

# Notat – Bilag 1

 SEGES Innovation  
 Planter & Miljø

Vejledning til anvendelse af "Beregningsark til estimeret CO <sub>2</sub> -effekt ved aktiv udtagning af lavbundsjord"	Ansvarlig	kadm
	Oprettet	14-11-2023
	Side	1 af 3

Projekt: 8507 – Klimainsats på kulstofrige landbrugsjord

## Introduktion

Dette notat er udarbejdet som en kort vejledning til anvendelsen af "Beregningsark til estimeret CO<sub>2</sub>-effekt ved aktiv udtagning af lavbundsjord" (version 12-6). Beregningsarket anvendes som en del af effektvurderingen for projekter inden for ordningerne *Klima-lavbund* og *LDP-lavbundsprojekter*. Vejledningen fungerer som et appendiks til *Manual til udarbejdelse af teknisk forundersøgelse (2023)*, der gennemgår øvrige kravspecifikationer i forbindelse med udarbejdelsen af en teknisk forundersøgelse for vådområder, lavbundsprojekter og klima-lavbundsprojekter.

"Beregningsark til estimeret CO<sub>2</sub>-effekt ved aktiv udtagning af lavbundsjord" (version 12-6) er en opdatering af det tidligere anvendte regneark, da beregningsmetoderne i det tidligere regneark ikke var tilstrækkeligt retvisende til anvendelse ved lavbundsprojekter på tørveholdige jorde, hvor man risikerede at underestimere betydningen af den reducerede, hydrauliske ledningsevne i tørvejorde. Dette har i sidste ende kunne medføre en underestimering af projektets potentielle CO<sub>2</sub>-effekt.

For at kunne anvende regnearket og foretage effektberegninger for potentielle projekter, kræves der et detaljeret kendskab til de forventede projektiltag og deres indvirkning på de hydrologiske forhold før og efter projektrealisering.

For projektområdet kræves også arealopgørelser for kategorierne *omdrift*, *permanent græs*, *natur* og *øvrige IMK-arealer*, samt hvorledes disse kategorier er fordelt inden for tørveklasserne < 6%, 6-12 % og >12 % (med eller uden buffer). Bufferzonerne omfatter et areal på 7,5 m omkring dræn, grøfter og vandløb, og er nødvendig at opføre, da der inden for bufferzonen forventes en reduceret CO<sub>2</sub>-effekt ved udtagning.

Beregningsarket indeholder med 3 faner, som vil blive beskrevet nedenfor.

## Fane 1: Vejledning

Første fane giver en introduktion til baggrunden for regnearket og forklarer anvendelsen, fremskaffelse af data, og der henvises til de faglige rapporter og relevante vejledninger, der danner baggrund for beregningerne i regnearket. Det anbefales at denne fane gennemgås grundigt forud for eventuel anvendelse og beregning, og at der eventuelt fremsøges yderligere information i relevante rapporter og vejledninger.

Beregningsark til estimeret CO <sub>2</sub> -effekt ved aktiv udtagning af lavbundsjord		
<p>Nærværende beregningsark er målrettet ordningerne Klima-Lavbund og LDP-Lavbund. Beregningsarket skal anvendes til estimering af CO<sub>2</sub>-effekten ved aktiv udtagning af kulstofrige lavbundsjord.</p> <p>Beregningsmodellen skal udelukkende betragtes som et værktøj til estimering af CO<sub>2</sub>-effekten i udtagningsprojekter, hvor den beregnede effekt alene anvendes som redskab til prioritering af projekterne inden for de forskellige tilskudsordninger.</p> <p>Metoden egner sig ikke til effektberegninger i forbindelse med salg af CO<sub>2</sub>-kvoter ligesom den beregnede effekt vil afvige fra den effekt der beregnes i den nationale opgørelse.</p> <p>Metoden er udviklet i et samarbejde mellem AU (Steen Gyldenkerne og Mogens H. Greve), GEUS (Simon Stisen) og MST</p>	<p><b>Vejledning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Beregningsmodellen tager højde for arealets kulstofindhold, arealanvendelse og hvor stort et areal (bufferarealer) der pga nærliggende grøfter, dræn og vandløb har en reduceret CO<sub>2</sub>-effekt</li> <li>På baggrund af Tekstur2014-kortet, samt eventuelle supplerende kulstofprøver, inddeles hele projektområdet via en GIS-analyse i tre overordnede klasser               <ol style="list-style-type: none"> <li>Arealer med kulstofindhold &gt; 12 %</li> <li>Arealer med kulstofindhold 6-12 %</li> <li>Arealer med kulstofindhold &lt; 6 %</li> </ol> </li> <li>Under hver klasse, inddeles arealerne yderligere i kategorierne               <ol style="list-style-type: none"> <li>Omdrift</li> <li>Permanent Græs</li> <li>Natur</li> <li>Øvrige IMK-arealer*</li> <li>Kulstofrig jord (&gt; 6 %) uden aktiv udtagning (eksisterende vanddække/passiv udtaget arealer)**</li> </ol> </li> </ul>	<p><b>Baggrund</b></p> <p>Metoden er udviklet da den eksisterende metode til beregning af eftervandsstanden ikke er retvisende for lavbundsprojekter, da den ikke tager højde for den lave hydrauliske ledningsevne i de kulstofrige jorde. Dette betyder, at CO<sub>2</sub>-effekten kan blive underestimeret, hvis den beregnede eftervandsstand anvendes. Erfaringer fra konkrete lavbundsprojekter viser, at de kulstofrige jorde generelt bliver vandmættet ved oplys af dræning. Dette underbygges af beregninger fra PLEN-rapporten. PLEN-rapporten viser desuden, at vandløb eller grøfter vil have en drænings effekt, men at denne aftager ud gennem terrænet.</p> <p>Traditionelt bliver eftervandsstanden estimeret med en beregningsmetode, hvor vandspilniveauet fra nærmeste vandløb trækkes ud gennem terrænet med en 2 promilles gradient. På baggrund af denne lineære gradient gennem terrænet bliver vandmætningsgraden i projektområdet beregnet.</p> <p>Erfaringen i felten fra gennemførte projekter har vist, at jorderne fremstår mere våde end de estimerede efter-vandingsberegninger angiver, hvilket antages at skyldes at der i beregningsmetoden ikke bliver taget højde for jordens hydrauliske ledningsevne, som for tørvejorde er meget lav.</p>

Figur 1. Udsnit fra vejledningen i fane 1, hvor beregningsskemaets baggrund og anvendelse gennemgås.

