

DYRKNING AF PALUDIKULTURER

EFFEKT PÅ KLIMA, MILJØ OG NATUR



DYRKNING AF PALUDIKULTURER

EFFEKT PÅ KLIMA, MILJØ OG NATUR

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	DYRKNING AF PALUDIKULTURER - EFFEKT PÅ KLIMA, MILJØ OG NATUR	4
1.1	KLIMAEFFEKT	5
1.2	TØRVEJORDENE SYNKER	7
1.3	PALUDIKULTURER ANLAGT I DANMARK I 2020	9
1.4	STORE VILDMOSE.....	9
1.5	OBSERVATION AF DUNHAMMERE VED VEJRUMBRO VED FOULUM	15
2	DYRKNINGSEGNED AFGRØDER PÅ VÅDLAGTE AREALER.....	17
2.1	PALUDIKULTUR MED GRÆSSER	17
2.2	PALUDIKULTUR MED ELLETRÆER OG NATURLIG TILGRONING.....	18
3	PALUDIKULTUR MED DUNHAMMERE	21
3.1	ANVENDELSESOMRÅDER	21
3.2	ARTER OG ETABLERING	22
3.3	GØDSKNING OG NÆRINGSSTOFFJERNELSE	28
3.4	PLANTEBESKYTTELSE.....	28
3.5	UDBYTTE, NÆRINGSSTOFFJERNELSE.....	29
3.6	KVALITET	30
3.7	ØKONOMI.....	30
3.8	GRUNDBETALING.....	32
4	PALUDIKULTUR MED RØRGRÆS	33
4.1	ANVENDELSESOMRÅDER	33
4.2	ARTER OG ETABLERING	34
4.3	GØDSKNING OG NÆRINGSSTOFFJERNELSE	35
4.4	PLANTEBESKYTTELSE.....	35
4.5	SLÆT.....	35
4.6	UDBYTTE OG KVALITET.....	36
4.7	LAGRING OG TRANSPORT	37
4.8	ØKONOMI.....	37

4.9	GRUNDBETALING.....	40
5	PALUDIKULTUR MED STRANDSVINGEL	40
5.1	ANVENDELSESOMRÅDER	40
5.2	ARTER OG ETABLERING	41
5.3	GØDSKNING OG NÆRINGSSTOFFJERNELSE	42
5.4	PLANTEBESKYTTELSE.....	42
5.5	SLÆT.....	42
5.6	UDBYTTE OG KVALITET.....	43
5.7	LAGRING OG TRANSPORT	44
5.8	ØKONOMI.....	44
5.9	GRUNDBETALING.....	47
6	PALUDIKULTUR MED TAGRØR.....	47
7	PERSPEKTIVER	48
7.1	PALUDIKULTUR I LANDSKABET SOM BUFFERZONER MELLEM PRODUKTION OG NATUR.....	48
7.2	NATUR.....	49
7.3	HØST AF PALUDIKULTURER	49
8	KONKLUSION, UDFORDRINGER OG MULIGHEDER.....	51
8.1	PALUDIKULTUR SOM BUFFERZONE	51
8.2	PALUDIKULTUR SOM NATURGENOPRETNING OG ET MERE DIVERS LANDSKAB.	51
8.3	ØKONOMI OG ØGET BEHOV FOR VIDEN	51
9	ET DILEMMA.....	52
10	INFORMATIONSMATERIALE OM DYRKNING AF PALUDIKULTURER I UDLANDET	53
11	REFERENCER	54

Forfattere

Frank Bondgaard. SEGES Innovation
Ditte Olsen. SEGES Innovation
Lars Villadsgaard Toft. SEGES Innovation
Niels Østergaard. SEGES Innovation

Tak for al hjælpen til

Jens Erik Bonderup. Aarhus Universitet, Foulum
Kristian Laustsen, COWI
Mogens Greve. Aarhus Universitet, Foulum
Ole Hyttel. Naturstyrelsen. Interreg CANAPÉ projektet
Peter Hahn. Naturstyrelsen. Interreg CANAPÉ projektet
Poul Erik Lærke. Aarhus Universitet, Foulum
Tobias Berthel Nielsen. Fredericia kommune
Stig Oddershede. DLF

Foto

Frank Bondgaard. SEGES Innovation
Ole Hyttel. Naturstyrelsen
Jens Erik Bonderup. Aarhus Universitet Foulum
Jeroen Pijlman, Radboud University Nijmegen i Holland
Jeroen J. M. Geurts, Radboud University Nijmegen i Holland.
Jørgen Kaarup, Straatagets Kontor.
Kerstin Berglund, Sveriges Landbrugs Universitet
Kate Carver og Lorna Parker, Great Fen Project Manager i England
Kristian Laustsen, COWI
Ole Hyttel. Naturstyrelsen
Stig Oddershede. DLF
Ukendt fotograf

Grafik og figurer

Mogens Greve. Aarhus Universitet, Foulum
Jurasinski et al 2016. Modified by Tanneberger et al I 2020
Gyldenkerne (2021), baseret på data af Tiemeyer et al. (2020) og IPCC (2014).

1 DYRKNING AF PALUDIKULTURER - EFFEKT PÅ KLIMA, MILJØ OG NATUR

Paludikultur dyrkes på vådlagte lavbunds- og tørvejorde. Dyrkningsmetoden har positive klima-, miljø- og naturmæssige effekter. Paludikulturer kan blandt andet producere protein og energi og bruges som isoleringsmateriale.

Paludikultur er dyrkning af vådlagte lavbunds- og tørvejorde med fugtighedstolerante græsser og træer. Traditionelle enårige landbrugsafgrøder kan ikke anvendes i paludikultur. Afgrøder velegnet til paludikultur er flerårige og kan ofte ikke anvendes direkte som foder og fødevarer. Dyrkningsmæssigt kan paludikulturer være med til at danne bufferzoner mellem de dyrkede arealer og naturen, da de er i stand til at optage tabte næringsstoffer. Dette kan sikre, at der ikke kommer næringsstofrigt vand ind i naturområder, der skal beskyttes.

Dyrkningsmetoden har positive klima-, miljø- og naturmæssige effekter. Biodiversiteten vurderes til at være højere i paludikultur sammenlignet med traditionel landbrugsdrift, der omfatter enårige afgrøder i omdrift. Derimod forventes mindre biodiversitet sammenlignet med et traditionelt vådområde, da paludikultur primært omfatter produktive flerårige monokulturer.

Forskellige paludikulturer kan producere protein, energi, varme, flybrændstof, bæredygtige genanvendelige forbrugsgoder samt anvendes til isolerings- og byggematerialer. Dyrkningsformen kan være med til at skabe nye lokale grønne arbejdspladser i hele Danmark.

På dansk kunne paludikultur kaldes sumpdyrkning. Palus eller paludi betyder sump, mose eller svamp på latin. Dyrkning af tagrør til tækning er en gammelkendt dyrkningsmetode af paludikultur. Ellesump, der også kan kaldes paludikulturer, er en næringsrig mose, hvor der i fortiden blev udført stævningsdrift til blandt andet indhegning af husdyr.



Isoleringsmateriale lavet af dunhammer i Tyskland. Foto: Frank Bondgaard, SEGES Innovation.

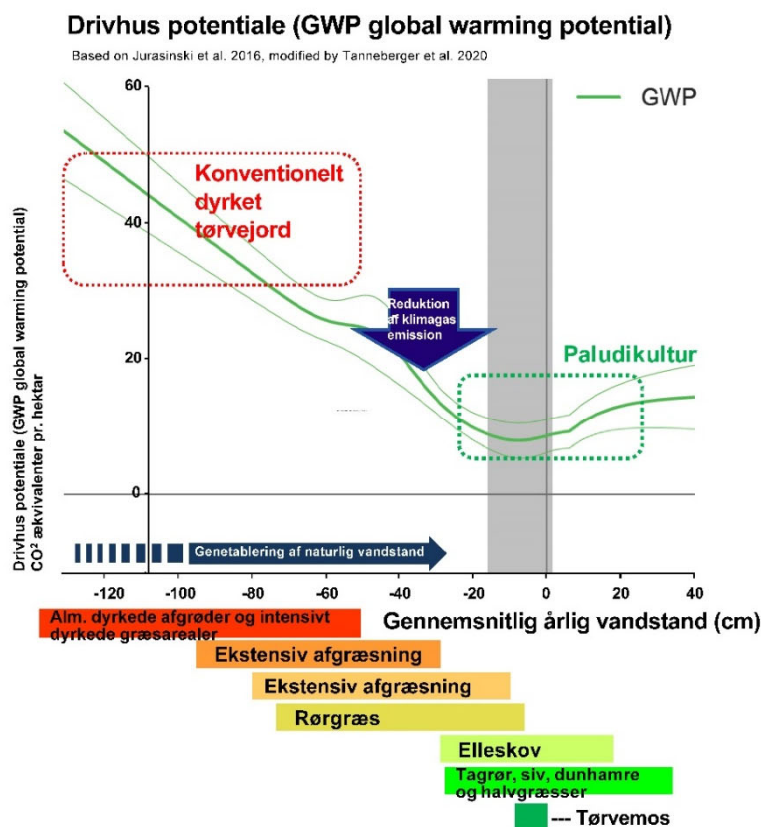
1.1 Klimaeffekt

Paludikultur er godkendt af FAO og IPCC som en driftsform, der bevarer tørvejordene. En gruppe skandinaviske forskere har på baggrund af den videnskabelige litteratur konkluderet, at dyrkning af korn og andre enårige afgrøder på drænet tørvejord med regelmæssig pløjning og gødskning i gennemsnit udleder 21 tons CO₂-ækv pr. ha., se artiklen [Tørvens Klimabalace](#). Etablering af en paludikultur vil have en klimaeffekt på 37,8 tons CO₂-ækv pr. ha ved genetablering af naturlig hydrologi ifølge [Klimatabellen](#).

Effekten vil afhænge af arealtypen og dræningstilstanden inden omlægning til paludikultur.

I [fosforvirkemiddelkataloget](#) fremgår det, at vådlægning af jorde med over 12 procent kulstof i omdrift eller med vedvarende græs kan reducere udledningen af drivhusgas med henholdsvis 41 og 28 t CO₂-ækv. ha pr. år. Dette tal skal reduceres med den mængde kulstof omregnet til CO₂, der fjernes med den høstede biomasse. Hvor meget tallet skal reduceres, afhænger af anvendelsen af den høstede biomasse. Hvis eksempelvis mængden af den høstede biomasse bliver anvendt som byggemateriale, og kulstoffet dermed bliver lagret, skal tallet ikke reduceres. Der vil også fortsat være et fossilenergi-forbrug til mark-operationer, transport og evt. forarbejdning af den høstede biomasse, hvilket skal indregnes i den samlede drivhusgasbalance.

Til sammenligning skal projekter i [Lavbundsordningen](#) bidrage med en reduktion af mængden af CO₂-ækvivalenter med mindst 13 tons pr. ha pr. år. I denne ordning drejer det sig om jorde med et kulstofindhold på 6 pct. og derover. I tabellen nedenfor ses forskellige dyrkningsformer og deres potentielle teoretiske klimagasemissioner. Der er stadig en del usikkerhed om reelle klimaeffekter, og tabellen illustrerer kun hovedlinjerne. Tagrør har f.eks. luftrødder og kan derfor klare sig under de mest våde forhold.

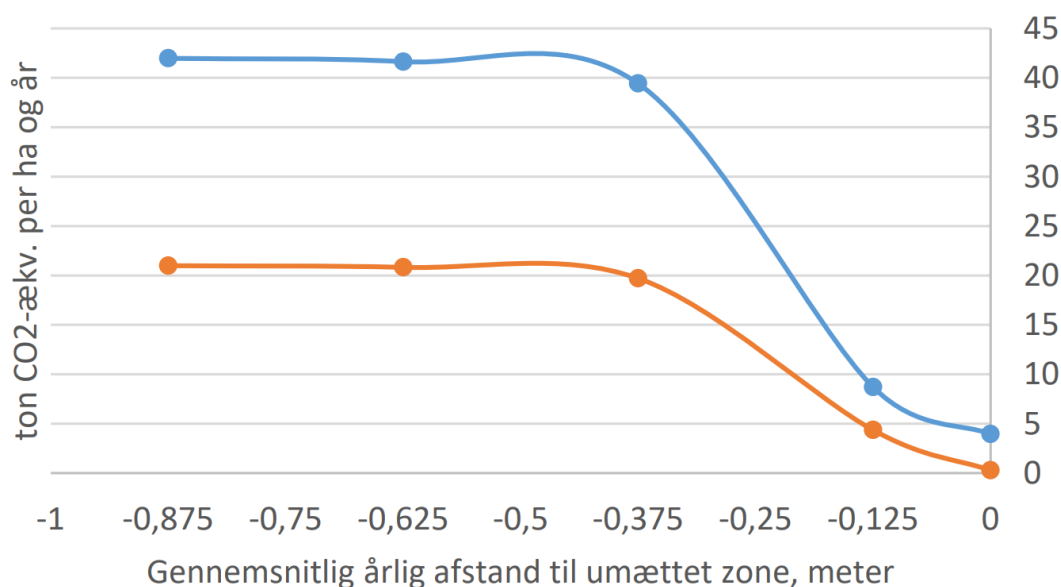


[Sådan måles udslip af drivhusgasser](#) af seniorforsker Poul Erik Lærke, Aarhus Universitet.

