

Genetablering af Hund sø - Notat om N-balance for projektet

Oktober 2011

Bilag 11.4

Notat om N-balance for et udvidet projektområde på i alt ca. 97 ha.

Udarbejdet til brug for ansøgning om tilskud til genetablering af Hund sø i Morsø Kommune.

Morsø Kommune har på et teknikermøde mandag, den 18. juli 2011 udtrykt ønske om genberegning af kvælstofomsætningen ved genetablering af Hund sø med et justeret og nærmere angivet projektområde på i alt 96,59 ha, som er defineret ved tabelfiler i MapInfo fremsendt til undertegnede på mail, den 18. juli 2011. Genberegningen ønskes beskrevet i et kort notat vedlagt de ved genberegningen anvendte regneark. Der anvendes ligeledes regnearket på følgende link: http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/7CCA0E89-4D67-4ABA-BA90-777B8D19293E/122314/N_beregning_NST_2011ver2.xls med de relevante inddata og uddata.

Genberegningerne er drøftet telefonisk, den 10.10.2011. Beregningerne af kvælstoftilbageholdelsen skal angive både den totale mængde og antal kg N/pr. ha/år med udgangspunkt i det reviderede projektareal. Der skal både redegøres for beregningsmodel og andre beregningsforudsætninger. Grundlaget er beskrevet i den seneste udgave af "Drejebog" for projektrealisering, dateret den 14.10.11. "Drejebogen" redegør for afvigelser i projektet, som ønskes i forhold den tekniske forundersøgelse. Ud over udvidelsen af projektområdet er der visse andre elementer, som kan have betydning for N-beregningerne:

Sammendrag.

Genberegninger af stofomsætningen i et udvidet projektområde kan kort fortalt opgøres til en kvælstoftilbageholdelse på 13,4 tons N/år, hvilket svarer til en årlig kvælstoftilbageholdelse på 138 kg N/ ha projektområde.

Tabel 1. Kvælstoftilbageholdelse ved genetablering af Hund sø med beregnet og skønnet opgørelse for dels kort og dels længere anlægsperiode (trinvis søetablering).

Genetablering af Hund sø i Morsø Kommune	Kg N pr. år	Kg N pr. år
Vådområdeprojekt	Kort	Lang
83,15 ha syd for kongevejen	anlægsperiode	anlægsperiode
13,44 ha nord for kongevejen	med stedfindende	med trinvis
	søetablering	søetablering
Områdets nuværende nettobelastning	3.967	3.967
Udvaskning	483	483
Kvælstoffjernelse, netto	9.883	11.133
Netto kvælstoffjernelse, i alt	13.367	14.617
Netto kvælstoffjernelse, i alt pr. ha	138	151

Ved en eventuelt valgt trinvis retablering af søen kan den beregnede kvælstoffjernelse, der er baseret på erfaringsdata, vise sig at være væsentligt underestimeret. Ud fra et forsigtigt

Genetablering af Hund sø - Notat om N-balance for projektet

Oktober 2011

skøn anslås, at der ved en trinvis retablering af søarealerne, som foreslået i forundersøgelsen, vil kunne opnås en øget kvælstoftilbageholdelse på i størrelsesordenen 1,25 tons N/år svarende til ca. 13 kg N/ha projektområde. Arbejdstidsplanen for nødvendige anlægsarbejder er i forundersøgelsen sept. 2010 overordnet opstillet med en anlægsperiode, som strækker sig over 1-5 år. Anlægs- og finansieringsudgifter ved en trinvis gennemførelse henholdsvis en straks gennemførelse kan vise sig forskellige. Anlægsperiode og udbudsforskrifter kan derfor planlægges efter og i henhold til den godkendte kvælstofbalance for det udvidede projektområde, jf. ovenstående tabel 1.

Arealopgørelser for kvælstofbalancer

På baggrund af forundersøgelsesrapporten, sept. 2010 og rapportbilagene 1.5, 4.2, 5.1, 6.0 og 10.0 er udarbejdet arealopgørelser for et udvidet projektområde på i alt 96,59 ha. Arealopgørelser fremgår af et kortbilag, se Bilag11.4_Kortbilag 1: N-tilførsel og N-omsætning.