## Fane 2: Beregningsark

I beregningsfanen findes en række separate tabeller, hvor oplysninger omkring projektet indtastes.

*Projektoplysninger:* her indtastes stamdata for projektet (navn og størrelse)

*Genskabelse af naturlig hydrologi:* her indtastes informationer om de anvendte anlægstiltag i projektet (afbrydelse af dræn, lukning af grøfter, hævning af vandløbsbund, overrislingszoner og om eventuel pumpedrift stoppes).

*Indsæt udklip af kortbilag som redegør for tiltag i området:* her indsættes ét eller flere kort, der tydeligt angiver placering og udbredelse af de anvendte anlægstiltag.

Projektoplysninger		Indsæt udklip af kortbilag som redegør for tiltag i området	
Projekt navn			
Samlet projektareal	ha		
Genskabelse af naturlig hydrologi			
Tiltag			
Afbrydes interne dræn?			
Tilkastes interne grøfter helt eller delvist?			
Hæves vandløbsbunden (evt. ved genslyngning)?			
Skabes der overrislingszoner?			
Stopper pumpedrift?			
Da metoden forudsætter aktiv udtagning, er det nødvendigt, at redegøre for tiltag i projektområdet, som underbygger naturlig hydrologi			

Figur 2. Udsnit af tabellen, hvor generelle oplysninger om projektet indtastes.

## CO<sub>2</sub>-beregning

I skemaet indtastes projektarealets fordeling inden for tørveklasserne < 6%, 6-12 % og >12 % (med eller uden buffer). Opgørelsen foretages ved hjælp af GIS og tager udgangspunkt i tørvekortets klassificering, samt information om tilstedeværelsen af bufferzoner omkring vandløb, grøfter eller dræn i projektområdet.

Efterfølgende bestemmes klassernes fordeling inden for afgrødekategorierne *omdrift*, *permanent græs*, *natur* og *øvrige IMK-arealer*. Opgørelsen foretages ved hjælp af GIS med udgangspunkt i IMK-markkortet og afgrødekoder inden for projektområdet, og ved hjælp af tabellen *Opslagstabel til bestemmelse af afgrødekategori*, bestemmes arealer i *omdrift* eller *permanent græs*. Arealer uden afgrødekode tildeles kategorien *Natur/øvrig anvendelse*, mens kategorien *Øvrige IMK-arealer* omfatter træbevoksede arealer inden for projektområdet.

Opslagstabel til bestemmelse af afgrødekategori		
GLR kode	Afgrøde	Afgrødekategori
1	Vårbyg	Omdrift
250	Permanent græs, meget lavt udbytte	Permanent Græs

Figur 3. Udsnit af tabellen til bestemmelse af afgrødekategori ud fra afgrødekoder.

I tabellen *CO<sub>2</sub>-beregning* indtastes de opgjorte arealer i de respektive klasser. For hver klasse er der fastsat en CO<sub>2</sub>-effekt (ton CO<sub>2</sub> per hektar) ved aktiv udtagning, der gør det muligt at beregne effekten inden for hver af klasserne og for det samlede projektareal. Den største CO<sub>2</sub>-effekt opnås ved aktiv udtagning af omdriftsarealer med et højt kulstofindhold, mens en lavere effekt opnås ved udtagning af ekstensive arealer med lavt kulstofindhold.

CO <sub>2</sub> -beregning				
Område opgørelse				
Klasser		Areal	Effekt [ton CO <sub>2</sub> /ha]	Effekt [ton CO <sub>2</sub> ]
Uden buffer: > 12 %	Omdrift	2	35	70
	Permanent græs	3	25	75
	Natur	1	15	15
	Øvrige IMK-arealer*		10	0
<b>Sum</b>		<b>10</b>		<b>192,5</b>
<b>Arealtjek</b>		<b>OK</b>		

Figur 4. Udsnit af tabellen til CO<sub>2</sub>-beregning, der viser fordelingen og effekten af de forskellige afgrødekategorier.

Når det samlede projektareal er opgjort og indtastet i skemaet, vil projektets samlede CO<sub>2</sub>-effekt fremgå nederst i tabellen.

I boksen til højre for tabellen til CO<sub>2</sub>-beregning indsættes ét eller flere oversigtskort over projektområdet, hvor projektområdets afgræsning, udbredelsen af kulstofrige lavbundarealer og eventuelle bufferzoner fremgår.

### Fane 3: GLR afgrødekoder

Indeholder en hjælpetabel over alle tilgængelige afgrødekoder i IMK, samt hvorvidt disse karakteriseres som omdrift. Fra tabellen med afgrødekoder (Opslagstabel til bestemmelse af afgrødekategori) hentes informationer til tabellen i beregningsarket.