Kulstofudledningen (CO_2) kan potentielt reduceres markant ved vådlægning af tidligere dræned lavbundslande med et højt kulstofindhold, men øget udledning af metan (CH_4) kan være en utilsigtet konsekvens ved vandstande nær eller over terræn. I dag er den generelle anbefaling at hæve vandstanden til 0-20 cm under terræn for at minimere metanudledningen (Tiemeyer et al., 2020). Dyrkning af vådtolerante afgrøder, som f.eks. dunhammere, i paludikulturer kan være med til at reducere drivhusgasudledningen og dermed forbedre drivhusgasbalancen i forbindelse med vådområde- og lavbundsprojekter på kulstofrige lavbundslande. Dette sker ved at høste og anvende biomassen, således anvendelsen af fossile ressourcer fortrænges. Samlet set kan der opnås en estimeret klimaeffekt på 10-40 tons CO_2 -ækv. pr. ha pr. år ved genetablering af de naturligt våde forhold kombineret med paludikultur. Dette afhænger dog i høj grad af vandstanden før og efter vådlægning og kulstofindholdet i jorden jf. Figur 1 samt den tidligere arealanvendelse (Greve et al., 2021; Tiemeyer et al., 2020).

Drivhusgasbalancen forbedres desuden ved at fjerne og anvende plantebiomassen til f.eks. energiformål, som derved fortrænger CO_2 -udledninger fra fossile brændsler. Ved at fjerne plantemateriale fra lavbundsarealer undgås også organisk nedbrydning af biomassen som ellers ville risikere at blive omsat til CO_2 , CH_4 og lattergas (N_2O). Ligeledes fjernes også næringsstoffer fra arealet med biomassen til gavn for vandmiljø og biodiversitet. Klima, miljø og natureffekter mm. ved udtagning af kulstofrige lavbundslande samt paludikultur er beskrevet dybdegående her: [Vidensyntese AU - kulstofrig lavbundsland](#)

Video om: [Fremtidens anvendelse af organogene jorde](#)



Figur 1. Udledning af CO_2 på kulstofrige landbrugslande pr. hektar. Grafen viser at der er størst klimaeffekt ved en vandstand på 0-20 cm under terræn. Samlet udledning af CO_2 , CH_4 og N_2O , vist i CO_2 -ækvivalenter som funktion af gennemsnitlig årlig vandstand. Den blå kurve er lande med 12 procent kulstof og den orange kurve er med 6-12 % organisk kulstof. Figur af Gyldenkerne (2021), baseret på data af Tiemeyer et al. (2020) og IPCC (2014). Punkterne er de emissioner, der anvendes i regnearket under Lavbundsordningen. Kurverne indeholder ikke en ændret emission fra ændret brug af kvælstofholdige gødninger.

1.2 Tørvejordene synker

Mange dyrkede og veldrænede lavbunds- og tørvejorde synker løbende, da jorden iltes via dræningen. Som tommelfingerregel synker en veldrænede tørvejord ca. en centimeter om året og svarer til en udledning på omkring 21 tons CO₂ pr. hektar pr. år. Nedsynkningshastighed og rater er baseret på 100 års erfaring og ikke kun målinger og modeller. I Holland ses nedbrydningen af tørv nok mest tydeligt. Her er jorden sunket op til 8 meter siden dyrkningen startede i 1200-tallet. Se denne noget provokerende [præsentation](#) af Prof. Dr. Ab P. Grootjans fra University i Groningen.

Omsætningen i lavbunds- og tørvejorde kan kun forhindres ved at sætte arealerne under vand igen. Her ved forsegles kulstoffet i jorden og via plantevækst øges kulstofbindingen på arealet igen. Se [Tørvejordene synker i Europa – kan landmanden gøre noget?](#)

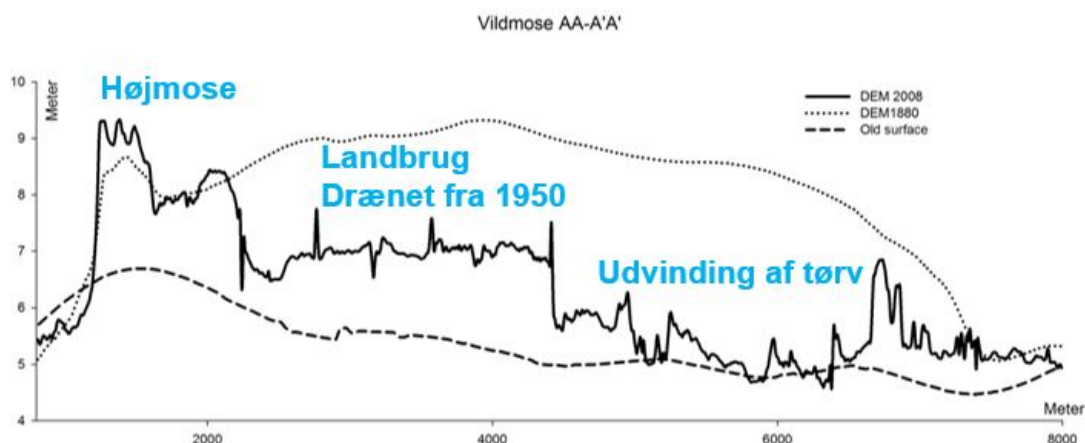


Billede 1. Nedsynkning af tørvejorde i Sverige (TV), Kerstin Berglund, Sveriges Landbrugs Universitet

Billede 2. Great Fens i England (Midt). Fra Power point af Kate Carver og Lorna Parker, Great Fen Project Manager

Billede 3. Søborg Sø (TH) i de sidste 50-100 år. Ukendt fotograf

Profil af Store Vildmose



Højdeprofil som viser nedbrydning af Store Vildmose. Udarbejdet af Mogens Greve Aarhus Universitet.

Mange forskellige projekter rundt om i Europa forsøger at beskytte højmoserne. I Store Vildmose er højmosen nu adskilt fra landbruget med en 5 meter høj plastikmembran i et større [Life projekt](#).

Hør driftsleder Niels Dahlin Lisborg i Aage V. Jensens Naturfond fortælle om [genopretning af højmosen i Store Vildmose](#).



Etablering af plastikmembran i Store Vildmose maj 2019. Foto: Frank Bondgaard, SEGES Innovation.



Jordvold med plastikmembran adskiller nu højmosen fra landbrugsarealer. August 2020.

Foto: Frank Bondgaard, SEGES Innovation.

1.3 Paludikulturer anlagt i Danmark i 2020

De første demonstrationsparceller med paludikulturer er anlagt ved Store Vildmose af Naturstyrelsens [Canape projekt](#) i 2020. Et mindre forsøgsplot med dunhammere er etableret ved Vejrumbro ved Foulum af Aarhus Universitet og SEGES via Promilleafgiftsfonden for at få de første erfaringer med at dyrke paludikulturer i praksis. Aarhus Universitet har ved Vejrumbro flere forsøg med forskellige græsser i paludikultur. Hør projektleder Peter Hahn, Naturstyrelsen fortælle om [ny produktion i Store Vildmose](#).

1.4 Store Vildmose

I Store Vildmose blev der i Interreg Canape-projektet fra 2019-2022 anlagt forsøgspareller for at dyrke dunhammere, rørgræs og strandsvingel på en tørvejord der tidligere havde været drænet og brugt til kartoffeldyrkning. Formålet var at undersøge produktionspotentiallet ved en højere vandstand og gødskning. Der er tidligere i projektet [Bæredygtige Vildmosekartofler](#) undersøgt drivhusgasudledning i dette område. Herunder ses billeder af anlægsfasen af paludikulturerne i Store Vildmose i 2020 ved siden af højmosen og frem til juni 2022. Udsåning af frø blev mislykket, så det er selve udplanteringen af planter der er lykket. Dette forsøg viser at det er muligt at lave en veletableret mark i løbet af 3-5 år. I store Vildmose lykkes etableringen ikke så godt pga tørke og lav vandstand i 2020. De udplantede planter som overlevede tørken i 2020 har spredt sig godt i 2022. En enkelt kraftig plante kan sætte 5-7 nye skud. Forsøget i Store Vildmose har vist at det er afgørende, at der er en høj vandsstand i etableringsårene.



Demonstrationsområde ved Store Vildmose inden etablering. Der er i projektarealet kun et tyndt lag tørvejord tilbage. Foto: Frank Bondgaard, SEGES Innovation.



Store Vildmose tidligt forår 2020. Foto: Kristian Laustsen, Cowi.



*Etablering af paludikultur - såning af rørgræs og stivbladet svingel i maj 2020.
Foto: Jens B. Kjeldsen, AU*



Dunhammerne blev for dårligt etableret i 2020 på grund af et meget tørt forår og en for lav vandstand i forsøgs-parcellerne. Planterne kommer meget tydeligt hvor der er mest fugtigt. Foto 24. august 2020 Frank Bondgaard, SEGES Innovation.



*Tydelig kraftig vækst af dunhammere hvor der er vand til stede.
Foto 24. august 2020 Frank Bondgaard, SEGES Innovation.*



Tydelig kraftig vækst af dunhammere hvor der er vand til stede. Foto 2021 Kristian Laustsen, COWI



Dunhammermark i juni 2022. Kristian Laustsen, COWI



Dunhammermark i juni 2022. Kristian Laustsen, COWI

Høst af rørgræs og strandsvingel i Store Vildmose i 2021

I 2021 blev der høstet 3 slæt i rørgræs og strandsvingel i Canape-projektet. Der er gode udbyttepotentialer på 13,5 -18 ton tørstof pr. hektar ved en gødsning med 200 kg kvælstof på lavbundsjord.

Der blev ikke høstet dunhammerne i projektet i 2021, da dunhammerne blev for dårligt etableret i 2020 på grund af et tørt forår og en for lav vandstand i forsøgsparcellerne. Dunhammerne kræver generelt en høj vandstand i de første 2 år efter etablering for at sikre et godt rodnet.

GRÆS	GØDSK- NING	TON TØR- STOF PR. HEKTAR	PROTEIN %	EKSTRAHERET PROTEIN KG PR. HEKTAR
Rørgræs	Ugødet	4,3	10	45
Rørgræs	200 Kg N. 43 kg P 215 kg K	18,3	26	393
Strandsvingel	Ugødet	3,2	11	30
Strandsvingel	200 Kg N. 43 kg P 215 kg K	13,5	19	240

Udbyttens niveau og proteinindhold i afgrøderne fra Store Vildmose viser at det ikke er muligt at udvinde økologisk græsprotein på et niveau der er økonomisk realistisk i ugødet kulstofrig landbrugsjord. Udbyttepotentialerne er alt for lave. Der opnås kun høje udbytter og proteinindhold i afgrøderne ved gødskning med handelsgødning. Udbringning af husdyrgødning på vådlagte lavbundsarealer vurderes at være urealistisk.

Find flere informationer om projektarealet og forsøget i videoen: [Kan vi dyrke på de udtagne landbund-jorde til gavn for klimaet?](#) Fra juli måned 2021.



Høst af paludikulturer med røgræs og stivbladet svingel i Store Vildmose i 2021. Foto: Martin Stoltenberg Hansen, SEGES Innovation.



Udvinning af protein med bioraffineringsanlæg ved AU Foulum. Foto: Martin Stoltenberg Hansen, SEGES Innovation.