Tabel 2. Vandløbsopland og direkte opland ved genetablering af Hund sø henholdsvis syd og nord for Kongevejen.

Genetablering af Hund sø i Morsø Kommune	Ha	Ha
Våd områdep rojekt	Syd for Kongevejen 83,15	Nord for Kongevejen 13,44
Vandløbsopland til sø	79	248
Direkte opland til engene		26
Sejerslev	129	
Ejerslev og V. Hunderup	113	
Deloplande i alt	321	274

Tabel 3. Infiltrationsarealer for tilstrømningen fra det direkte opland ved genetablering af Hund sø henholdsvis syd og nord for Kongevejen.

Genetablering af Hund sø i Morsø Kommune	Ha	Ha
Våd områdep rojekt	Syd for Kongevejen 83,15	Nord for Kongevejen 13,44
Infiltrationsarealer for tilstrømning		2,50
Sejerslev	5,48	
Ejerslev og V. Hunderup	13,15	
Infiltrationsarealer i alt	18,63	2,50

Vandløbsopland og direkte opland til projektområdets engarealer samt infiltrationsarealer for tilstrømning fra oplandet fremgår af arealopgørelsen og er vist i tabel 2 og 3.

Genetablering af Hund sø - Notat om N-balance for projektet

Oktober 2011

Kvælstofbalancer og -beregninger mv. - Beregningsforudsætninger

Da der ikke foreligger direkte målinger i oplandet beregnes kvælstof- og vandbalancen for projektets nedsivnings- og udstrømningsområde ved opstilling af en simpel vandbalanceligning. Vandbalancen, der anvendes i beregninger af kvælstoftilførsel og -transporter i nedsivnings- og udstrømningsområdet for Hund sø kan beskrives i henhold til forundersøgelsen, rapportens tabel 2.4.3.

Tabel 2.4.3. Opstilling af indledende vandbalance for nedsivnings- og udstrømningsområdet for Hund sø vådområdeprojekt.

Vandbalance	$N = E_{akt} + A_O + A_U + \Delta R$
	N er den til jordoverfladen korrigerede nedbør
	E_{akt} er den aktuelle fordampning
	A_O er afstrømning fra nedbørsområdet via overfladisk afstrømning (vandløb, dræn og grundvand)
	A_U er eventuel udsivning eller indsivning af dybere grundvand fra/til nedbørsområdet
	ΔR magasinled, som der kan bortses fra ved brug af hydrologiske data over længere tidsperioder (10 år)
1	Nedbør i oplandet er ca. 760 mm (DMI perioden 1961-90, Klimagrid 20024)
2	Korrigeret nedbør i oplandet er 760 mm + 20 % = ca. 912 mm (N)*
3	Aktuel fordampn. I oplandet er 435 mm (jf. 4 jyske oplande, gns. Perioden 1968-87) (E_{akt})
4	Der foreligger ikke registreringer som gør det muligt at sætte tal på A_U
5	ΔR sættes lig 0
A_O	Regnoverskud kan beregnes til ca. 912-435 mm = 477 mm

*Jf. Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Technical Report 98-10, DMI, Peter Allerup, Henning Madsen og Flemming Vejen, København 1998. /12/

Vandbalancen for nedsivningsområdet er 0,7 x nettonedbøren og opgjort til 334 mm (0,7 x regnoverskuddet beregnet til 477 mm, som vist i tabel 2.4.3).

Jordbundsforholdene i oplandet og i projektområdet indgår som beregningsforudsætninger og er beskrevet i forundersøgelsen, afsnit 2.8, se endvidere bilag 6.0. Jordbundsundersøgelser har vist, at udbredelsen af tørvejord i projektområdet er større, end antydnet i Den danske Jordklassificering.

Jordbunds- og okkerforhold tillige med de opgjorte infiltrationsarealer i området er vist i Bilag11.4_Kortbilag 2: Jordbund og Okkerkortlægning. På baggrund af jordbundsoplysningerne og -analyserne vurderes det, at størstedelen af projektområdet og infiltrationsarealerne har et metertykt eller et tyndt lag tørvejord og/eller er udpeget som områder med stor risiko for okkerudledning (klasse I) eller ingen risiko for okkerudledning (klasse IV).