AFGROEDEKODE	TEKST	Afgrødetype	HOESTAAR_år i GLR
1	Vårbyg	Omdrift	2021
2	Vårhvede	Omdrift	2021
3	Vårhavre	Omdrift	2021
4	Blanding af vårsåede arter	Omdrift	2021
5	Majs til modenhed	Omdrift	2021
6	Vårhvede, brødhvede	Omdrift	2021
7	Korn + bælgssæd under 50% bælgssæd	Omdrift	2021
8	Vårspelt	Omdrift	2021
9	Vinterspelt	Omdrift	2021
10	Vinterbyg	Omdrift	2021
11	Vinterhvede	Omdrift	2021
13	Vinterhvede, brødhvede	Omdrift	2021
14	Vinterrug	Omdrift	2021
15	Vinterhybridrug	Omdrift	2021
16	Vintertriticale	Omdrift	2021
17	Blanding af efterårssåede arter	Omdrift	2021
18	Korn og bælgssæd (over 50 % bælgssæd)	Omdrift	2021
21	Vårraps	Omdrift	2021
22	Vinterraps	Omdrift	2021
23	Rybs	Omdrift	2021
24	Solsikke	Omdrift	2021
25	Sojabønner	Omdrift	2021

Figur 5. Udsnit af tabellen i fane 3, der viser GLR-afgrødekoder og typer.

# Notat – Bilag 2

Vejledning til anvendelse af beregningsark til estimering af N-fjernelse i vådområdeprojekter (N-regnearket)	Ansvarlig	kadm
	Oprettet	14-11-2023
	Side	1 af 6

Projekt: 8507 – Klimainsats på kulstofrige landbrugsjord

## Introduktion

Dette notat er udarbejdet som en kort vejledning til anvendelse af *N-regnearket*, som bruges til estimering af kvælstoffjernelsen i vådområde- og lavbundsprojekter (*mst\_n\_beregning\_jul2023*). Notatet fungerer som et appendiks til *Manual til udarbejdelse af teknisk forundersøgelse (2023)*, der gennemgår øvrige kravsspecifikationer i forbindelse med udarbejdelsen af en teknisk forundersøgelse for vådområder, lavbundsprojekter og klima-lavbundsprojekter.

N-regnearket har været anvendt mere eller mindre uændret siden 2013, men i december 2021 blev formelen for kvælstoftab (Ntab) opdateret og fanen *DMI* blev introduceret. Med kendskab til projektområdets placering i et nationalt klimagrid (DMI-gridnummer), blev oplysninger omkring nedbør, sandjord og dyrket areal i vandløbsoplandet nu automatisk tilføjet beregningsarket. I juli 2023 blev formelen for kvælstoftab fra oplandet yderligere opdateret.

For at kunne anvende regnearket og foretage effektberegninger for potentielle projekter, kræves der et detaljeret kendskab til de hydrologiske forhold i projektområdet og oplandet, samt hvilke anlægstillæg der gennemføres i projektet, herunder deres indvirkning på de hydrologiske forhold før og efter projektrealisering.

Beregningsarket indeholder, udover beregningstabellerne for kvælstofbalancen, en række hjælpefaner, der beskriver baggrunden for regnearket.

Selve beregningerne for projektets kvælstofbalance foretages i fanerne *Tilførsel* og *Omsætning*.

## Forord og Vejledning

Fanerne giver en introduktion til baggrunden for regnearket og forklarer anvendelsen af data i de forskellige beregningstabeller. Det anbefales at denne fane gennemgås grundigt forud for eventuel anvendelse og beregning, og at der eventuelt fremsøges yderligere information i relevante rapporter og vejledninger.

## Tilførsel

I beregningsfanen *Tilførsel* findes en række separate tabeller, hvor oplysninger omkring projektet indtastes.

*Projktoplysninger*: her indtastes stamdata for projektet (navn og størrelse).

## Vandløbsoplandet

1. Projektområdets DMI-gridnummer indtastes i tabellen, hvorefter felterne med oplysninger omkring nedbør, andel af sandjord/dyrket areal i oplandet og det gennemsnitlige N-tab per hektar opland automatisk udfyldes. Projektets DMI-gridnummer bestemmes ved hjælp af GIS og anvendelse af data-laget [DMI-grids](#).
2. Arealet for vandløbsoplandet til projektområdet indtastes, hvormed et samlet kvælstoftab fra oplandet kan beregnes.

### 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:  $N_{tab} = 1.131 * EXP(-9,97740 + 1,57207 * \ln(\text{nedb\_kor\_mm}) - 0,00504 * \text{sand\_pct} + 0,06681 * \text{dyrkpct} - 0,00046621 * \text{dyrkpct}^2)$

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

1

627_44							

Nedbør

A= 968,12 mm

Andelen af sandjord i vandløbsoplandet i %

S= 73,98 %

Andelen af dyrket areal i oplandet i %

D= 41,47 %

Oplandets størrelse i ha

2

Areal= 270 ha

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

N<sub>tab</sub> = 12,8 kg N/ha

N-tab fra oplandet

TotN<sub>tab</sub> = 3458,7 kg N

Figur 1. Udklip fra fanen Tilførsel, hvor oplysninger for vandløbsoplandet indtastes og den årlige, gennemsnitlige kvælstofudvaskning fra oplandet beregnes.

### Direkte opland

I denne tabel indtastes oplysninger om det direkte opland til projektområdet. Det direkte opland omfatter hele det direkte opland – ikke kun det drænedede, direkte opland.

1. Oplysninger omkring nedbør i det direkte opland vil i de fleste tilfælde identisk med nedbørsmængden angivet i tabellen for vandløbsoplandet, men man bør være opmærksom, hvis projektområdet overlapper med flere DMI-grids.
2. Oplysninger omkring oplandets størrelse, andel af sandjord og dyrket areal bestemmes ved hjælp af SCALGO eller andre GIS-værktøjer.

### Direkte opland

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

Formel:  $N_{tab} = 1.131 * EXP(-9,97740 + 1,57207 * \ln(\text{nedb\_kor\_mm}) - 0,00504 * \text{sand\_pct} + 0,06681 * \text{dyrkpct} - 0,00046621 * \text{dyrkpct}^2)$

Inddata: Indtast

Nedbør

1

A= 968,12 mm

Andelen af sandjord i oplandet i %

S= 75 %

Andelen af dyrket areal i det direkte opland i %

2

D= 87 %

Oplandets<sup>2</sup> størrelse i ha

Areal= 59 ha

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

N<sub>tab</sub> = 19,5 kg N/ha

N-tab fra oplandet

TotN<sub>tab</sub> = 1149,8 kg N

Figur 2. Udklip fra fanen Tilførsel, hvor oplysninger for det direkte opland indtastes og den årlige, gennemsnitlige kvælstofudvaskning fra oplandet beregnes.