1.5 Observation af dunhammere ved Vejrumbro ved Foulum

Ved Vejrumbro nær Viborg er der lavet et mindre forsøg med en paludikultur med dunhammere. I 2019 blev der udsået frø med dunhammere i 2019, men kom ingen dunhammere i disse parceller. Frøene kunne sandsynligvis ikke konkurrere med græsserne. Udplantning af dunhammere i planteplugs var derimod meget vellykket. Se billederne af forsøget herunder.



Dunhammere i planteplugs. Foto Jens Bonderup Kjeldsen, AU Foulum



Dunhammere ved Vejrumbro før og efter etablering i 2019. Foto: Tobias Berthel Nielsen, SEGES.

I 2020 blev væksten af dunhammere filmet med timelapse camera. [Link](#)



*Vellykkede parceller med udplantede dunhammere i plugs. Der er ingen dunhammere i de frøsåede parceller.
Foto den 24. august 2020 Frank Bondgaard, SEGES Innovation.*



*Dunhammere har spredt sig til alle forsøgsparaceller 25. maj 2022.
Foto Frank Bondgaard, SEGES Innovation.*



Dunhammere bevæger sig udenfor alle forsøgsparaceller i 25. maj 2022.

Foto Frank Bondgaard, SEGES Innovation.

2 DYRKNINGSEGNEDE AFGRØDER PÅ VÅDLAGTE AREALER

2.1 Paludikultur med græsser

Dunhammer, rørgræs og strandsvingel kan have højt udbyttepotentiale på forholdsvis vådlagte arealer. Strandsvingel og rørgræs har i Landsforsøgene for planteavl ved gødskning med 150-300 kg kvælstof vist udbytter på 10 -15 ton tørstof pr. hektar. Mana sødgræs kan også dyrkes, men der vides for lidt om udbyttepotentialet i denne art. Dunhammer kan have udbyttepotentialer på 10 – 20 ton tørstof pr. hektar.

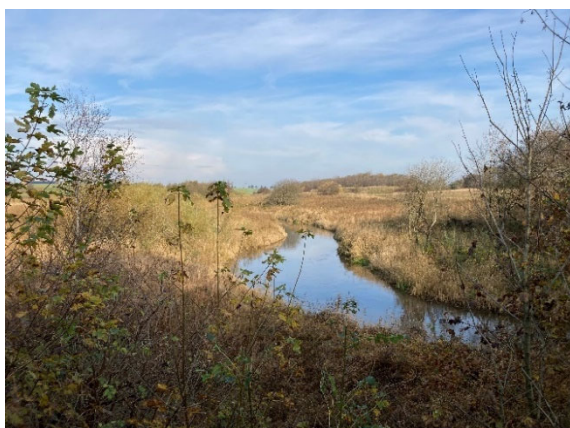


Forsøg ved AU, Foulum med rørgræs ved Vejrumbro. Foto: Frank Bondgaard, SEGES Innovation

2.2 Paludikultur med elletræer og naturlig tilgroning

En naturlig tilgroning af vådlagte lavbundsarealerne vil været et meget naturligt og klimavenligt tiltag. Ofte vil lavbundsarealerne have en naturlig tilgroning over tid med græsser, elletræer, pil, gul iris, brændenælder, alm. mjøddurt og lysesiv. På de arealer som ønskes lysåbne uden opvækst af træer, kan der høstes omkring 4-6 ton tørstof i biomasse ifølge stor-skala forsøg ved Naturstyrelsen.

Elletræer har evnen til at gro i lavbundslande, men der er ikke mange forskningsresultater på området i Danmark. Dyrkningsøkonomien vil afhænge af om der kan etableres en Landbrugsordning på niveau med Privat skovrejsning.





Naturlig tilgroning af lavbundsarealer. Foto Rikke Rørby Gravesen, SEGES Innovation





Rester af elleskov i 2 meters dybde i Hollandsk lavbundsjord. Foto Frank Bondgaard Innovation.



Ellesump i Sverige. Foto Frank Bondgaard Innovation.

3 PALUDIKULTUR MED DUNHAMMERE



Dunhammer. Foto Frank Bondgaard. SEGES Innovation

På Radboud University Nijmegen i Holland har Jeroen J. M. Geurts udført flere [forsøg](#) med dyrkning af dunhammer. Afgrøden er interessant, da udbyttepotentialet kan være meget højt. Der findes 2 arter dunhammer i Danmark. Bredbladet dunhammer (*Typha latifolia*) og smalbladet dunhammer (*Typha angustifolia*). Det er den bredbladede, der er mest fokus på i dyrkningen lige nu. Der er set udbytter mellem 10-20 ton tørstof per hektar, og enkelte forsøg har vist op til 20-30 ton tørstof pr. hektar. Der er for lidt viden om hvornår og hvor ofte afgrøden reelt kan høstes. Dunhammer er meget velegnede til at optage kvælstof og fosfor. Undersøgelser viser, at afgrøden kan optage 300-400 kg kvælstof og 30-50 kg fosfor pr. hektar.

I Tyskland har der i mange år været fokus på dyrkning af paludikulturer, og der er etableret en database for egnede dyrkningskulturer på [DPPP - Database of Potential Paludiculture Plants](#). De mest almindelige arter er omtalt på denne [webside](#) for universitetet i Greifswald.

3.1 Anvendelsesområder

Dunhammer har adskillige anvendelsesområder såsom biogas, foder, mad, bygge- og isoleringsmateriale. Bioraffinering kan dertil øge anvendelsespotentialet ved at adskille biomassen i flere fraktioner af koncentrerede produkter (proteinkoncentrater, fiberpulp og brunsaft) til foder og biogas samt potentielt en række øvrige produkter.

Høsttidspunktet har væsentlig betydning for biomassens karakteristika og anvendelsesmuligheder. Eksempelvis vil høst i foråret/tidlig sommer forøge biogaspotentialet som følge af lavere C:N-ratio og lavere ligninindhold samt højere proteinprocent, men høstuddbyttet vil dog også være lavere i foråret. Sen høst er derimod bedre egnet, hvis formålet f.eks. er produktion af fibre til bygge- og isoleringsmateriale, da vandindholdet er markant lavere, men biomassen skal dog tørres ned inden langtidsopbevaring.



Isoleringsmateriale lavet af dunhammer (Typha) i Tyskland. Foto: Frank Bondgaard, SEGES Innovation.

3.2 Arter og etablering

Der findes ca. 30 arter i dunhammerslægten (*Typha spp.*), hvoraf mange kun findes i bestemte regioner af verden. I Danmark findes to af arterne naturligt: bredbladet dunhammer (*Typha latifolia*), smalbladet dunhammer (*Typha angustifolia*). Bredbladet dunhammer har den største produktivitet og potentiale som paludikulturafrørde. Nedenstående er derfor med fokus på bredbladet dunhammer.





Fotos af bredbladet dunhammer i forskellige vækststadier – forår (øverst venstre), sensommer (øverst højre), vinter (nederst). Reference: Colourbox.

Etablering

En dunhammermark kan både etableres ved udplantning og såning. Udplantning kan foretages ved at sætte planteplugs med unge planter, som er opformeret i drivhus, i jorden ved brug af Pottiputki planterør eller ved semi-automatisk maskinplantning. Alternativt kan ældre dunhammerplanter opgraves og udplanter. Ved udplantning har der været gode erfaringer med plantetætheder på mellem 1-4 m² pr. plante. Plantetætheden kan forøges, hvis der ønskes en hurtigere etablering. Det første år kan der forventes en tilvækst via planternes rhizomer (vegetativ formering) på 5-10 skud pr. plante under optimale vilkår (Geurts & Fritz, 2018).

Såning kan foretages ved forskellige metoder såsom udspreddning af dunhammerfrøene i en opblanding med fugtig såjord/sand, slangeudlægning af frøopløsning, sprøjtesåning med klæbemiddel, men der er endnu ikke udviklet en effektiv metode til at opnå høj spirringsgrad. Hertil kan lægges, at det er vanskeligt at håndtere frøene, som er meget små og vindfølsomme. Fremspiringen er relativt langsom og afhængig af lys og er derfor sårbar over for ukrudtstryk. Under fremspiringen bør vandstanden optimalt set holdes på 0-5 cm over terræn indtil afgrøden er veletableret, hvorefter vandstanden bør hæves yderligere (Geurts & Fritz, 2018).

Inden afgrødeetablering og hævnning af vandstanden bør jorden forbehandles, da det har stor betydning for etableringseffektiviteten ved både såning eller udplantning. Pløjning anbefales ikke på meget våde tørvearealer, da jordens lave bærevne nedsættes yderligere som følge heraf. Harvning og ukrudtsbekæmpelse er især vigtigt ved såning, men ved udplantning kan der også nøjes med en lav slåning af

vegetationen. En effektiv måde at bekæmpe ukrudt på i de første år efter etablering er en kontinuerlig høj vandstand på arealet (Geurts & Fritz, 2018).

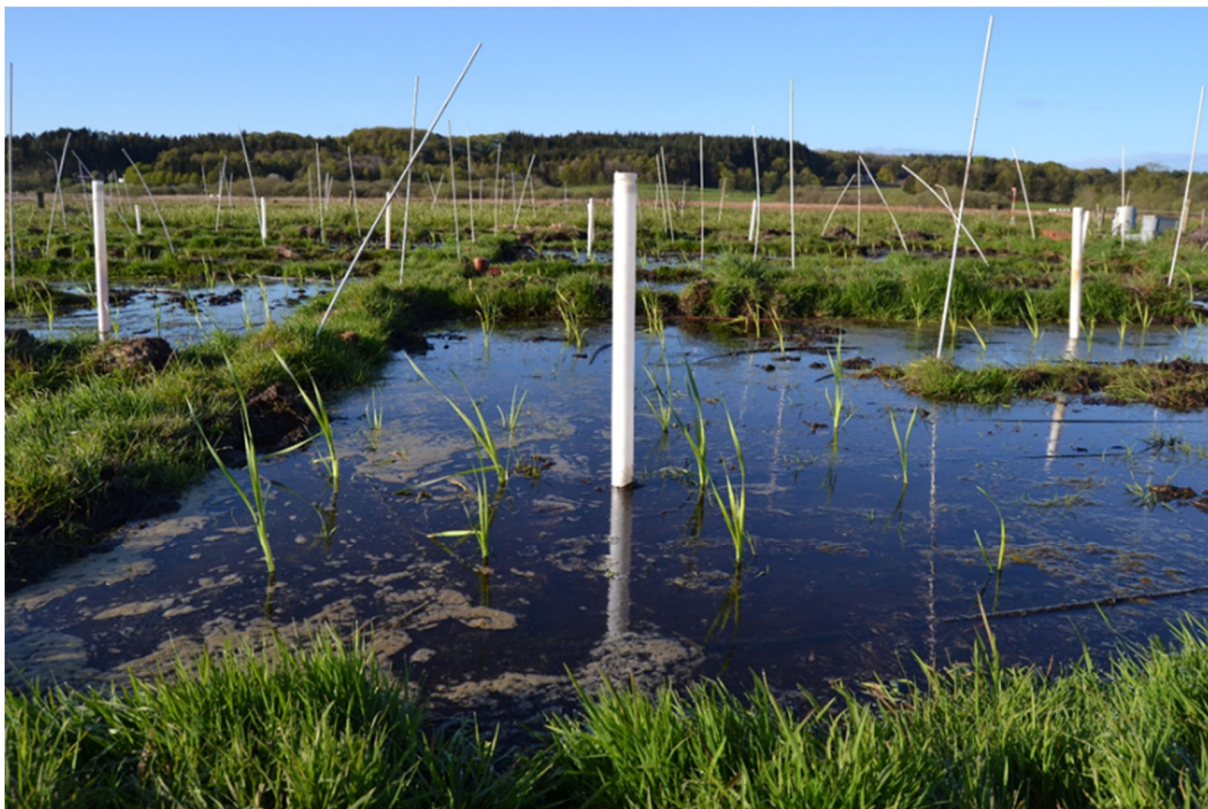
Såning er en usikker etableringsmetode pga. lav spiringsgrad samt sårbarhed over for ukrudt og udtørring, men udenlandske erfaringer viser, at der efter 2-3 år kan opnås højere udbytter ved såning ift. udplantning, og det er tilmed markant billigere end udplantning. Dette skyldes især, at der er meget manuelt arbejde ved opformering i pletter eller opgravning af dunhammerplanter. Efter at etableringsomkostningerne er afholdt, vil der dog kun være omkostninger forbundet med høst, eftersom dunhammer er en flerårig afgrøde, hvor udbyttet tiltager over de første 3-5 år. Den nuværende viden er baseret på demonstrationsområder i Tyskland, Holland og Danmark (Geurts et al., 2020).