N-tilførsler beregnes ved at prediktere det gennemsnitlige årlige kvælstoftab ud fra vandbalancen, andelen af dyrket areal og andelen af sandjord i nedsivningsområdet /16/.

Beregningsparametre i henhold til forundersøgelsen:

Projektområde syd for Kongevejen: Oplandet er 321 ha. Dyrkningsprocent i oplandet er 86,1. Sandjordsprocent i oplandet er 1,3.

Projektområde nord for Kongevejen: Oplandet er 274 ha. Dyrkningsprocent i oplandet er 77,3. Sandjordsprocent i oplandet er 41.

Genetablering af Hundsø - Notat om N-balance for projektet

Oktober 2011

N-tilførsel.

Det gens. årlige kvælstoftab pr. hektar nedsivningsområde (N_{tab}) predikteres ud fra vandbalancen for nedsivningsområdet (A i mm), andelen af dyrket areal i nedsivningsområdet (D i %) og andelen af sandjord i nedsivningsområdet (S i %):

Ved følgende udtryk: $N_{\text{tab}} = 1,124 * \text{EXP}(-3,080 + 0,758671 * \text{LN}(A) - 0,0030 * S + 0,0249 * D)$

Projektområdet syd for Kongevejen

Vandløbsoplandet på 79 ha har et gens. årligt N-tab på 35,9 kg N/ha. N-tab fra oplandet er jf. bilag 11.4_Regneark_syd er 2.839 kg N.

Direkte opland på 242 ha har et gens. årligt N-tab på 35,9 kg N/ha. N-tab fra oplandet er jf. bilag 11.4_Regneark_syd er 8.696 kg N.

Projektområdet nord for Kongevejen:

Vandløbsoplandet på 248 ha har et gens. årligt N-tab på 25,6 kg N/ha. N-tab fra oplandet er jf. bilag 11.4_Regneark_nord er 6.355 kg N.

Direkte opland på 26 ha har et gens. årligt N-tab på 25,6 kg N/ha. N-tab fra oplandet er jf. bilag 11.4_Regneark_nord er 666 kg N.

Det samlede kvælstoftab i oplandet til projektområdet bliver således

Syd for Kongevejen: 321 ha á 35,9 kg N/ha/år = 11.535 kg N/år

Nord for Kongevejen: 274 ha á 25,6 kg N/ha/år = 7.021 kg N/år

Oversigt over kvælstoftabet er gengivet i tabel 4.

Tabel 4. *Kvælstoftab fra vandløbsopland og direkte opland ved genetablering af Hundsø henholdsvis syd og nord for Kongevejen.*

Genetablering af Hundsø i Morsø Kommune	Kg N/år	Kg N/år
Vådrområdeprojekt	Syd for Kongevejen	Nord for Kongevejen
Vandløbsopland til sø	2.839	6.355
Direkte opland til engene Sejerslev Ejerslev og V. Hunderup	8.696	666
Deloplande i alt	11.535	7.021
Hele projektområdet under ét	18.556	

Nettotab fra projektområdet som følge af gødskning og dyrkning er ud fra den nuværende arealanvendelse og erfaringstal for gennemsnitlig årlig udvaskning beregnet til ca. 41 kg N/ha eller i alt 3.967 kg N/år.

Genetablering af Hundsø - Notat om N-balance for projektet

Oktober 2011

N-omsætning.

Ved etablering af vådområdet tilføres kvælstofholdigt vand fra oplandet. Ved dannelsen af mere eller mindre vandmættede forhold i området vil der skabes gunstige betingelser for en kvælstoffjernelse ved denitrifikation. Denitrifikationen er en mikrobiel proces, hvor primært nitrat reduceres til luftformigt kvælstof under omsætning af organisk stof (tørv). Andre forbindelser såsom pyrit (FeS_2) kan også omsættes i forbindelse med denitrifikationen. For at optimere kvælstoffjernelsen i området er det derfor vigtigt med en fordeling af det gennemstrømmende/ infiltrerende nitrat holdige vand, samt med en tilstedeværelse af organisk stof alternativt pyrit.