### Projektområdet

I tabellen indtastes oplysninger om arealanvendelsen i projektområdet, opgjort på en række kategorier. Arealopgørelsen foretages ved hjælp af GIS-værktøjer med udgangspunkt i gældende IMK-data fra Landbrugsstyrelsen.

1. Arealopgørelserne indtastes i tabellen *Inddata* for de på fem kategorier.
2. Erfaringstal for kvælstofudvaskningen indtastes i tabellen. Typiske udvaskningsintervaller for de forskellige kategorier ses til højre. Som oftest vil man anvende de angivne maksimaludvaskninger, som ses indtastet nedenfor.
3. Den samlede kvælstofudvaskning fra projektarealerne beregnes og opgøres med udgangspunkt i arealanvendelsen og erfaringstallene for udvaskningen.

<b>Projektområdet</b>			
<i>Landbrugsbidrag beregnes på baggrund af arealanvendelsen i projektområdet samt erfaringstal for N-udvaskning</i>			
<b>Inddata:</b>	Opgørelse af nuværende arealanvendelse	<b>N-udvaskning, erfaringstal, årlig gn.sn.</b>	interval
	Agerjord: 12,5 ha	agerjord inkl. brakjord: 50 kg N/ha (ref. 1)	45-50
	Ager, brak: 2,4 ha	vedvarende græs: 10 kg N/ha (ref. 1)	5-10
1	Vedv. græs: 4,7 ha	2 natur*: 5 kg N/ha (ref. 1)	0-5
	Natur*: 13,9 ha	Befæstet areal: 0 kg N/ha	
	Befæstet: 0,2 ha	*Natur er bl.a. §3 områder som hede, natureng samt skov.	
	Sum: 33,7 ha		
Ref. 1: Kortfattet vejledning til beregning af kvælstoffjernelse. Notat fra Skov- og Naturstyrelsen oktober 2005			
<b>Uddata:</b>	Beregnet årlig N-udvaskning		
	Agerjord: 625 kg N		
	Ager, brak: 120 kg N		
	Vedv. græs: 47 kg N		
	Natur: 70 kg N		
	Befæstet: - kg N		
3	Sum =	862 kg N	

Figur 3. Udklip fra fanen *Tilførsel*, hvor arealanvendelsen i projektområdet indtastes og den årlige kvælstofudvaskning beregnes.

### Omsætning

I beregningsfanen *Omsætning* findes en række separate tabeller, hvor effektbidraget fra de forskellige kvælstofreducerende tiltag opgøres. Med kvælstofreducerende tiltag menes der projekttiltag, der bidrager til en kvælstofreducerende effekt gennem en ændring af de nuværende hydrologiske og anvendelsesmæssige forhold inden for projektområdet. Disse omfatter:

- *Oversvømmelse med vand fra vandløbsoplandet*
- *Overrisling/nedsivning med vand fra det direkte opland*
- *Ekstensivering af landbrugsdriften*
- *Sødannelse*

#### *Oversvømmelse med vand fra vandløbsoplandet*

I tabellen indtastes oplysninger omkring udbredelse, omfang og varigheden af vandløbsoversvømmelse inden for projektområdet. Vandløbsoversvømmelse kan opnås gennem tiltag i vandløbet: ved genslyngning af vandløbet og ved indsnævring af vandløbsprofilen eller bundhævning. Effekten af disse tiltag kan modelleres og beregnes, hvis man har aktuelle opmålinger af vandløbet til rådighed og har data omkring



<b>Overrisling/nedsivning med vand fra det direkte opland</b>	
Beregnes med en omsætningsandel af tilførslen fra det direkte opland	
<b>Inddata:</b> Tilførsel fra det direkte opland (ark 1)	1 1.150 kg N
Kvælstofomsætning ved overrisling/nedsivning	2 50 %
<b>Uddata:</b> N-fjernelse =	575 kg N

Der kan som udgangspunkt fjernes 50% N, hvor den hydrauliske kapacitet og kvælstofbelastningen står i rimelig forhold til hinanden. Ved stor infiltration kan der omsættes over 50%, hvilket kræver en særskilt forklaring.

Figur 5. Udklip fra fanen Omsætning, hvor den samlede kvælstofreduktion ved overrisling med vand fra det direkte opland opgøres.

### Ekstensivering af landbrugsdriften i projektområdet

Ved ekstensiveringen af landbrugsarealerne i projektområdet vil der ske en kvælstofreduktion, som følge af den reducerede udvaskning fra arealerne, da disse ikke længere vil modtage husdyr- eller kunstgødning og jordbearbejdningen på arealerne ophører. Der vil dog fortsat være forekomme kvælstofudvaskning fra arealerne, men denne vil være markant mindre end under den tidligere landbrugsdrift.

1. Den nuværende kvælstofudvaskning fra projektområdet hentes automatisk fra fanen *Tilførsel*, hvor den nuværende arealanvendelse og arealstørrelse er opgjort for de på fem kategorier.
2. Kvælstofudvaskningen fra projektarealet efter ekstensivering forventes at ligge inden for intervallet 0-5 kg N/ha, og det er derfor muligt at beregne den fremtidige udvaskning fra projektområdet. Ved at fratække den fremtidige udvaskning fra den nuværende, vil projektets kvælstofreduktion ved ekstensivering kunne beregnes.

<b>Ekstensivering af landbrugsdriften i projektområdet</b>	
<b>Inddata:</b> Beregnet udvaskning fra nuværende landbrugsdrift (ark 1)	1 862 kg N
Beregnet udvaskning fra fremtidigt naturområde	
Projektområde:	1 33,7 ha
Udvaskning:	2 5 kg N/ha 0-5 kg N/ha
Samlet udvaskning =	169 kg N
<b>Uddata:</b> Ekstensivering af landbrug =	693 kg N

Figur 6. Udklip fra fanen Omsætning, hvor den samlede kvælstofreduktion ved ekstensivering opgøres.