Video om: [Ny produktion i Store Vildmose](#)



Udplantning af dunhammerplanteplugs med Pottiputki planterør.

Foto: Tobias Berthel Bendixen, SEGES og Jens Bonderup Kjeldsen, AU



*Dunhammerforsøgsareal kort efter udplantning (øverst) og to måneder efter (nederst).
Foto: Tobias Berthel Bendixen, SEGES.*

Vandstand ved dyrkning af dunhammere de første år er altafgørende

Høj vandstand er den vigtigste faktor ved dyrkning af dunhammere, som trives bedst ved en høj vandstand på 0-40 cm over terræn, men ses også ved vandstande på helt op over 60 cm over terræn. Dunhammere har en stærk konkurrencefordel under gunstige betingelser (næringsrigt og vådt) og kan derfor danne monokulturer over tid. Det er især vigtigt at holde en kontinuert høj vandstand de første par år efter etablering af afgrøderne indtil der er et veletableret rodnet, da dunhammere er sårbare over for ukrudtstryk i den relativt lange etableringsfase.



Dunhammerforsøg ved Vejrumbro i 2020. Vellykket udplantning af planter i plugs, men ikke ved udsåning af frø – tomme felter. Foto Frank Bondgaard

Etableringen kort fortalt

Indledende jordbearbejdning ved afskræling af græstørv og/eller harvning inden arealet vådlægges. Pløjning anbefales ikke på meget våde tørvejerde.

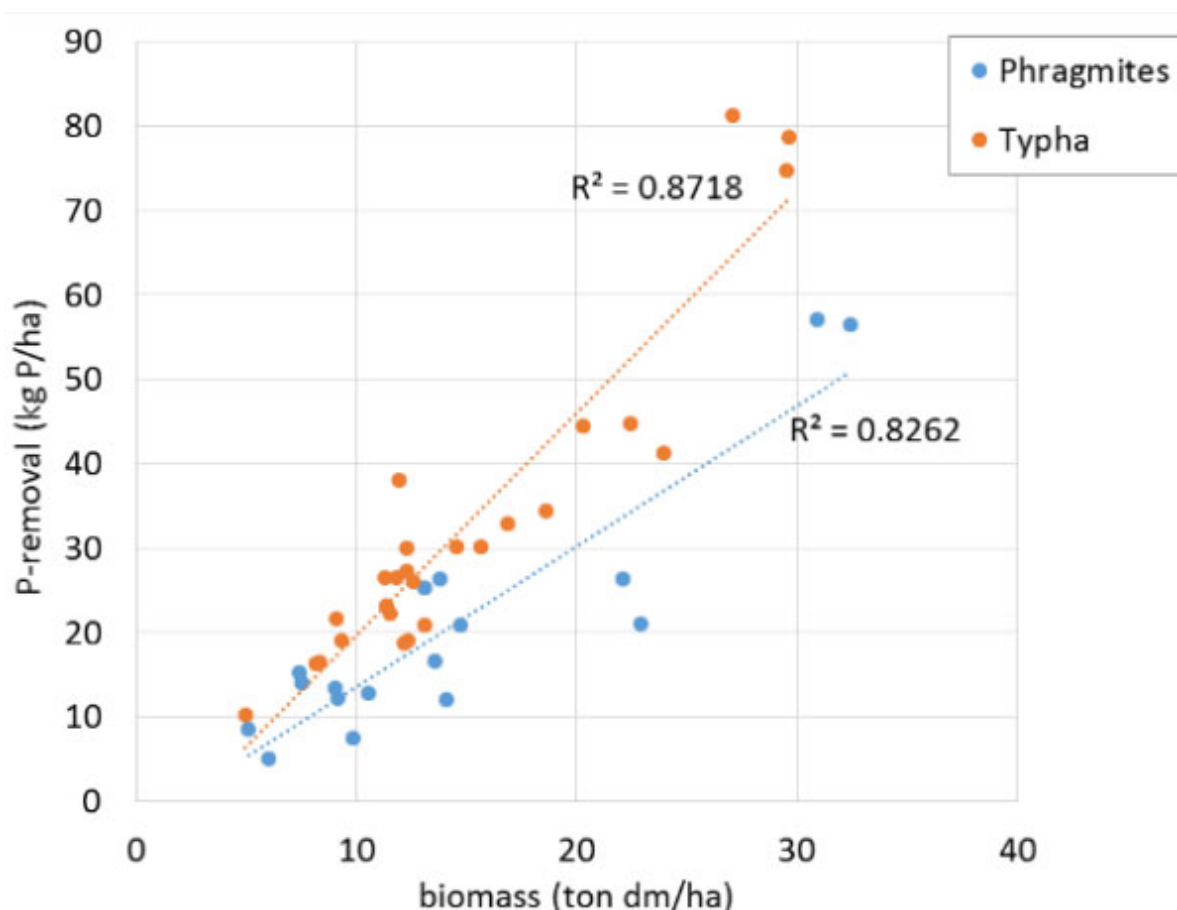
Dunhammerne etableres hurtigst og mest sikkert ved udplantning vha. semi-automatiske plantemaskine eller planterør, men såning er meget billigere. Det er dog udfordrende at foretage en succesfuld såning pga. lav spiringsgrad samt sårbarhed over for ukrudt og udtørring.

Vandstanden hæves lige efter såning/plantning. Opstemning af grøfter med spunsvægge og evt. drænvandstilførsel ved pumpning for at holde en kontinuerligt høj vandstand (mellem 0 til +40 cm, men ved såning bør vandstanden være 0 til +5 cm i spiringsfasen).

Dunhammere som bufferzoner

Dunhammere har især et potentiale til at kunne anvendes som 'bufferzoner' mellem intensivt dyrkede områder og naturarealer, hvor næringsrigt drænvand fra oplandet ledes igennem vådområder med høj-produktive afgrøder som dunhammere, tagrør mv., hvorved der fjernes næringsstoffer gennem biomas-sehøsten samt naturlige processer ved våde forhold, f.eks. ved denitrifikation af nitrat til luftformigt kvælstof. Dunhammere har evnen til at optage meget fosfor. Hollandske forsøg har viste en fosforoptagelse på 10-30 kg fosfor per hektar ved 10-20 ton tørstof pr. hektar.

Arealer med naturligt våde forhold efter ophør af dræning, f.eks. vandløbsnære områder/ådale er bedst egnet til dyrkning af dunhammere, men vandstanden kan evt. hæves yderligere ved opstemning af grøftekanaler med simple spunsvægge, og/eller via vandtilførsel vedoverrisling af dræn-/grøftevand gennem overskårne dræn eller pumpning. Der kan dertil etableres et markdesign med en mosaikstruktur af flere mindre områder med forskellige vådtolerante afgrøder tilpasset til de respektive vandstands niveauer. Udfordringen kan være økonomien i høst af mindre arealer. Paludikulturer skal derfor kombineres med samtidig høst af andre arealer.



Fjernelse af fosfor i Hollandske forsøg. Typa = dunhammer og Pragmites = tagrør. Fra *Nutrient recycling in rewetted peatlands used for paludiculture*. J. Geurts, C. Fritz, R. Vroom, J. Pijlman, M. Bestman, N. Van Ekeren, F. Lenssinck, F. Eller, C. Lambertini, B. Sorrell, C. Oehmke, A. Grootjans, H. Brix, H. Joosten, L. Lamers



Dunhammermark på forsøgsstationen [Peat Meadow Innovation Centre](#) i Holland september 2021. Dunhammer hedder Lisdodde på hollandsk. Foto Frank Bondgaard Innovation.

3.3 Gødskning og næringsstoffjernelse

Gødskning er sandsynligvis ikke nødvendigt ved dyrkning af dunhammere på tidligere dyrkede jorde, og især ikke hvis der tilføres vand fra næringsrige dræn/grøfter efter vådlægningen. Gødskning med kvælstof og/eller kalium kan dog i nogle tilfælde være fordelagtigt ift. at opnå højere udbytter og potentielt øge netto-næringsstoffjernelsen, hvorimod fosfor ofte er rigeligt tilgængeligt på tidligere dyrkede jorde. Det optimale gødningsniveau for bredbladet dunhammer er imidlertid ikke tilstrækkeligt undersøgt og der foreligger ikke gødningsnormer.

3.4 Plantebeskyttelse

Dunhammere er en robust plante, som har en stor konkurrencefordel ved konstant høj vandstand, hvilket i sig selv er tilstrækkeligt som ukrudtsbekæmpelse. Ukrudtsbekæmpelse kan dog være en fordel i etableringsfasen, såfremt der ikke kan etableres et godt såbed. Det er dog væsentligt at bemærke, at det ikke er tilladt at anvende sprøjtemidler jf. nuværende gældende lavbundsordning. Forebyggelse mod insekter eller svampesygdomme er typisk heller ikke nødvendigt. Dunhammere udgør dog levested for visse insekter, men det har ikke skadelig effekt på planten. Udenlandske erfaringer viser, at gæs ynder at fouragere på nyetablerede dunhammerarealer. Flag eller lignende fugleskræmmer kan her være nyttige som skræmmemidler i etableringsfasen.

Slæt

Slæt foretages i maj-juni og august-september, såfremt der anvendes en to-slætsstrategi. Høst af den visnede biomasse til f.eks. isoleringsmateriale foretages i vintermånederne/tidligt forår, og ideelt set i forbindelse med en frostperiode for at skåne jord og planter.

To slæt kan potentielt øge det samlede udbytte, men bør først foretages, når dunhammerbestanden er veletableret efter et par vækstsæsoner. Protein- og næringskoncentration pr. kg biomasse er desuden højere i et tidligt slæt i maj-juni. Udbyttet, samt den totale mængde proteiner-, mineraler- og næringsstoffer, er dog størst ved slæt i august-september.

3.5 Udbytte, næringsstoffjernelse

Dyrkning af dunhammer uden gødning giver relativt høje gennemsnitlige udbytter på $12,4 \pm 6,6$ ton tørstof pr. ha pr. år. De højeste udbytter ses ved dunhammerbestande som er mere end fem år gamle

UDBYTTEPOTENTIALER OG NÆRINGSSTOFFJERNELSE				
		Ugødet		Gødet
Alder på paludikultur	3 år	3-5 år	5 år -	5 år
Ton tørstof pr. hektar	6 ton	6 ton	14	20
Kvælstof kg/hektar	62,0	131,0	204,0	
Fosfor kg/hektar	7,6	22,4	3,9	
Kalium kg/hektar	54	132	163	

Der var ikke anvendt gødning i de ovenstående udbytter fra 6-14 ton og næringsstoffjernelsesrater, som er gennemsnit på baggrund flere lokationer i Tyskland, Danmark og Holland (Geurts et al., 2020). Forsøg i Holland peger på potentialer på 20 ton tørstof pr. ha eller mere ved fuld gødskning af afgrøden, se også dette [link](#).

Biomassefjernelse af højproduktive vådområdeplanter som dunhammer og tagrør mv. kan modsvare fosforfrigivelsen, som ofte udgør en risiko ved vådlægning af tidligere dyrkede lavbundslande. Gennem biomassehøst udpines området ligeledes for næringsstoffer over tid, hvilket gavner biodiversiteten.

3.6 Kvalitet

Biogasudbyttet for bredbladet dunhammer ligger på ca. 500-600 l CH₄ per kg organisk stof (VS), hvis der høstes i juni, mens udbyttet falder med ca. 20-30% ved høst i august-september. Biogasudbyttet kan dog øges ved forbehandling af dunhammerbiomassen, hvor det relative høje indhold af lignocellulose nedbrydes (Martens et al., 2021; Østergaard, 2020).

Proteinprocenten for dunhammer er på ca. 10-13%, hvor det højeste proteinindhold opnås ved høst i maj-juni. Dette er lidt lavere end f.eks. alm. rajgræs og rajsvingel, men væsentligt lavere end f.eks. rødkløver, hvidkløver og lucerne, som har en proteinprocent på ca. 22% (Pijlman et al., 2019).