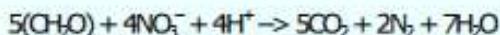
Box 1. *TEMA-rapport fra DMU, 13/1997, Næringsstoffer – arealanvendelse og naturgenopretning: Box 9*

Box 9. Naturens selvrensning

Naturen kan selv hjælpe med at tage toppen af kvælstofforureningen ved den fjernelse af kvælstof som hele tiden sker i jord og vand. Kvælstof fjernes ved denitrifikation, hvor nitrat under iltfrie forhold ved en biologisk eller kemisk proces, omdannes til frit kvælstof, der afgasser til luften.

Biologisk denitrifikation

Organisk stof + nitrat + hydrogen ioner \rightarrow bakterier \rightarrow
kuldioxid + luftformig kvælstof + vand



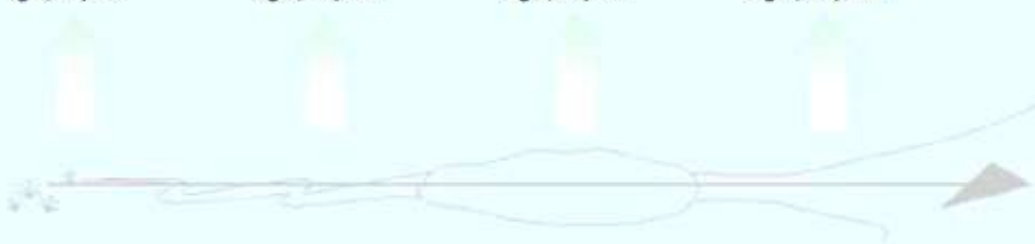
Kemisk denitrifikation

Pyrit + nitrat + vand \rightarrow bakterier \rightarrow
luftformig kvælstof + jernforbindelse + sulfat + hydrogen ioner



Fjernelsen af kvælstof sker hele tiden i forbindelse med vandets passage gennem våde enge, vandløb, søer og fjorde. Mængden af kvælstof, som kan fjernes, afhænger bl.a. af, hvor lang tid vandet opholder sig det enkelte sted (f.eks. i engen), og hvor store områder der er med iltfrie forhold.

Våde enge	Vandløb	Søer	Fjorde
32-2100	50-700	65-220	20-550
kg N/ha pr. år	kg N/ha pr. år	kg N/ha pr. år	kg N/ha pr. år



Genetablering af Hundsø - Notat om N-balance for projektet

Oktober 2011

Beregningen af kvælstoffjernelsen i nærværende projekt er baseret på vurderinger af kvælstoffjernelsen dels ved gennemsivning af nitratholdigt vand fra det direkte opland til vådområdets infiltrationsarealer og dels ved tilbageholdelsen i søen henholdsvis syd for og nord for Kongevejen. Desuden indgår der den del der fjernes ved ekstensivering af landbrugsdriften indenfor projektarealet.

For at kunne opfange en stor del af det vand, og dermed den mængde kvælstof der kommer fra det direkte opland, skal der opfyldes grøfter og brydes dræn indenfor projektområdet. Ved at gøre dette, og samtidig hæve den generelle vandstand i området, kan man øge vandets transportvej betragteligt, fra vandet løber ind i området, og til det når vandløbet/ søen.

Ud fra de feltundersøgelserne af jordbundsforholdene er det vurderingen, at den tørverige øverste del af jordbunden, forekommende pyritholdige jordlag samt den fremtidige vegetation, tilsammen vil kunne levere tilstrækkelig organisk materiale til kvælstoffjernelsesprocessen.

Til vurderingen af potentialet for kvælstoffjernelse er det direkte opland opdelt i mindre deloplande, jf. forundersøgelserapporten. Deloplandene er blevet nummereret fra 1-15 og ved genetablering af Hundsø er skitseret genåbning af rørlagte hoveddræn og placering af slyngede åbne vandløb, der skal fungere som "sivegrøfter", hvorfra afstrømningen fra det drænedede opland bedst muligt fordeles på i alt ca. 21 ha infiltrationsarealer.