### Sømodellen

Beregning af projektets kvælstofreduktion ved sødannelse foretages i et separat faneblad *Sømodellen*, hvor det ved hjælp af to forskellige beregningsmetoder er muligt at estimere kvælstofreduktion i søer. Anvendelse af modellerne afhænger af, hvilke hydrologiske baggrundsdata man har tilgængelig i projektet.

**Metode 1** anvender data om tilførsel fra oplandet, og kræver kendskab til søens rumfang (V) og hvor stor en andel af vandløbets vandføring, der ledes til søen. Ud fra disse data vil det være muligt at beregne vandføring/tilførsel (Q), vandets opholdstid i søen ( $T_w$ ), kvælstofretention (Nret), kvælstoftilførsel fra vandløbsoplandet og den samlede kvælstofreduktion i søen.

**Metode 2** anvender data om målt kvælstofudvaskning og vandføring i vandløbet, og kræver kendskab til søens rumfang ( $m^3$ ), middelvandtilførslen (Q) og kvælstoftilførslen til søen. Ud fra disse data er det muligt at beregne vandets opholdstid i søen ( $T_w$ ) og kvælstofretention (Nret).



I eksemplet nedenfor er der, for sammenlignighedens skyld, indtastet ens data i tabellerne for de to metoder. I projektsammenhæng kan man kun anvende én af metoderne til effektberegningen for søer.

Metode 1.			
$N_{ret} (%) = 42,1 + 17,8 \times \log_{10}(T_w)$			
$N_{ret}$ = kvælstoffjernelsen i procent			
$T_w = V/Q$ , vandets opholdstid pr år			
V, søens rumfang	75000	m <sup>3</sup>	
Vandløbets vandføring	0,030244007	m <sup>3</sup> /sek	Beregnet fra fanebladet "Tilførsel"
Vandtilførsel til sø <sup>1</sup>	10	%	<sup>1</sup> Her angives hvor stor en %-del af vandløbets vandføring der tilføres søen -
Q, middel vandføring til sø	0,003024401	m <sup>3</sup> /sek	hvis hele vandløbet ledes gennem søen, angives 100%
$T_w$	=	0,786348982	år (T <sub>w</sub> skal være minimum 0,019 svarende til 7 døgn)
Nret (%)	=	40	%
N tilførsel til sø <sup>2</sup>		346	kg N <sup>2</sup> Beregnet fra N-tab fra vandløbsoplandet, overført fra tilførselsskemaet samt vandtilførsel
<b>N-reduktion i søen</b>		<b>139</b>	<b>kg N</b>
Metode 2.			
$N_{ret} (%) = 42,1 + 17,8 \times \log_{10}(T_w)$			
$N_{ret}$ = kvælstoffjernelsen i procent			
$T_w = V/Q$ , vandets opholdstid pr år			
V, søens rumfang	75000	m <sup>3</sup>	
Q, middel vandføring	0,003024401	m <sup>3</sup> /sek	
$T_w$	=	0,786348978	år (T <sub>w</sub> skal være minimum 0,019 svarende til 7 døgn)
Nret (%)	=	40	%
N tilførsel til sø		346	kg N
<b>N-reduktion i søen</b>		<b>139</b>	<b>kg N</b>

Figur 7. Udsnit fra fanen Sømodellen, hvor det ved hjælp af to forskellige beregningsmetoder er muligt at estimere kvælstofeffekten ved etablering af søer.

#### Vådområdeprojektets samlede N-reduktion

I tabellen opgøres de beregnede kvælstofreduktioner for de forskellige virkemidler, og data fra de forskellige udregningstabeller overføres til tabellen. Resultatet er én samlet og en arealspecifik kvælstofreduktion for projektet.

Vådområdeprojektets samlede N-reduktion	
Oversvømmelse med vandløbsvand:	53 kg N
Reduktion i bidrag fra direkte opland:	575 kg N
Ekstensivering af landbrug:	693 kg N
Sødannelse - Metode 1	139 kg N
Sødannelse - Metode 2	- kg N
<b>TOTAL:</b>	<b>1.460 kg N</b>
Projektareal:	34 ha
<b>N-red. pr ha proj.område:</b>	<b>43 kg N/ha</b>

Figur 8. Udsnit fra fanen Omsætning, hvor projektets samlede kvælstofreduktion opgøres.

# Notat – Bilag 2

Vejledning til anvendelse af beregningsark til estimering af N-fjernelse i vådområdeprojekter (N-regnearket)	Ansvarlig	kadm
	Oprettet	14-11-2023
	Side	1 af 6

Projekt: 8507 – Klimainsats på kulstofrige landbrugsjord

## Introduktion

Dette notat er udarbejdet som en kort vejledning til anvendelse af *N-regnearket*, som bruges til estimering af kvælstoffjernelsen i vådområde- og lavbundsprojekter (*mst\_n\_beregning\_jul2023*). Notatet fungerer som et appendiks til *Manual til udarbejdelse af teknisk forundersøgelse (2023)*, der gennemgår øvrige kravsspecifikationer i forbindelse med udarbejdelsen af en teknisk forundersøgelse for vådområder, lavbundsprojekter og klima-lavbundsprojekter.

N-regnearket har været anvendt mere eller mindre uændret siden 2013, men i december 2021 blev formlen for kvælstoftab (Ntab) opdateret og fanen *DMI* blev introduceret. Med kendskab til projektområdets placering i et nationalt klimagrid (DMI-gridnummer), blev oplysninger omkring nedbør, sandjord og dyrket areal i vandløbsoplandet nu automatisk tilføjet beregningsarket. I juli 2023 blev formlen for kvælstoftab fra oplandet yderligere opdateret.