Foderkvaliteten af dunhammere er generelt væsentligt lavere end alm. rajgræs målt på mineraler og næringsstoffer, men der er dog et betydeligt højere indhold af enkelte mineraler i biomassen fra dunhammer (f.eks. mangan og selen), og derfor kan dunhammere muligvis være interessant at anvende som supplementsfoder (Pijlman et al., 2019).

3.7 Økonomi

Nedenfor er opstillet en kalkule for produktion dunhammer til biogasproduktion. Kalkulerne er behæftet med meget stor usikkerhed, da der ikke dyrkes dunhammere på vandmættede arealer i stor stil i Danmark. Det er være utrolig omkostningsfuldt at etablere en perfekt dunhammermark fra starten, så vådlægning og en tilplantning med et lavt plantetal og deraf følgende naturlig tilgroning vil være den billigste metode. Da dunhammere helst skal dyrkes med en høj vandstand, så er det mest oplagt at placere dunhammere hvor der er en stor tilførsel af drænvand. Det sikrer høj vandstand, og faciliterer også en næringsstofftilførsel. Sidstnævnte kan være særligt vigtig da det vil være vanskeligt at styre en tilførsel af gødning.

Dunhammerne er antaget etableret med udplantning, og biomassen høstes en gang om året og transporteres til et biogasanlæg. Det er antaget at omkostninger til biomassehøst og transport samlet udgør 6.000 DKK/ha. Biomassen er antaget afregnet til en samme pris (0,64 DKK/kg TS), som Naturstyrelsen fik i projektet, *Græs til Gas*.

Med ovenstående forudsætninger, skal udbyttet op over 13 tons TS pr. ha for at opnå et positivt DBII.

DUNHAMMERE				
	Kvantum		Pris i kr.	Total
Udbytte	12.400	Kg tørstof	1,00	12.400
Stykomkostninger				Kr. pr. ha
Etableringsomkostninger				2.229
Eftersåning 20 % pr. år				
Handelsgødning, Kvælstof	0	Kg N	7,0	
Handelsgødning, Fosfor	0	Kg P	9,0	
Handelsgødning, kalium	0	Kg K	6,0	
Diverse				
Stykomkostninger kr./ha				2.229
Vedligehold af kultur				
Gødningsspredning				
Høst				5.000
Transport til fabrik				1.000
Maskinomkostninger kr./ha				6.000
DB efter Maskin- og arbejdsomkostninger				4.171
Rente				4,5 %
Etablering: Fordeles over 5 år				
Udsæd/planter				25.000
Såning/plantemaskine				4.000
Sum				29.000
Årlig omkostning (5 år)				2.229

3.8 Grundbetaling

Gennem Vådområde- og lavbundsordningen samt Klima-lavbundsordningen kan der opnås tilskud for udtagning og vådlægning af tidligere drænede kulstofrige landbrugsjorder og lavbundsarealer. På arealer der indgår i landbrugsordninger tinglyses en servitut om, at arealet permanent ekstensiveres og derfor ikke må jordbearbejdes, gødskes, tilføres jordforbedringsmidler eller sprøjtes. Her kan der derfor kun høstes biomassehøst af den naturlige tilvækst af græsser, dunhammere og tagrør.

Der kan opnås grundbetaling hvis arealerne afgræsses, eller at der tages slæt. Paludikultur er desuden blevet tilføjet som støtteberettiget arealanvendelse under bruttoarealmodellen i EU-landbrugsaftalen fra d. 28. juni 2021, men der mangler fortsat en konkretisering af bestemmelserne.



Dyrkning af dunhammere i Holland på tørvejord.

Foto: Jeroen J. M. Geurts, Radboud University Nijmegen i Holland.



Dunhammere etableret ved udplantning og ved frø. Etablering med frø er slået fejl i forsøget, felter med græs.

Foto: Frank Bondgaard, SEGES Innovation.

4 PALUDIKULTUR MED RØRGRÆS



Rørgræsforsøg ved Vejrumbro, Foulum. Foto: Jens Bonderup Kjeldsen, Aarhus Universitet

4.1 Anvendelsesområder

Rørgræs kan anvendes til energiproduktion ved enten biogas eller som halm til biobrændsel i f.eks. kraftvarmeanlæg. Bioraffinering kan dertil øge potentialet ved at adskille biomassen i flere fraktioner af koncentrerede produkter (proteinkoncentrater, fiberpulp og brunsaft) til foder og biogas samt potentielt en række øvrige produkter. Anvendelsesformålet er derfor bestemmende for høsttidspunktet, som har væsentligt betydning for biomassens karakteristika og dermed anvendelsesmuligheder.

Høst i foråret-efteråret ved flere slæt i løbet af vækstsæsonen egner sig til biogasproduktion. Sen høst af den tørre biomasse om vinteren eller i det tidlige forår er derimod målrettet halmproduktion.



Bioraffinering til græsprotein og fiberfraktion. Foto: Martin Stoltenberg Hansen, SEGES



Dyrkning og afbrænding af græs fra paludikulturer i Tyskland. Foto Frank Bondgaard Innovation.

4.2 Arter og etablering

Arten *Phalaris* dækker en slægt med ca. 13 græsarter, herunder rørgræs (*Phalaris arundinacea*). Rørgræs er flerårig og formerer sig både ved frø og vegetativt (rhizomvækst). Rørgræs forekommer naturligt i Danmark og findes typisk på fugtige næringsrige vand-løbsnære arealer og tåler periodisk oversvømmelse. Der er udviklet flere sorter til dyrkning af rørgræs, hvor der i Sverige og Finland har været gode erfaringer med følgende sorter: Bamse, Paloton, Vantage, Venture, Lara og Barpa 050.



Rørgræsforseg ved Vejrumbro Foto: Frank Bondgaard , SEGES Innovation.

Etablering

Rørgræs etableres fra frø ved såning i foråret/forsommeren med traditionelle såmaskiner, som anvendes til f.eks. græssåning. Der sås ligeledes med en normal rækkeafstand på 10-15 cm, en sådybde på 1-2 cm og en udsædsmængde på 20-40 kg frø pr. ha.

Det er væsentligt at etablere et rent såbed, eftersom rørgræsset har en relativt lang etableringsfase og er desuden sårbart over for udtørring. Pløjning kan dog være udfordrende på meget våde tørvearealer, og jordens lave bærevne nedsættes yderligere som følge heraf (Elmholt, 2009; Paavola et al. 2007). Der bør først høstes efter to vækstsæsoner for at sikre en veletableret afgrøde. Udbyttet vil desuden være højere efter tre år. I [CANAPE projektet](#) var udbyttepotentialet for lavt i udlægsåret, især pga. meget tørt vejr i 2020.

4.3 Gødskning og næringsstoffjernelse

Næringsstofftilførsel har væsentlig effekt på udbytterne i rørgræs set over flere år, og kvælstoffjernelsen er tilmed høj for strandsvingel. Berglund et al., 2019 fandt, at der netto kan fjernes ca. 120 kg N pr. ha pr. år ved to slæt af rørgræs på tørvejord med høj vandstand og ved et relativt lavt gødningsniveau (50-23-82 kg N-P-K pr. ha. pr. år). Netto-fosforfjernelsen var derimod tæt på nul, hvilket indikerer at der ikke bør gødes med fosfor (Berglund et al., 2019).

I landsforsøgene 2012-2015 blev der dyrket rørgræs på fugtig sandjord, hvor der netto blev fjernet mere kvælstof end det tilførte ved gødskningsrater på op til 61-334 kg N pr. ha pr. år. I kombination med P- og K-gødskning var nettokvælstoffjernelsen positiv ved gødskningsrater på op til 152-357 kg N pr. ha pr. år. Det er dog væsentligt at bemærke, at der var en faldende kvælstoffjernelse over de fire år forsøget forløb (Landsforsøgene 2012-2015).

Naturstyrelsen har igennem en syvårig periode i Græs til gas-projektet påvist en næringsstoffjernelse i størrelsesorden 71-156 kg N/ha/år og 6-21 kg P/ha/år - afhængig af forsøgsbehandling (Lisbeth Nielsen mfl.)

Gødningsnormerne for rørgræs afhænger af, om græsset høstes som halm i foråret, eller som hø til bioenergi. Rørgræs høstet som halm går under kategorien 'energialfgrøder', og har en gødningsnorm på 75 kg N pr. ha og 15 kg P pr. ha på humusjord (JB-11). Rørgræs høstet som slætgræs til bioenergi går under kategorien 'permanent græs til fabrik' og har en gødningsnorm på 229 kg N pr. ha og 17 kg P pr. ha på humusjord (JB-11) jf. Gødskningsbekendtgørelsen 2020/2021 (Miljø- og Fødevareministeriet, 2020).

4.4 Plantebeskyttelse

Ukrudtsbekæmpelse, både mekanisk og kemisk, kan være nødvendigt for at sikre en effektiv etablering. Efter etableringsfasen er der derimod ikke behov for sprøjtning, da rørgræsset skudvækst skaber tætte bestande.

Der er ikke umiddelbart behov for sprøjtning imod insekter og svampesygdomme, da der ikke har været fund af skadegørere i rørgræs, bortset fra én observation af galmyg. Det er dog væsentligt at bemærke, at det ikke er tilladt at anvende sprøjtemidler jf. nuværende gældende lavbundsordning.

4.5 Slæt

Vinter-/forårshøstet rørgræs kan normalt komme ned på et vandindhold på under 20 %, men udbyttet reduceres med op til 50 % ift. høst af den friske biomasse om sommeren. Foreslåede tidspunkter for

græsslæt til bioenergi eller bioraffinering er juni og september/oktober ved en to-slætstrategi og juni, juli og september/oktober ved en tre-slætstrategi.

4.6 Udbytte og kvalitet

Dyrkning af rørgræs på tørvejord ved en vandstand på 10-40 cm under jordoverfladen har i nedstående tabel givet følgende tørstofudbytter i forsøg.

BIOMASSEHØST I FORSØG				
Græs	Gødskning. NPK	Antal slæt	Ton tørstof pr. hektar	Forsøgssted
Rørgræs	160 N 26P 124K	2-3	12,7-13,7	Kandel et al., 2017a. Aarhus Universitet
Rørgræs	330 N +PK	3	11,5-15,0	Oversigt over Landsforsøgene 2012-2015
Rørgræs	374 N ingen PK	3	7,3-8,1	Oversigt over Landsforsøgene 2012-2015
Rørgræs	Ingen NPK	3	4,6-4,8	Oversigt over Landsforsøgene 2012-2015

I Store Vildmose blev der i 2021 høstet store udbytter i rørgræs. Ses i nedstående tabel.

GRÆS	GØDSKNING	TON TØRSTOF PR. HEKTAR	PROTEIN %	EKSTRAHERET PRO- TEIN KG PR. HEKTAR
Rørgræs	Ugødet	4,3	10	45
Rørgræs	200 Kg N; 43 kg P; 215 kg K	18,3	26	393

Næringsstofftilførsel er afgørende for at opretholde et højt udbytte i rørgræs over flere år, og kvælstoffjernelsen er tilmed høj for rørgræs. I landsforsøgene blev der netto fjernet mere kvælstof end det tilførte op til 162-233 kg N pr. ha. Ved kombination med P- og K-gødskning var nettokvælstoffjernelsen positiv op til 265-288 kg N pr. ha (Oversigt over Landsforsøgene 2012-2015).

Udbyttenniveau og proteinindhold i afgrøderne fra Store Vildmose viser at det ikke er muligt at udvinde økologisk græsprotein på et niveau der er økonomisk realistisk i ugødet kulstofrig landbrugsjord. Der

opnås kun høje udbytter og proteinindhold i afgrøderne ved gødskning med handelsgødning. Udbringning af husdyrgødning på lavbundsarealer vurderes at være urealistisk samtidig med en vådlægning.

Kvalitet

Biogaspotential for rørgræs ligger på ca. 300-430 l CH₄ pr. kg organisk stof (VS). Høsttidspunktet og inkubationstiden i biogasanlægget er de primære styrende faktorer for både tørstof- og biogasudbyttet; studier har vist, at det højeste biogasudbytte forekommer ved slæt i juni, samt at to slæt pr. år er optimum i forhold biogasproduktion (Paavola, et al., 2007).

4.7 Lagring og transport

Det friske græs kan enten leveres direkte til biogas efter høst eller ensileres og lagres ligesom fodergræs. Korrekt ensilerings- og udtagningssteknik er dog væsentligt ift. at begrænse energitabet. Vinter-/forårshøstet rørgræs kan typisk presses i halmballer, og lagring kan ske uden tørring. Ved opbevaring under tørre forhold kan halmen derfor leveres som biobrændsel året.

