tidligere være anvendt i oplandet til Oddebæk /ref. 2/ og er i forbindelse med det EU-finansierede projekt "AQUARIUS" blevet anvendt på et område omkring Lundgaards Bæk i oplandet til Mariager Fjord. Hovedformålet med projektet har været at undersøge, om modelkonceptet kan give troværdige resultater med et modelgrundlag baseret på DK-modellen.

Da en af hovedudfordringerne i konceptet er knyttet til beskrivelse af den stedlige nitratreduktion, er der i forbindelse med dette projekt udviklet et beregningskoncept til beskrivelse af redoxfrontens beliggenhed.

På baggrund af de opstillede modeller er der beregnet forskellige reduktionskort, der er kalibreret mod oplandsdata på nitratreduktion. Resultatet af kalibreringen er et bud på områder, der er **sikre sårbare**, **måske sårbare** og **sikre-ikke sårbare**. Sårbarhedskortene er valideret mod resultater fra en detailmodel og mod en række feltmålinger.

Det konkluderes, at konceptet er anvendelig på et modelgrundlag baseret på DK-modellen. I det nærværende studieområde ved Lundgaards Bæk er vandløbsafstrømningen meget grundvandspræget. I oplande med stor andel af hurtig afstrømning vil konceptet skulle

udvides med analyser af afstrømning fra lavbundsarealer og lerbundsarealer. Notatet afsluttes med beskrivelser af et samlet koncept, der inkluderer dette.

8

Referencer

- /ref. 1/ Blicher-Mathiesen, G. et. al (2007). Kvælstofreduktionen fra rodzone til kyst for Danmark. www2.dmu.dk/Pub/FR616.pdf
- /ref. 2/ Naturstyrelsen Aalborg og NIRAS (2012). Udpegning af kritiske landbrugsarealer, dokumentationsrapport.
- /ref. 3/ Sørensen, Gitte Kjærsgaard & Jensen, Jacob Skødt (2009): Integreret arealplanlægning i landbrugsområder - udpegning af kvælstoffølsomme arealer. Afsluttende speciale, Naturgeografi. Aalborg Universitet, 2009.
- /ref. 4/ Greve, Mogens H., Duus Børgesen, Christen (2009): Modelberegning af N-udvaskning fra landbrugsarealer. Vand & jord. - Årg. 16, nr. 2 (2009). - S. 70-73.
- /ref. 5/ Blicher-Mathiesen, G. et. al (2007). Kvælstofreduktionen fra rodzone til kyst for Danmark. www2.dmu.dk/Pub/FR616.pdf
- /ref. 6/ Nordjyllands Amt, Ringkøbing Amt, Viborg Amt og Århus Amt (2006): Kvælstofudvaskning og reduktionsprocenter – handlingsplan for Limfjorden.