For at kunne anvende regnearket og foretage effektberegninger for potentielle projekter, kræves der et detaljeret kendskab til de hydrologiske forhold i projektområdet og oplandet, samt hvilke anlægstillæg der gennemføres i projektet, herunder deres indvirkning på de hydrologiske forhold før og efter projektrealisering.

Beregningsarket indeholder, udover beregningstabellerne for kvælstofbalancen, en række hjælpefaner, der beskriver baggrunden for regnearket.

Selve beregningerne for projektets kvælstofbalance foretages i fanerne *Tilførsel* og *Omsætning*.

## Forord og Vejledning

Fanerne giver en introduktion til baggrunden for regnearket og forklarer anvendelsen af data i de forskellige beregningstabeller. Det anbefales at denne fane gennemgås grundigt forud for eventuel anvendelse og beregning, og at der eventuelt fremsøges yderligere information i relevante rapporter og vejledninger.

## Tilførsel

I beregningsfanen *Tilførsel* findes en række separate tabeller, hvor oplysninger omkring projektet indtastes.

*Projktoplysninger*: her indtastes stamdata for projektet (navn og størrelse).

## Vandløbsoplandet

1. Projektområdets DMI-gridnummer indtastes i tabellen, hvorefter felterne med oplysninger omkring nedbør, andel af sandjord/dyrket areal i oplandet og det gennemsnitlige N-tab per hektar opland automatisk udfyldes. Projektets DMI-gridnummer bestemmes ved hjælp af GIS og anvendelse af data-laget [DMI-grids](#).
2. Arealet for vandløbsoplandet til projektområdet indtastes, hvormed et samlet kvælstoftab fra oplandet kan beregnes.

**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:**  $N_{tab} = 1.131 * EXP(-9,97740 + 1,57207 * \ln(nedb\_kor\_mm) - 0,00504 * sand\_pct + 0,06681 * dyrkpct - 0,00046621 * dyrkpct^2)$

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

1	627_44						

Nedbør  
 A= 968,12 mm  
 Andelen af sandjord i vandløbsoplandet i %  
 S= 73,98 %  
 Andelen af dyrket areal i oplandet i %  
 D= 41,47 %  
 Oplandets størrelse i ha  
 2 Areal= 270 ha

**Uddata:** Gennemsnitligt, årligt kg N-tab pr. ha opland  
 N<sub>tab</sub> = 12,8 kg N/ha  
 N-tab fra oplandet  
 TotN<sub>tab</sub> = 3458,7 kg N

Figur 1. Udklip fra fanen Tilførsel, hvor oplysninger for vandløbsoplandet indtastes og den årlige, gennemsnitlige kvælstofudvaskning fra oplandet beregnes.

### Direkte opland

I denne tabel indtastes oplysninger om det direkte opland til projektområdet. Det direkte opland omfatter hele det direkte opland – ikke kun det drænedede, direkte opland.

1. Oplysninger omkring nedbør i det direkte opland vil i de fleste tilfælde identisk med nedbørsmængden angivet i tabellen for vandløbsoplandet, men man bør være opmærksom, hvis projektområdet overlapper med flere DMI-grids.
2. Oplysninger omkring oplandets størrelse, andel af sandjord og dyrket areal bestemmes ved hjælp af SCALGO eller andre GIS-værktøjer.

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

**Formel:**  $N_{tab} = 1.131 * EXP(-9,97740 + 1,57207 * \ln(nedb\_kor\_mm) - 0,00504 * sand\_pct + 0,06681 * dyrkpct - 0,00046621 * dyrkpct^2)$

**Inddata:** Indtast

Nedbør  
 1 A= 968,12 mm  
 Andelen af sandjord i oplandet i %  
 S= 75 %  
 Andelen af dyrket areal i det direkte opland i %  
 2 D= 87 %  
 Oplandets<sup>2</sup> størrelse i ha  
 Areal= 59 ha

**Uddata:** Gennemsnitligt, årligt kg N-tab pr. ha opland  
 N<sub>tab</sub> = 19,5 kg N/ha  
 N-tab fra oplandet  
 TotN<sub>tab</sub> = 1149,8 kg N

Figur 2. Udklip fra fanen Tilførsel, hvor oplysninger for det direkte opland indtastes og den årlige, gennemsnitlige kvælstofudvaskning fra oplandet beregnes.

### Projektområdet

I tabellen indtastes oplysninger om arealanvendelsen i projektområdet, opgjort på en række kategorier. Arealopgørelsen foretages ved hjælp af GIS-værktøjer med udgangspunkt i gældende IMK-data fra Landbrugsstyrelsen.

1. Arealopgørelserne indtastes i tabellen *Inddata* for de på fem kategorier.
2. Erfaringstal for kvælstofudvaskningen indtastes i tabellen. Typiske udvaskningsintervaller for de forskellige kategorier ses til højre. Som oftest vil man anvende de angivne maksimaludvaskninger, som ses indtastet nedenfor.
3. Den samlede kvælstofudvaskning fra projektarealerne beregnes og opgøres med udgangspunkt i arealanvendelsen og erfaringstallene for udvaskningen.

<b>Projektområdet</b>			
<i>Landbrugsbidrag beregnes på baggrund af arealanvendelsen i projektområdet samt erfaringstal for N-udvaskning</i>			
<b>Inddata:</b>	Opgørelse af nuværende arealanvendelse	<b>N-udvaskning, erfaringstal, årlig gn.sn.</b>	interval
	Agerjord: 12,5 ha	agerjord inkl. brakjord 50 kg N/ha (ref. 1)	45-50
	Ager, brak: 2,4 ha	vedvarende græs 10 kg N/ha (ref. 1)	5-10
1	Vedv. græs: 4,7 ha	2 natur* 5 kg N/ha (ref. 1)	0-5
	Natur*: 13,9 ha	Befæstet areal 0 kg N/ha	
	Befæstet 0,2 ha	*Natur er bl.a. §3 områder som hede, natureng samt skov.	
	Sum 33,7 ha		
Ref. 1: Kortfattet vejledning til beregning af kvælstoffjernelse. Notat fra Skov- og Naturstyrelsen oktober 2005			
<b>Uddata:</b>	Beregnet årlig N-udvaskning		
	Agerjord: 625 kg N		
	Ager, brak: 120 kg N		
	Vedv. græs: 47 kg N		
	Natur: 70 kg N		
	Befæstet - kg N		
3	Sum =	862 kg N	

Figur 3. Udklip fra fanen *Tilførsel*, hvor arealanvendelsen i projektområdet indtastes og den årlige kvælstofudvaskning beregnes.