Transport udgør en væsentlig andel af omkostningerne ved produktion af biomasse til energiformål. Økonomisk set er afstand bestemmende for transportmåden. Hvis transportafstanden er kort, transporteres biomassen som regel med traktor. Ofte er det ikke rentabelt at transportere biomassen med traktor ved afstande over 10 km, og derfor transporteres det i stedet med lastbil ved større afstande (Sørensen, 2015).

4.8 Økonomi

Nedenfor er opstillet foreløbige kalkuler for produktion af rørgræs til biogas, både gøde og ugødet. Kalkulerne er behæftet med meget stor usikkerhed, da der ikke dyrkes rørgræs på vandmættede arealer i stor stil i Danmark.

Rørgræs er en god råvare til biogasproduktion, som kan erstatte energiafgrøder såsom græs og majs. Typisk betaler biogasanlæggene omkring 1 kr/kg TS for energiafgrøder. Den konkrete pris vil naturligvis afhænge af de lokale forhold såsom biogasanlæggets effektivitet og den lokale konkurrence om råvarerne.

For ugødede arealer er der antaget et udbytte på 4 tons TS/ha, mens der på gødskede arealer er antaget et udbytte på 12 tons TS/ha.

RØRGRÆS, GØDET				
	Kvantum		Pris i kr.	Total
Udbytte	12.000	Kg tørstof	1,0	12.000
Stykomkostninger				Kr. pr. ha
Etableringsomkostninger				456
Eftersåning 20 % pr. år				200

Handelsgødning, Kvælstof	200	Kg N	7,0	1.400
Handelsgødning, Fosfor	25	Kg P	9,0	225
Handelsgødning, kalium	163	Kg K	6,0	978
Diverse				
Stykomkostninger kr./ha				3.259
Forberedelse til såning/plantning				
Eftersåning (maskiner) 20% pr. år				200
Vedligehold af kultur				
Gødningsspredning				450
Høst				5.000
Transport til fabrik				1.200
Maskinomkostninger kr./ha				6.850
DB efter Maskin- og arbejds- omkostninger				1.891
Rente				4,50%
Etablering: Fordeles over 5 år				
Udsæd/planter				1.000
Såning plus jævning med stub- harve				1.000
Sum				2.000
Årlig omkostning (5 år)				456

RØRGRÆS, UGØDET				
	Kvantum		Pris i kr.	Total
Udbytte	4.000	Kg tørstof	1,0	4.000
Stykomkostninger				Kr. pr. ha
Etableringsomkostninger				456
Eftersåning 20 % pr. år				200
Handelsgødning, Kvælstof	0	Kg N		
Handelsgødning, Fosfor	0	Kg P		
Handelsgødning, kalium	0	Kg K		
Diverse				
Stykomkostninger kr./ha				656
Forberedelse til såning/plantning				
Eftersåning (maskiner) 20% pr. år				200
Vedligehold af kultur				
Gødningsspredning				0
Høst				4.000
Transport til fabrik				400
Maskinomkostninger kr./ha				4.600
DB efter Maskin- og arbejdsomkostninger				-1.256
Rente				4,5 %
Etablering: Fordeles over 5 år				
Udsæd/planter				1.000

Såning plus jævning med stubharve	1.000
Sum	2.000
Årlig omkostning (5 år)	456

For de ugødede arealer er det ikke muligt at opnå et positivt dækningsbidrag med de anvendte forudsætninger. Biomasseudbyttet bliver forøget med en faktor tre når arealerne bliver gødet, og det bliver muligt at opnå et positivt dækningsbidrag.

4.9 Grundbetaling

Gennem Vådområde- og lavbundsordningen samt Klima-lavbundsordningen kan der opnås tilskud for udtagning og vådlægning af tidligere drænede kulstofrige landbrugsjorder og lavbundsarealer. På arealer der indgår i landbrugsordninger tinglyses en servitut om, at arealet permanent ekstensiveres og derfor ikke må jordbearbejdes, gødskes, tilføres jordforbedringsmidler eller sprøjtes. Her kan der derfor kun høstes biomassehøst af den naturlige tilvækst af græsser, dunhammere og tagrør.

Der kan opnås grundbetaling hvis arealerne afgræsses, eller at der tages slæt. Paludikultur er desuden blevet tilføjet som støtteberettiget arealanvendelse under bruttoarealmodellen i EU-landbrugsaftalen fra d. 28. juni 2021, men der mangler fortsat en konkretisering af bestemmelserne.

5 PALUDIKULTUR MED STRANDSVINGEL



Strandsvingel. Foto: Stig Oddershede. DLF

5.1 Anvendelsesområder

Strandsvingel kan både anvendes til frøproduktion til plænegræs og som flerårigt slætgræs til biogasproduktion og fodergræs. Tørvejorde og våde arealer er dog uegnede til frøavl af strandsvingel. Som fodergræs er strandsvingel kendetegnet ved en god persistens/overvintring.

Bioraffinering kan dertil øge potentialet ved at producere adskille biomassen i flere fraktioner af koncentrerede produkter (proteinkoncentrater, fiberpulp og brunsaft) til foder og biogas samt potentielt en række øvrige produkter.

5.2 Arter og etablering

Svingel-familien (*Festuca*) består af en lang række græsarter, herunder strandsvingel (*Festuca arundinacea*), som er meget robust og har et dybt rodnet, der både tåler tørre og meget fugtige forhold samt periodisk oversvømmelse.

Strandsvingel forekommer naturligt i Danmark, oftest i kystnære områder, men også i indlandet. Der findes en del sorter på markedet som f.eks.: Kora, Barolex, Karolina, Swaj. Flere sorter er oplyst i "Sortsundersøgelsen 2019, markfrø".

Strandsvingelsorterne her er karakteriseret ved at have en forholdsvis høj fordøjelighed til kvægfoder, men er nok ikke de typer man ville vælge til produktion af biomasse. Her er en sort som Kora mere egnet. Strandsvingel-krydsningerne, som f.eks. rajsvingel har et meget højt biomassepotentiale der kan her opnås op til 15-20 ton tørstof i biomasse ved gødskning. Rajsvingel udmærker sig også ved at trives på våd jord der kan være periodevis oversvømmet.



Strandsvingel. Foto: Stig Oddershede. DLF

Etablering

Der udsås 5-8 kg strandsvingel pr. ha. Udsædsmængden afhænger af såbedets tilstand. Under normale vækstbetingelser vil denne udsædsmængde give ca. 100-125 planter pr. m². Frøene sås i foråret/tidlig sommer i ca. 1-2 cm dybde, så frøet er i kontakt med fugtig jord. Hvis jorden er for løs, kan der med fordel tromles før såning, så kapillæreffekten sikrer fugtige forhold omkring frøene, da udbyttet falder betydeligt, hvis afgrøden mangler vand i etableringsfasen.

Strandsvingel spirer ved forholdsvis lav jordtemperatur og etableringen er relativt langsom, men senere er væksten kraftig i strandsvingel. Det er derfor væsentligt at etablere et rent såbed. Pløjning kan dog skabe udfordringer på meget våde tørvearealer, da jordens lave bærevne nedsættes yderligere som følge heraf.

5.3 Gødskning og næringsstoffjernelse

Næringsstofftilførsel har væsentlig effekt på udbytterne i strandsvingel set over flere år, og kvælstoffjernelsen er tilmed høj for strandsvingel. Netto kan der gennemsnitligt fjernes ca. 80 kg N, 30 kg P og 5 kg K pr. ha pr. år ved to-tre slæt af strandsvingel på tørvejord med høj vandstand og gødskning (Kandel et al., 2017a).

I landsforsøgene 2012-2015 blev der dyrket strandsvingel på fugtig sandjord, hvor der netto blev fjernet mere kvælstof end det tilførte ved gødskningsrater på op til 162-233 kg N pr. ha pr. år. I kombination med P- og K-gødskning var nettokvælstoffjernelsen positiv ved gødskningsrater på op til 265-288 kg N pr. ha pr. år. Det er dog væsentligt at bemærke, at der var en faldende kvælstoffjernelse over de fire år forsøget forløb (Landsforsøgene 2012-2015).

Naturstyrelsen har igennem en syvårig periode i Græs til gas-projektet påvist en næringsstoffjernelse i størrelsesorden 71-156 kg N pr. ha pr. år og 6-21 kg P pr. ha pr. år i ekstensive græsarealer, dog afhængig af forsøgsbehandling (Lisbeth Nielsen mfl.)

Gødningsnormen for strandsvingel er 150 kg N pr. ha på humusjord (JB-11) jf. Gødskningsbekendtgørelsen 2020/2021 (Miljø- og Fødevareministeriet, 2020).

Evt. gødskning bør desuden tilpasses ift. næringsrigdommen i jorden samt ift. næringsindholdet i det gennemstrømmende vand i jordmatricen og tilførsler via dræn-/grøftevand.

5.4 Plantebeskyttelse

Der kan være behov for mekanisk eller kemisk ukrudtsbekæmpelse imellem rækkerne af strandsvingel og i etableringsfasen. Angreb af meldug er observeret i strandsvingel og kan tilmed udvikle sig hurtigt og kraftigt. Meldugangreb forsvinder dog typisk selv igen, hvorfor der ikke er behov for brug af svampemiddel. Hvis der vurderes at være behov for kemisk ukrudtsbekæmpelse, henvises der til vejledning af DLF: "Ukrudtsbekæmpelse i strandsvingel FrøavlsINFO nr. 4, 2021".

Det er dog væsentligt at bemærke, at det ikke er tilladt at anvende sprøjtemidler jf. nuværende gældende lavbundsordning.

5.5 Slæt

Strandsvingel er en hårdfør slætgræs og har en hurtig genvækst, hvilket muliggør flere slæt pr. vækstsæson. Foreslåede tidspunkter for slæt er juni og september/oktober ved 1-2 slæt strategi og juni, juli og september/oktober ved en 3 slæt strategi.

Kandel et al. (2017a) fandt, at der ved dyrkning af strandsvingel under høj vandstand på tørvejord (10-40 cm under jordoverfladen) ikke kan opnås væsentligt højere udbytter ved tre slæt frem for to slæt på trods af en højere N- og K-gødskning. Den øgede N- og K-gødskning blev modsvaret af en tilsvarende N- og

K-fjernelse i biomassen. Fosforfjernelsen var derimod 26% højere ved tre slæt end ved to slæt, hvilket dog også kan have sammenhæng med den højere N- og K-gødskning. Indholdet af lignocellulose i biomassen er tilmed lavere ved tre slæt, og forøger dermed alt andet lige biogaspotentiallet.

5.6 Udbytte og kvalitet

Dyrkning af strandsvingel under høj vandstand på tørvejord ved en vandstand på 10-40 cm under jordoverfladen har givet følgende tørstofudbytter i forsøg.

BIOMASSEHØST I FORSØG				
Græs	Gødskning. NPK	Antal slæt	Ton tørstof pr. hektar	Forsøgssted
Strandsvingel	160 N 16K 160P	2-3	16,4	Kandel et al., 2017a. Aarhus Universitet
Strandsvingel	240N 16K 260P	2-3	18,8	Kandel et al., 2017a. Aarhus Universitet
Strandsvingel	374 N +PK	3	11,2-15,0	Oversigt over Landsforsøgene 2012-2015
Strandsvingel	374 N ingen PK	3	8,4-9,1	Oversigt over Landsforsøgene 2012-2015
Strandsvingel	Ingen NPK	3	3,9 – 4,4	Oversigt over Landsforsøgene 2012-2015

Biomassehøst i Store Vildmose i Canape demoforsøg 2021.

GRÆS	GØDSKNING	TON TØRSTOF PR. HEKTAR	PROTEIN %	EKSTRAHERET PROTEIN KG PR. HEKTAR
Strandsvingel	Ugødet	3,2	11	30
Strandsvingel	200 Kg N. 43 kg P 215 kg K	13,5	19	240

Udbytniveau og proteinindhold i afgrøden fra Store Vildmose viser at det ikke er muligt at udvinde økologisk græsprotein på et niveau der er økonomisk realistisk i ugødet kulstofrig landbrugsjord. Der opnås

kun høje udbytter og proteinindhold i afgrøderne ved gødskning med handelsgødning. Udbringning af husdyrgødning på lavbundsarealer vurderes at være urealistisk.