For hvert af de respektive deloplande er de potentielle placeringer og størrelser af kommende infiltrationsområder opgjort og indtegnet på et arbejdskort. Deloplandene er herefter opdelt/samlet i 2 puljer, se Bilag11.4_Kortbilag 1. Deloplandene (1, 2, 4, 5 og 6) i Ejerslev og V. Hunderup er på i alt 113 ha og arealudbredelsen af tilhørende potentielle infiltrationsområder udgør ca. 13 ha. Deloplandene (7, 8, 9, 10 og 11) i Sejerslev er på i alt 129 ha og arealudbredelsen af tilhørende potentielle infiltrationsområder udgør ca. 5½ ha. De nordlige deloplande (12 og 14) er på i alt 26 ha og arealudbredelsen af tilhørende potentielle infiltrationsområder udgør ca. 2½ ha.

Disse er præsenteret på de udarbejdede kortbilag til denne genberegning af kvælstofbalance for et udvidet projektområde.

For hvert delområde er der beregnet hvor stor vand- og kvælstofmængde, der vil komme til det potentielle infiltrationsområde. Ligeledes er arealudbredelsen af infiltrationsområderne opgjort, hvorved en vurdering af reduktionskapaciteten kan sandsynliggøres ved at betragte den hydrauliske belastning af hvert infiltrationsområde (givet ved $l/m^2/dag$) samt den potentielle kvælstoffjernelse (givet ved $kg\ N/ha/år$).

Ifølge retningslinjerne på vandprojekter.dk bør den resulterende hydrauliske belastning af infiltrationsområdet ikke overstige $30-50\ l/m^2/dag$ og den potentielle fjernelse ikke overstige $300-500\ kg\ N/ha/år$. Tallene for vurderingen af infiltrationskapaciteten indgår i beregningsbilaget.

Genetablering af Hund sø - Notat om N-balance for projektet

Oktober 2011

For deloplandene 1, 2, 4, 5, 6 er den gens. hydrauliske belastning 8,6 ha opland/ ha infiltrationsareal (max 18 ha opl./ha). Afstrømning på 334 mm giver en gens. hydraulisk belastning af infiltrationsarealer på ca. 8 l/m²/dag. For deloplandene 7, 8, 9, 10, 11 er den gens. hydrauliske belastning 23,5 ha opland/ ha infiltrationsareal (max 29 ha opl./ha). Afstrømning på 334 mm giver en gens. hydraulisk belastning af infiltrationsarealer på ca. 22 l/m²/dag. For deloplandene 12, 14 er den gens. hydrauliske belastning 10,4 ha opland/ ha infiltrationsareal. Afstrømning på 334 mm giver en gens. hydraulisk belastning af infiltrationsarealer på 10 l/m²/dag.

Skøn over kvælstofomsætning er foretaget således:

129 ha oplande i Sejerslev sogn infiltreres på 5,5 ha enge.	N-osætning på 55 %
113 ha oplande i Ejerslev/ Hunderup infiltreres på 13,2 ha enge.	N-osætning på 85 %
26 ha oplande ved Kongevejen infiltreres på 2,5 ha enge.	N-osætning på 85 %

Det skønnes, at engene syd for Kongevejen i gens. fjerner 69 % af det tilladte kvælstof, mens 31 % af kvælstoffet transporteres videre og ud i søen. Nord for Kongevejen påregnes, at engene i gens. fjerner 85 % af kvælstoffet, mens 15 % af kvælstoffet transporteres videre og ud i søen.

Den årlige kvælstoftransport til søen syd for Kongevejen er opgjort til 5.534 kg N/år og den årlige kvælstoftransport til søen nord for Kongevejen er opgjort til 6.455 kg N/år.

Kvælstoftilbageholdelse i projektområdet

Kvælstoftilbageholdelsen på engene beregnes som 69 % af det tilførte syd for Kongevejen og 85 % af det tilførte nord for Kongevejen, hvilket sammenlagt andrager 6.567 kg N.

Kvælstofretentionen i søen skønnes ud fra vandgennemstrømningen og vandets opholdstid. Erfaringsmæssige estimater for tilbageholdelsen af kvælstof i en ferskvandssø, $N_{ret}(\%)$, kan beregnes som $N_{ret}(\%) = 42,1 + 17,8 \cdot \log_{10}(\sqrt{t_w})$, hvor t_w er vandets opholdstid eller vandskiftet pr. år, hvilket er 0,937 (opholdstid er 341 dage) syd for Kongevejen og 0,0216 (opholdstid er over 7 dage) nord for Kongevejen.

Den tilførte kvælstofmængde til søerne er ovenfor beregnet til 11.989 kg N/år. Den samlede kvælstoftilbageholdelse på de vanddækkede arealer kan beregnes som

- 42,0 % af 5.534 kg N, hvilket er 2.302 kg N/år.
- 15,7 % af 6.455 kg N, hvilket er 1.014 kg N/år.

Endvidere kalkuleres med, at det nuværende nettotab som følge af gødskning i projektområdet på 3.967-483 kg N/år ophører. En opgørelse af projektets kvælstofbalance (kort anlægsperiode) er vist i tabel 5.

Konsekvensen af at realisere vådområdeprojektet kan med hensyn til N-balance således opgøres til i alt ca. 13,3 tons N/år. Reduceres kvælstofudledningen med i alt 13.367 kg N/år efter projektets gennemførelse, svarer dette til en årlig tilbageholdelse på 138 kg N/ha projektområde eller mere.

I henhold til forundersøgelsesrapporten, jf. blandt andet afsnit 4.4 & 4.6, kan forventes såvel væsentligt forbedrede vandkvalitetsforhold som en forbedret kvælstoffjernelse i Hund sø, såfremt projektgennemførelsen foregår i flere trin. Vælges en trinvis retablering af

Genetablering af Hund sø - Notat om N-balance for projektet

Oktober 2011

søarealerne over 1-5 år, således at vandstandshævningen tilrettelægges efter graden af brunfarvning mv. i søens første leveår, vil betingelserne for den ønskede stofomsætning kunne optimeres.

Den ovenfor beregnede kvælstoffjernelse, der er baseret på erfaringsdata, kan vise sig at være væsentligt underestimeret. Ud fra et forsigtigt skøn anslås, at der ved en trinvis retablering af søarealerne, som foreslået i forundersøgelsen, vil kunne opnås en øget kvælstoftilbageholdelse på i størrelsesordenen 1,25 tons N/år svarende til ca. 13 kg N/ha projektområde. Anlægs- og finansieringsudgifter ved en trinvis gennemførelse henholdsvis en straks gennemførelse kan vise sig forskellige. Anlægsperiode og udbudsforskrifter ved projektrealiseringen kan derfor planlægges efter at tilgødese flest mulige miljøsensyn og i henhold til den godkendte kvælstofbalance for det udvidede projektområde, jf. nedenstående tabel 5.

Tabel 5. *Kvælstoftilbageholdelse ved genetablering af Hund sø med beregnet og skønnet opgørelse for dels kort og dels længere anlægsperiode (trinvis søetablering).*

Genetablering af Hund sø i Morsø Kommune	Kg N pr. år	Kg N pr. år
Vådområdeprojekt 83,15 ha syd for kongevejen 13,44 ha nord for kongevejen	Kort anlægsperiode med stedfindende søetablering	Lang anlægsperiode med trinvis søetablering
Områdets nuværende nettobelastning	3.967	3.967
Udvaskning	483	483
Kvælstoffjernelse, netto	9.883	11.133
Netto kvælstoffjernelse, i alt	13.367	14.617
Netto kvælstoffjernelse, i alt pr. ha	138	151

Til denne beskrivelse hører endvidere følgende kort- og tekstbilag:

Bilag11.4_Kortbilag 1	N-tilførsel og N-omsætning	kort 1: 1.800 A4 pdf
Bilag11.4_Kortbilag 2	Jordbund/ Okkerkortlægning	kort 1: 7.000 A3 pdf
Bilag11.4_Regneark_syd	Beregning af omsætning syd for Kongevejen, 3 sider	
Bilag11.4_Regneark_nord	Beregning af omsætning nord for Kongevejen, 3 sider	