### Omsætning

I beregningsfanen *Omsætning* findes en række separate tabeller, hvor effektbidraget fra de forskellige kvælstofreducerende tiltag opgøres. Med kvælstofreducerende tiltag menes der projekttiltag, der bidrager til en kvælstofreducerende effekt gennem en ændring af de nuværende hydrologiske og anvendelsesmæssige forhold inden for projektområdet. Disse omfatter:

- *Oversvømmelse med vand fra vandløbsoplandet*
- *Overrisling/nedsivning med vand fra det direkte opland*
- *Ekstensivering af landbrugsdriften*
- *Sødannelse*

#### *Oversvømmelse med vand fra vandløbsoplandet*

I tabellen indtastes oplysninger omkring udbredelse, omfang og varigheden af vandløbsoversvømmelse inden for projektområdet. Vandløbsoversvømmelse kan opnås gennem tiltag i vandløbet: ved genslyngning af vandløbet og ved indsnævring af vandløbsprofilen eller bundhævning. Effekten af disse tiltag kan modelleres og beregnes, hvis man har aktuelle opmålinger af vandløbet til rådighed og har data omkring

historiske afstrømninger til rådighed. Modellering af vandløbsoversvømmelser kan foretages med programmer som VASP eller MIKE11.

1. Resultaterne fra modelleringen viser varighed (oversvømmelsesdage) og omfang (hektar oversvømmet) af vandløbsoversvømmelser. Ved at gange varigheden med omfanget får man de såkaldte hektardage for oversvømmelse. Kun arealer inden for en afstand af 100 m på hver side af vandløbet, kan tælle med i effektberegningen, ligesom oversvømmelserne højst kan have en varighed af 100 dage.
2. Omsætningsraten afhænger af koncentrationen af kvælstof i det vandløbsvand, der oversvømmer projektområdet. Hvis den årlige, gennemsnitlige kvælstofkoncentration i vandløbet ligger på 2-3 mg/l, vil omsætningsraten være 1 kg N/ha, mens raten ved koncentrationer over 5 mg/l vil være 1,5 kg N/ha. Med kendskab til antal hektardage for oversvømmelse og omsætningsraten, er det muligt at beregne den samlede kvælstoffjernelse ved oversvømmelse med vandløbsvand.

Oversvømmelse med vand fra vandløbsoplandet		
Beregnes ved anvendelse af oversvømmelsesarealet og -varighed gange en omsætningsrate - der kan indsættes flere rækker		
Inddata: Oversvømmelser:	Areal, ha <sup>1</sup>	Oversv. dage <sup>2</sup>
	4,2	2
<b>1</b>	2,3	1,2
	3,8	3
	2,1	6,2
Oversv. ha. dage, sum:	35,58 ha*døgn	
Omsætningsrate <sup>3</sup>	<b>2</b>	1,5 kg N/ha pr. døgn
<b>Uddata:</b> N-fjernelse =		<b>53 kg N</b>

<sup>1</sup>Der kan kun medregnes areal i en afstand < 100 m fra vandløbet

<sup>2</sup>Oversvømmelsens varighed må ikke overstige 100 dage

<sup>3</sup>N-konc. over 2-3 mg/l i årsgens. kan fjerne 1 kg N/ha  
N-konc. over 5 mg/l i årsgens. kan fjerne 1,5 kg N/ha  
Se vejledning s. 2.

Figur 4. Udklip fra fanen Omsætning, hvor den samlede kvælstofreduktion ved oversvømmelse med vandløbsvand opgøres.

#### Overrisling/nedsivning med vand fra det direkte opland

En betydelig kvælstoffjernelse kan opnås ved at bringe vand fra det direkte opland til overrisling og nedsivning i projektområdet. Dette kan eksempelvis ske ved at føre dræn eller grøfter, der afvander det direkte opland, til terræn, hvormed drænvandet vil overrisle projektarealerne, fremfor at løbe direkte ud i vandløb og grøfter.

1. Data for kvælstoftilførslen fra det direkte opland til projektområdet hentes automatisk fra fanen *Tilførsel*, hvor informationer for det direkte opland er indtastet.
2. Kvælstofomsætningen afhænger af forholdet mellem kvælstofbelastningen (tilførslen) og den hydrauliske belastning (oplandsstørrelse/afstrømning). Det anbefales, at forholdet mellem oplandets størrelse og overrislingsarealet ikke overstiger 30, da kvælstofomsætningen da vil blive reduceret.

Overrisling/nedsivning med vand fra det direkte opland	
Beregnes med en omsætningsandel af tilførslen fra det direkte opland	
<b>Inddata:</b> Tilførsel fra det direkte opland (ark 1)	1 1.150 kg N
Kvælstofomsætning ved overrisling/nedsivning	2 50 %
<b>Uddata:</b> N-fjernelse =	575 kg N

Der kan som udgangspunkt fjernes 50% N, hvor den hydrauliske kapacitet og kvælstofbelastningen står i rimelig forhold til hinanden. Ved stor infiltration kan der omsættes over 50%, hvilket kræver en særskilt forklaring.

Figur 5. Udklip fra fanen Omsætning, hvor den samlede kvælstofreduktion ved overrisling med vand fra det direkte opland opgøres.

### Ekstensivering af landbrugsdriften i projektområdet

Ved ekstensiveringen af landbrugsarealerne i projektområdet vil der ske en kvælstofreduktion, som følge af den reducerede udvaskning fra arealerne, da disse ikke længere vil modtage husdyr- eller kunstgødning og jordbearbejdningen på arealerne ophører. Der vil dog fortsat være forekomme kvælstofudvaskning fra arealerne, men denne vil være markant mindre end under den tidligere landbrugsdrift.

1. Den nuværende kvælstofudvaskning fra projektområdet hentes automatisk fra fanen *Tilførsel*, hvor den nuværende arealanvendelse og arealstørrelse er opgjort for de på fem kategorier.
2. Kvælstofudvaskningen fra projektarealet efter ekstensivering forventes at ligge inden for intervallet 0-5 kg N/ha, og det er derfor muligt at beregne den fremtidige udvaskning fra projektområdet. Ved at fratække den fremtidige udvaskning fra den nuværende, vil projektets kvælstofreduktion ved ekstensivering kunne beregnes.

Ekstensivering af landbrugsdriften i projektområdet	
<b>Inddata:</b> Beregnet udvaskning fra nuværende landbrugsdrift (ark 1)	1 862 kg N
Beregnet udvaskning fra fremtidigt naturområde	
Projektområde:	1 33,7 ha
Udvaskning:	2 5 kg N/ha 0-5 kg N/ha
Samlet udvaskning =	169 kg N
<b>Uddata:</b> Ekstensivering af landbrug =	693 kg N

Figur 6. Udklip fra fanen Omsætning, hvor den samlede kvælstofreduktion ved ekstensivering opgøres.

### Sømodellen

Beregning af projektets kvælstofreduktion ved sødannelse foretages i et separat faneblad *Sømodellen*, hvor det ved hjælp af to forskellige beregningsmetoder er muligt at estimere kvælstofreduktion i søer. Anvendelse af modellerne afhænger af, hvilke hydrologiske baggrundsdata man har tilgængelig i projektet.

**Metode 1** anvender data om tilførsel fra oplandet, og kræver kendskab til søens rumfang (V) og hvor stor en andel af vandløbets vandføring, der ledes til søen. Ud fra disse data vil det være muligt at beregne vandføring/tilførsel (Q), vandets opholdstid i søen ( $T_w$ ), kvælstofretention (Nret), kvælstoftilførsel fra vandløbsoplandet og den samlede kvælstofreduktion i søen.

**Metode 2** anvender data om målt kvælstofudvaskning og vandføring i vandløbet, og kræver kendskab til søens rumfang ( $m^3$ ), middelvandtilførslen (Q) og kvælstoftilførslen til søen. Ud fra disse data er det muligt at beregne vandets opholdstid i søen ( $T_w$ ) og kvælstofretention (Nret).

I eksemplet nedenfor er der, for sammenlignighedens skyld, indtastet ens data i tabellerne for de to metoder. I projektsammenhæng kan man kun anvende én af metoderne til effektberegningen for søer.

Metode 1.			
$N_{ret} (%) = 42,1 + 17,8 \times \log_{10}(T_w)$			
$N_{ret}$ = kvælstoffjernelsen i procent			
$T_w = V/Q$ , vandets opholdstid pr år			
V, søens rumfang	75000	m <sup>3</sup>	
Vandløbets vandføring	0,030244007	m <sup>3</sup> /sek	Beregnet fra fanebladet "Tilførsel"
Vandtilførsel til sø <sup>1</sup>	10	%	<sup>1</sup> Her angives hvor stor en %-del af vandløbets vandføring der tilføres søen -
Q, middel vandføring til sø	0,003024401	m <sup>3</sup> /sek	hvis hele vandløbet ledes gennem søen, angives 100%
$T_w$	=	0,786348982	år (T <sub>w</sub> skal være minimum 0,019 svarende til 7 døgn)
Nret (%)	=	40	%
N tilførsel til sø <sup>2</sup>		346	kg N <sup>2</sup> Beregnet fra N-tab fra vandløbsoplandet, overført fra tilførselsskemaet samt vandtilførsel
<b>N-reduktion i søen</b>		<b>139</b>	<b>kg N</b>
Metode 2.			
$N_{ret} (%) = 42,1 + 17,8 \times \log_{10}(T_w)$			
$N_{ret}$ = kvælstoffjernelsen i procent			
$T_w = V/Q$ , vandets opholdstid pr år			
V, søens rumfang	75000	m <sup>3</sup>	
Q, middel vandføring	0,003024401	m <sup>3</sup> /sek	
$T_w$	=	0,786348978	år (T <sub>w</sub> skal være minimum 0,019 svarende til 7 døgn)
Nret (%)	=	40	%
N tilførsel til sø		346	kg N
<b>N-reduktion i søen</b>		<b>139</b>	<b>kg N</b>

Figur 7. Udsnit fra fanen Sømodellen, hvor det ved hjælp af to forskellige beregningsmetoder er muligt at estimere kvælstofeffekten ved etablering af søer.

#### Vådområdeprojektets samlede N-reduktion

I tabellen opgøres de beregnede kvælstofreduktioner for de forskellige virkemidler, og data fra de forskellige udregningstabeller overføres til tabellen. Resultatet er én samlet og en arealspecifik kvælstofreduktion for projektet.

Vådområdeprojektets samlede N-reduktion	
Oversvømmelse med vandløbsvand:	53 kg N
Reduktion i bidrag fra direkte opland:	575 kg N
Ekstensivering af landbrug:	693 kg N
Sødannelse - Metode 1	139 kg N
Sødannelse - Metode 2	- kg N
<b>TOTAL:</b>	<b>1.460 kg N</b>
Projektareal:	34 ha
<b>N-red. pr ha proj.område:</b>	<b>43 kg N/ha</b>

Figur 8. Udsnit fra fanen Omsætning, hvor projektets samlede kvælstofreduktion opgøres.