Kvalitet

Biogaspotentialet for strandsvingel ligger på ca. 315-460 l CH₄ pr. kg organisk stof (VS). Høsttidspunktet og inkubationstiden i biogasanlægget er de primære styrende faktorer for biogasudbyttet, hvor studier har vist, at det højeste biogaspotentiale forekommer ved slæt i juni, men det samlede biogasudbytte er dog primært afhængigt af tørstofudbyttet (Kandel et al. 2017b).

5.7 Lagring og transport

Det friske græs kan enten leveres direkte til biogas efter høst eller ensileres og lagres ligesom fodergræs. Korrekt ensilerings- og udtagningssteknik er dog væsentligt ift. at begrænse energitabet.

Transport udgør en væsentlig andel af omkostningerne ved produktion af biomasse til energiformål. Økonomisk set er afstand bestemmende for transportmåden. Hvis transportafstanden er kort, transporteres biomassen som regel med traktor. Ofte er det ikke rentabelt at transportere biomassen med traktor ved afstande over 10 km, og derfor transporteres det i stedet med lastbil ved større afstande (Sørensen, 2015).

5.8 Økonomi

Nedenfor er opstillet foreløbige kalkuler for produktion af strandsvingel til biogas. Kalkulerne er behæftet med meget stor usikkerhed, da der ikke dyrkes strandsvingel på vandmættede arealer i stor stil i Danmark.

Strandsvingel er en god råvare til biogasproduktion, som kan erstatte energiafgrøder såsom græs og majs. Typisk betaler biogasanlæggene omkring 1 kr/kg TS for energiafgrøder. Den konkrete pris vil naturligvis afhænge af de lokale forhold såsom biogasanlæggets effektivitet og den lokale konkurrence om råvarerne.

For ugødede arealer er der antaget et udbytte på 4 tons TS/ha, mens der på gødskede arealer er antaget et udbytte på 12 tons TS/ha. Der er taget udgangspunkt i udbytter i Landsforsøgene 2012-2015 og Canape demonstrationsforsøget i Store Vildmose i 2021.

STRANDSVINGEL, GØDET				
	Kvantum		Pris i kr.	Total
Udbytte	12.000	Kg tørstof	1,0	12.000
Stykomkostninger				Kr. pr. ha
Etableringsomkostninger				456
Eftersåning 20 % pr. år				200

Handelsgødning, Kvælstof	200	Kg N	7,0	1.400
Handelsgødning, Fosfor	25	Kg P	9,0	225
Handelsgødning, kalium	163	Kg K	6,0	978
Diverse				
Stykomkostninger kr./ha				3.259
Forberedelse til såning/plantning				
Eftersåning (maskiner) 20% pr. år				200
Vedligehold af kultur				
Gødningsspredning				450
Høst				5.000
Transport til fabrik				1.200
Maskinomkostninger kr./ha				6.850
DB efter Maskin- og arbejds- omkostninger				1.891
Rente				4,50%
Etablering: Fordeles over 5 år				
Udsæd/planter				1.000
Såning plus jævning med stub- harve				1.000
Sum				2.000
Årlig omkostning (5 år)				456

STRANDSVINGEL, UGØDET

	Kvantum		Pris i kr.	Total
Udbytte	4.000	Kg tørstof	1,0	4.000
Stykomkostninger				Kr. pr. ha
Etableringsomkostninger				456
Eftersåning 20 % pr. år				200
Handelsgødning, Kvælstof	0	Kg N		
Handelsgødning, Fosfor	0	Kg P		
Handelsgødning, kalium	0	Kg K		
Diverse				
Stykomkostninger kr./ha				656
Forberedelse til såning/plantning				
Eftersåning (maskiner) 20% pr. år				200
Vedligehold af kultur				
Gødningsspredning				0
Høst				4.000
Transport til fabrik				400
Maskinomkostninger kr./ha				4.600
DB efter Maskin- og arbejdsomkostninger				-1.256
Rente				4,5 %
Etablering: Fordeles over 5 år				
Udsæd/planter				1.000

Såning plus jævning med stubharve	1.000
Sum	2.000
Årlig omkostning (5 år)	456

For de ugødede arealer er det ikke muligt at opnå et positivt dækningsbidrag med de anvendte forudsætninger. Biomasseudbyttet bliver forøget med en faktor tre når arealerne bliver gødet, og det bliver muligt at opnå et positivt dækningsbidrag.

5.9 Grundbetaling

Gennem Vådområde- og lavbundsordningen samt Klima-lavbundsordningen kan der opnås tilskud for udtagning og vådlægning af tidligere drænede kulstofrige landbrugsjorde og lavbundsarealer. På arealer der indgår i landbrugsordninger tinglyses en servitut om, at arealet permanent ekstensiveres og derfor ikke må jordbearbejdes, gødskes, tilføres jordforbedringsmidler eller sprøjtes. Her kan der derfor kun høstes biomassehøst af den naturlige tilvækst af græsser, dunhammere og tagrør.

Der kan opnås grundbetaling hvis arealerne afgræsses, eller at der tages slæt. Paludikultur er desuden blevet tilføjet som støtteberettiget arealanvendelse under bruttoarealmodellen i EU-landbrugsaftalen fra d. 28. juni 2021, men der mangler fortsat en konkretisering af bestemmelserne.

6 PALUDIKULTUR MED TAGRØR

Tagrørsproduktion er den mest kendte form for paludikultur i Danmark. Afgrøden har været høstet i tusindvis af år til stråtage. Tagrør har lufrødder og er derfor den art, der er bedst egnet til at gro under en varig høj vandstand. Afgrødens proteinindhold er desværre lav, og den vil derfor stadig være bedst egnet til byggematerialer, pyrolyse, ethanol- eller biogasproduktion. Der høstes stadig tagrør i Danmark, men der er også en stor import af tagrør fra Kina og Østeuropa, da høstomkostningerne er lavere i disse lande.

Det kan være omkostningsfuldt at etablere tagrørs mark, så vådlægning og en tilplantning med et lavt plantetal og deraf følgende naturlig tilgroning vil være den billigste metode. Det er opformeringsomkostningen på ca. 4-5 kr. pr. plante i planteplugs som gør etableringen omkostningsfuld. Omkostningerne kan sammenlignes med etablering af elefantgræs, feks *miscanthus sinensis* som kan bruges til tækning. Se erfaringerne fra [Naturens eget Stråtag - Tækkemiscanthus i Danmark](#)



Rørhøst Randers Fjord. Foto: Jørgen Kaarup, Straatagets Kontor.

7 PERSPEKTIVER

7.1 Paludikultur i landskabet som bufferzoner mellem produktion og natur

I [Paludikultur Landscape Machine](#) vurderes tagrør, dunhammer, pil og tørvemos som de mest lovende paludikultur afgrøder for at genskabe høj- og lavmoser. Det er nødvendigt at genskabe naturlig hydrologi ved at danne lavvandede områder, opfylde grøfter, opsætte simple spærringer i afvandingsgrøfter, anvende dæmninger og reetablere snoede vandløb.

Paludikulturer kan anvendes som bufferzoner mellem intensivt dyrkede områder og naturarealer, hvor næringsrigt drænvand fra oplandet ledes igennem vådområder med højproduktive afgrøder som dunhammer, tagrør mv., hvorved der fjernes næringsstoffer gennem biomassehøsten.

Simple spunsvægge i afvandingskanaler, som ikke har betydning for fiskebestanden, kan holde vandet tilbage, så der lettere kan dyrkes paludikulturer i tørvejordene. Mange paludikulturer er afhængige af en konstant høj vandstand.



Simple spunsvægge som er sat ned i lavbundslande, men ikke i paludikultur sammenhænge.

Foto: Frank Bondgaard, SEGES og Kirsten Birke Lund, Kiba Consult.

7.2 Natur

I Vådområde- og Lavbundsordningen og Klima-lavbundsordningen omdannes kulstofrige lavbunds- og tørvejerde til varig natur med en mere naturlig hydrologi. Disse arealer vil fungere som våde naturarealer og vil ofte være mere eller mindre vandmættede, en slags paludikulturer. I relation til beskyttelse af den lysåbne natur og biodiversitet er det vigtigt, at disse arealer også fremefter afgræsses, at der tages slet til hø, eller at der høstes biomasse, da en del af disse arealer er rasteplasser for trækfugle. Andre arealer ville have gavn af en naturlig tilgroning for at sikre en større diversitet i landskabet.

Den teknologi der anvendes til dyrkning af paludikulturer kan også anvendes her. Arealerne skal høstes, hvis Grundbetalingen skal sikres fremefter. Det er derfor vigtigt at få udviklet ny høstteknologi.

7.3 Høst af paludikulturer

Høstteknologien er stadig på udviklingsstadiet i Danmark, mens den er mere veludviklet i andre lande som f.eks. Holland. Naturstyrelsen har i de senere år samarbejdet med mindre virksomheder for at udvikle høstmateriel, der kan køre på meget våde arealer i Danmark. En af de store udfordringer har været finsnitning af afgrøden direkte ved høst, som vi kender det fra høst af majs.

Fokus på direkte finsnitning er for at spare en arbejdsgang i marken, men også for at sikre en bedre udnyttelse af afgrøden i biogasanlæg. Sandsynligvis vil nogle paludikulturer også kunne anvendes til fremstilling af protein.

Der er derfor fokus på videreudvikling af høstmetoder og maskinudvikling, da mange arealer i Danmark har behov for at forblive lysåbne. I udlandet er der allerede udviklet meget forskelligt høstmateriel, men der er nu hovedfokus på udvikling af letvægtsmateriel med finsnitningskapacitet. Høst med mindre robotter kan også blive aktuel.



Høst af græs på våde arealer udført af Naturstyrelsen i 2019. Foto: Ole Hyttel, Naturstyrelsen.

Naturstyrelsen er godt på vej i forhold til at udvikle høstgrej til anvendelse på lavbundsjord i GUDP projektet [HØSTTEK](#), ligeledes er der gjort erfaringer med [biomassehøst](#) i EU projektet [LIFE IP Natureman](#)

Andre nyheder om høstmetoder:

[Ny høst-teknologi vil forvandle klimaproblem til en bæredygtig forretning](#)

[Biomassehøst i paludikulturforsøget](#)

[Kan vi dyrke på de udtagne landbundjorde til gavn for klimaet](#)



Forsøgsfodring af kvæg i Holland med dunhammere. Jeroen Pijlman, Radboud University Nijmegen i Holland.

8 KONKLUSION, UDFORDRINGER OG MULIGHEDER

Ved dyrkning af paludikulturer vil det være muligt både at opnå både klimaeffekter, miljøeffekter og en stor tørstofproduktion.

8.1 Paludikultur som bufferzone

Paludikulturer har et potentiale til at kunne anvendes som 'bufferzoner' mellem intensivt dyrkede områder og naturarealer, hvor næringsrigt drænvand fra oplandet ledes igennem vådområder med højproduktive afgrøder som dunhammere, tagrør mv., hvorved der fjernes næringsstoffer gennem biomassehøsten samt via naturlige processer ved våde forhold, f.eks. ved denitrifikation af nitrat til luftformigt kvælstof. Udfordringen kan være økonomien i høst af mindre arealer. Paludikulturer skal derfor kombineres med en samtidig høst af andre naturarealer.

8.2 Paludikultur som naturgenopretning og et mere divers landskab.

Paludikultur kan også ses som del af en naturgenopretningsproces, hvor fosforpuljen i jorden nedbringes over en årrække, når der fjernes næringsstoffer med biomassen. Dette reducerer både fosfortabsrisikoen ifm. vandstandshævningen i vådområde- og lavbundsprojekter og gavner levevilkårene for nøjsomme plantearter og dermed i sidste ende måske biodiversiteten.

8.3 Økonomi og øget behov for viden

Der er et stort behov for mere viden om egnede afgrøder, etableringsmetoder, etableringsomkostninger, produktionspotentiale, høstomkostninger og anvendelsesmuligheder. Det er forholdsvis billigt at etablere græsser, mens f.eks. dunhammere og tagrør ofte har meget omkostningstunge etableringsmetoder. Måske der kunne laves kombinationer af især græsser og dunhammere, således at arealerne på lang sigt skifter fra en græsprøduktion til en dunhammerproduktion.

Nogle af de potentielle afgrøder til paludikulturer betragtes som vilde sumpplanter, f.eks. tagrør og dunhammere. De er derfor i de nuværende EU-ordninger ikke støtteberettiget som traditionelle landbrugsafgrøder. I den nye CAP-reform for 2023 ændres dette forhold måske. Rørgræs og andre græsser er en mulighed under de nuværende landbrugsordninger. Jordværdier ved varig vådlægning og dyrkning af paludikulturer er uafklaret, da jordværdien ofte vil hænge sammen med jordens reelle produktions- og afkast evne.

Dyrkning af paludikulturer kræver generelt mere forskning. Dyrkning af nye afgrøder afføder ofte også mange nye spørgsmål. Her er nogle få af dem:

1. Den reelle klimaeffekt af dyrkede paludikulturer.
2. Dyrkningsteknik og dækningsbidrag på nye og eksisterende afgrøder under mere våde forhold.
3. Afgrødernes foderværdier og potentiale for proteinudvinding, energi, varme, flybrændstof, bæredygtige genanvendelige forbrugsgoder samt anvendelighed til isolerings-og byggematerialer.

Lige nu er energi- og tørstofpriser er altafgørende for dyrkning af paludikulturer. Det er meget tydeligt i budgetkalkulerne at udbyttet helst skal ligge langt over 10 ton tørstof for at give acceptable dækningsbidrag. Udbytter på 10-20 ton tørstof opnås kun ved gødskning af arealerne. Ved stigende gaspriser som det er set i 2022, vil dækningsbidragene øges betydeligt når biomasse leveres til biogasanlæg.

Biomassehøst og udtæring af næringsstoffer på omdriftarealer, permanentgræs og naturarealer vil kun have acceptable dækningsbidrag via tilskudsordninger. Ofte kan der kun høstes 4-6 ton biomasse på

omdrift arealer, permanent græs og naturarealer uden gødskning. I 2022 støttes dette i landbrugsordningen Ekstensivering med slæt med 3.526 kr. pr. hektar.

9 ET DILEMMA

Det er et dilemma, hvorvidt vådlagte kulstofrige jorder bør gødes pga. især risiko for næringsstofftab/-fjernelse (udvaskning, eutrofiering, denitrifikation mv.). Derved er der risiko for, at der dels ikke opnås en reel gødningseffekt, og at der dels uhensigtsmæssigt tilføres næringsstoffer til vandløb og søer. Gødskning med N og/eller K, der som oftest vil være begrænsende næringsstoffer på tidligere dyrkede tørvejorde, kan derimod potentielt øge fosforfjernelsen og klimaeffekten gennem større udbytter. Miljøeffekten vil alt andet lige forbedres, hvis der gødes indirekte via vandtilførsel/overrisling med dræn- og grøftvand, således at tabte næringsstoffer fra oplandet 'genbruges'. Eventuel gødskning bør desuden tilpasses ift. næringsrigdommen i jorden samt ift. næringsindholdet i det gennemstrømmende vand i jordmatricen og tilførsler via dræn-/grøftvand. Paludikulturer vil være mest sikre at etablere i lukkede systemer hvor der hovedsageligt kun ville være indgangsvand fra dræn og grøfter, men ingen udgangsvand til vandløb. Bladgødskning kunne måske være en anden mulighed, men det vil med stor sandsynlighed være for omkostningskrævende.



Jordprofil af kulstofrig landbrugsjord. Foto Frank Bondgaard, SEGES Innovation

10 INFORMATIONSMATERIALE OM DYRKNING AF PALUDIKULTURER I UD-LANDET

Dyrkningen er stadig på forsøgsstadiet og her er samlet nogle links til websider og rapporter på området.

Paludikulturer i hele verden

[The contribution of paludiculture to climate change mitigation and adaptation](#) - af Hans Joosten

[Peatlands – guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use](#) - af Hans Joosten, Marja-Liisa Tapio-Biström & Susanna Tol

[Economic opportunities of wetland rewetting and paludiculture](#) - af Hans Joosten

Paludikultur projekter i Europa

[Paludiculture projects in Europe](#) - af Franziska Tanneberger, Christian Schröder & Wendelin Wichtmann

[Economic incentives for climate smart agriculture on peatlands in the EU](#) - af Sabine Wichmann

[Wetlands international](#)

[Desire](#)

Danmark

[Våde lavbundsarealer kan gøres produktive og klimavenlige](#) - af Poul Erik Lærke, Aarhus Universitet

[Flere muligheder for udtagning af lavbundslande](#) - af Poul Erik Lærke, Aarhus Universitet

[Paludikultur – the cultivation of wet and re-wetted peatlands](#) - af Brian Sorrell, Hans Brix, Franziska Eller, Wenying Guo and Linjing Ren

Naturstyrelsen

[Forsøg med dyrkning af dunhammer](#)

Aarhus Universitet

[Tørvejerde kan bruges til energigrøder](#)

Tyskland

[Projekter samlet ved Greifswald Mire Centre](#)

[Paludiculture - agriculture and forestry on rewetted peatlands](#)

[MoorWissen – information platform on mires, peatlands and climate protection](#)

[Paludiculture is paludifuture. Climate, biodiversity and economic benefits from agriculture and forestry on rewetted peatland](#) - af Wendelin Wichtmann, Franziska Tanneberger, Sabine Wichmann og Hans Joosten

Tyskland, Holland og Danmark

[Canape projektet](#) - af Peter Hahn, Naturstyrelsen

Italien

[A multi-adaptive framework for the crop choice in paludicultural cropping systems](#)

Holland

[Experiences from paludiculture demonstration sites and experiments: Which factors influence C fixation and CH₄ emissions?](#) - af Jeroen Geurts, Christian Fritz, Renske Vroom, Gert-Jan van Duinen, Sonja Volman, Merit van den Berg, Fujun Xie & Leon Lamers

[Recognize the high potential of paludiculture on rewetted peat soils to mitigate climate change](#) - af Jeroen J. M. Geurts, Gert-Jan A. van Duinen, Jasper van Belle, Sabine Wichmann, Wendelin Wichtmann and Christian Fritz

[Nutrient recycling in rewetted peatlands used for paludiculture](#) - af J. Geurts, C. Fritz, R. Vroom, J. Pijlman, M. Bestman, N. Van Ekeren, F. Lenssinck, F. Eller, C. Lambertini, B. Sorrell, C. Oehmke, A. Grootjans, H. Brix, H. Joosten, L. Lamers

[The potential of thypa in a dairy farming system](#) - af J. Pijlman, J. Geurts, F. Lenssinck, M. Bestman, N. van Ekeren, C. Fritz

[Paludiculture pilots and experiments with focus on cattail and reed in the Netherlands](#) - af Jeroen J. M. Geurts

England

Paludiculture UK Conference 2017: [Working with our wetlands \(PUKC001\)](#)

[Great Fen Living Landscape](#)

Høstmaskiner

[Hanse wetlands](#)

[AgBag](#)

Landskabet

[Paludiculture Landscape Machine](#)

[Paludiculture Landscape Machine – Regeneration of the raised bog landscape - Report](#)

11 REFERENCER

[CANAPE, Interreg VB North Sea Region Programme](#)

Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/>

Geurts, J.J.M, Fritz, C. (red.). (2018). Paludiculture pilots and experiments with focus on cattail and reed in the Netherlands. Technical report – CINDERELLA Project. Radboud University Nijmegen.

Geurts, J.J.M, Oehmke, C., Lambertini, C., Eller, F., Sorrell, B.K., Mandiola, S.R., Grootjans, A.P., Brix, H., Wichmann, W., Lamers, L.P.M. & Fritz, C. (2020). Nutrient removal potential and biomass production by *Phragmites australis* and *Typha latifolia* on European rewetted peat and mineral soils. *Science of The Total Environment* 747, 141102-141102.

Greve, M.H., Greve, M.B., Peng, Y., Pedersen, B.F., Møller, A.B., Lærke, P.E., Elsgaard, L., Børgesen, C.D., Bak, J.L., Axelsen, J.A., Gyldenkerne, S., Heckrath, G.J., Zak, D.H., Strandberg, M.T., Krogh, P.H., Iversen, B.V., Sørensen, E.M., Hoffmann, C.C. Vidensyntese om kulstofrig lavbundsjord. Rådgivningsrapport fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug.

Gyldenkerne, S. (2021). Lavbundsordningen. I: Greve, M. H., Greve, M. B., Peng, Y., Pedersen, B. F., Møller, A. B., Lærke, P. E., Elsgaard, L., Børgesen, C. D., Heckrath, G., Iversen, B., Hoffmann, C. C., Bak, J., Axelsen, J., Strandberg, M., Zak, D., Krogh, P. H.,

Gyldenkærne, S., & Sørensen, E. M. (2021). *Vidensyntese om kulstofrig lavbundsjord: Rådgivningsrapport fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug.*

Hyttel, Ole Naturstyrelsen Himmerland. [Biomassehøst i paludikulturforsøget](#)

Hyttel, Ole Naturstyrelsen Himmerland. [Biomassehøsten august 2014 omkring biogasanlægget Krogen-skær ved Brønderslev](#)

Hyttel, Ole Naturstyrelsen Himmerland. [LIFE IP Natureman – landmanden som naturforvalter](#)

[Interreg CANAPÉ](#) – Naturstyrelsen

IPCC. (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J.,

Kandel, T.P., Elsgaard, L. Lærke, P.E. 2017a. Influence of harvest managements of festulolium and tall fescue on biomass nutrient concentrations and export from a nutrient-rich peatland. *Ecological Engineering* 109(A), 1-9.

Kandel, T.P., Ward, A.J., Elsgaard, L. Møller, H.B., Lærke, P.E. 2017b. Methane yield from anaerobic digestion of festulolium and tall fescue cultivated on a fen peatland under different harvest managements. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 67(7), 670-677.

Landsforsøgene 2012-2015. Oversigt over Landsforsøgene 2012, 2013, 2014, 2015 - Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. *SEGES*.

Martens, M., Karlsson, N.P.E., Ehde, P.M., Mattsson, M., Weisner, S.E.B. (2021). The greenhouse gas emission effects of rewetting drained peatlands and growing wetland plants for biogas fuel production. *Journal of environmental management* 277, 111391-11139.

Miljø- og Fødevareministeriet. 2020. Gødskningsbekendtgørelsen 2020/2021. BEK nr. 1166 af 13/07/2020.

Miljøstyrelsen. [Høslæt og biomassehøst som naturplejemetode](#)

Miljøstyrelsen. [Høslæt og biomassehøst som naturplejemetode](#)

Nielsen, Lisbeth mfl. Ådale kan levere næringsstoffer og energi. *Økologi & Erhverv* 23. marts 2018 nr. 629

[Paludiculture. Sustainable productive utilisation of rewetted peatlands](#). Greifswald Mire Centre. University of Greifswald, Institute of Botany and Landscape Ecology. Institute for sustainable development of landscapes of the earth (DUENE e.V.). Michael Succow Foundation for the Protection of Nature

Piljman, J., Geurts, J., Vroom, R., Bestman, M., Fritz, C. & van Eekeren, N. (2019). The effects of harvest date and frequency on the yield, nutritional value and mineral content of the paludiculture crop cattail (*Typha latifolia* L.) in the first year after planting. *Mires and Peat* 25, 04, 1–19.

Sørensen, S.Ø. 2015. Flerårige energiafgrøder – Hvad er bedst for mig? *SEGES*

Tiemeyer, B.J., Freibauer, A. Borraz, E.A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Gensior, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Laggner, A., Leiber-Sauheitl, K., Peichl-Brak & M., Drösler, M. (2020). A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators* 109, 105838.

V. Huth, M. Hoffmann, S. Bereswill, Y. Popova, D. Zak and J. Augustin http://mires-and-peat.net/media/map21/map_21_04.pdf.

[Workshop - Rewetting Peat Soils](#). EJP Soil. European Joint Programme

Østergaard, N. (2020) (ikke pub.) Udrådningsforsøg af dunhammer fra naturareal. SEGES.

Udgiver

SEGES Innovation P/S
Agro Food Park 15, Skejby
DK 8200 Aarhus N

Forfattere

Frank Bondgaard, SEGES
Lars Villadsgaard Toft, SEGES
Ditte Olsen, SEGES

Kontakt

Frank Bondgaard, SEGES

D +45 8740 5409

Forsidefoto

Frank Bondgaard, SEGES

2. udgave juni 2022

Denne publikation må kopieres efter aftale med SEGES.

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug