

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

DYRKNINGSVEJLEDNING **FOR PALUDIKULTUR MED RØRGRÆS**

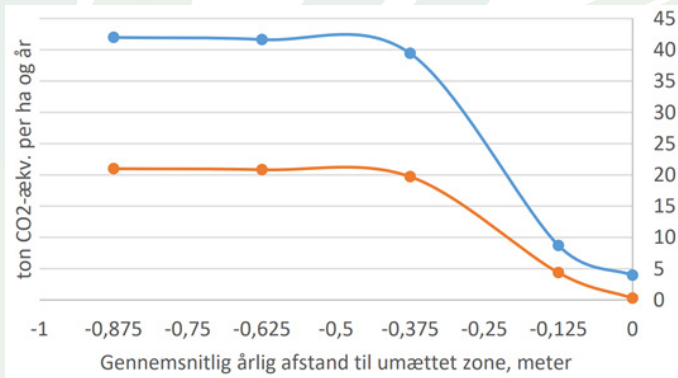
Rørgræs kan høstes på naturarealer eller
dyrkes ekstensivt på kulstofrige lavbundslande



KLIMAEFFEKT AF PALUDIKULTUR

Kulstofudledningen (CO_2) kan potentielt reduceres markant ved vådlægning af tidligere drænede lavbundslande med et højt tørveindhold, 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. rørgræs, under våde forhold kaldes paludikultur, hvilket 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 plante-biomassen til f.eks. energiformål, som derved fortrænger CO_2 -udledninger fra fossile brændsler. Ved at fjerne plantemateriale fra lavbundsarealer undgås også organisk nedbrydning af biomas-sen 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.



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 gennemsnitlige årlige vandstand. Den blå og orange kurve angiver henholdsvis lande med mindst 12 % organisk kulstof og lande 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.

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 producere 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



VIDEO: Fremtidens anvendelse af organogene jorde



FAKTA:

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

ARTER

Arten Phalaris dækker en slægt med ca. 13 græsarter, herunder rørgræs (Phalaris arundinacea). Rørgræs er flerårig over formerer sig både ved frø og vegetativt (rhizomvækst). Rørgræs forekommer naturligt i Danmark og findes typisk på fugtige næringsrige vandløbsnære 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.



Rørgræsforsøg ved Vejrumbro Foto: Frank Bondgaard, SEGES

ETABLERING

Rørgræs etableres fra frø ved såning i foråret/forsommeren med traditionelle såmaskiner, som f.eks. anvendes til 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, pga. 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.

GØDSKNING OG NÆRINGSSTOFFJERNELSE

Næringsstofftilførsel har væsentlig effekt på udbyttet 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 gødningsrater på op til 61-334 kg N pr. ha pr. år. I kombination med P- og K-gødning var nettokvælstoffjernelsen positiv ved gødningsrater 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 syv-årig 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 - 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 'energi afgrøder', og har en gødningsnorm på 75 kg N pr. ha og 15 kg P pr. ha på humusjord (JB-11). Rørgræs høstet som slætgræs bioenergi går under kategorien 'permanent græs til fabrik' og har en gødningsnorm på 229 og kg N pr. ha og 17 kg P pr. ha på humusjord (JB-11) jf. Gødningsbekendtgørelsen 2020/2021 (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2020).

Et dilemma

Det er et dilemma i hvorvidt vådlagte jorde bør gødes. I naturrestaureeringsprojekter som Vådområde- og lavbundsprojekter samt Klima-lavbundsprojekter er det ikke tilladt at gøde og sprøjte. Gødsning medfører en risiko for næringsstofftab/-fjernelse (udvaskning, eutrofiering, denitrifikation mv.), og dermed opnås der ikke en reel miljøeffekt. Moderat gødsning med begrænsende næringsstoffer (typisk N og/eller K) kan dog potentielt øge fosforfjernelsen og klimaeffekten gennem større udbytter. Miljøeffekten vil alt andet lige forbedres, hvis der gødes indirekte via vandtilførsel/overrisling med dræn-/grøftevand, således at tabte næringsstoffer fra oplandet 'genbruges'.

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

FAKTA:

Paludikultur kan 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 vådområdeprojekter og gavner levevilkårene for nøjsomme plantearter og dermed biodiversiteten.

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 tilfaldt at anvende sprøjtemidler jf. nuværende gældende lavbundsordning.

HØSTMASKINER

Der anvendes traditionelle såmaskiner, som ligeledes ses ved såning af græs. Der kan være behov for at anvende specialdesignet maskiner til slæt og høst af biomasse pga. den lave bæreevne på våde lavbundsarealer.

Der findes forskellige typer maskiner som f.eks. rørhøstere, der er gjort lettere eller designet med ballondæk, flere hjul eller maskiner med bælter. Disse typer køretøjer er bl.a. brugt til høst af tagrør til tagtækning, men der er også en udvikling i gang i Danmark hvor der er fokus på at udvikle maskiner som kan høste og snitte biomassen i samme arbejdsgang.

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.



Græshøst på lavbundsjord i Nørreåen. Foto: Ole Hyttel, Naturstyrelsen.



Biomassetransport i Nørreåen. Foto: Ole Hyttel, Naturstyrelsen

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

Store Vildmose blev der i 2021 høstet store udbytter i rørgræs				
Græs	Gødskning	Ton tørstof 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

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 et to-slæt strategi og juni, juli og september/oktober ved et 3 slæt strategi.

UDBYTTE

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

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

Biogaspotentialet 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, hvor 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).

LAGRING OG TRANSPORT

Det friske græs kan enten leveres direkte til biogas efter høst eller ensileres og lagres ligesom fodergræs. Korrekt ensilerings- og udtagningsteknik 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).

ØKONOMI

Nedenfor er opstillet foreløbige kalkuler for produktion af rørgræs til biogas. 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 1,00 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

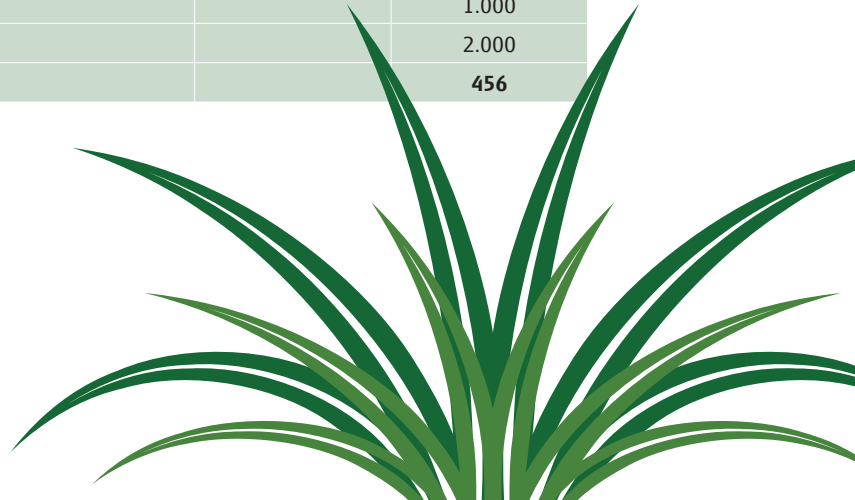
Stykomkostninger				Kr. pr. ha
Etableringsomkostninger				456
Eftersåning 20 % pr. år				200
Handelsgødning, Kvælstof	200	Kg N	7,0	1.400
Handelsgødning, Fosfor	25	Kg P	9,0	225
Handelsgødning, kalium	163	Kg K	6,0	978
Diverse				

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 arbejdsomkostninger				1.891
Rente				4,50%
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 ugodede 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.

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.

GRUNDBETALING
Gennem Vådområde- og lavbundsordningen samt Klima-lavbundsordningen kan der opnås tilskud for udtagning og vådlægning af tidligere drænedede kulstofrige landbrugsjorde og lavbundsarealer. På arealer der

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.

UGØDET

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

REFERENCER
Berglund, Ö., Berglund, K., Jordan, S., Norberg, L. 2019. Carbon capture efficiency, yield, nutrient uptake and trafficability of different grass species on a cultivated peat soil. CATENA 173: 175-182.

Interreg CANAPÉ – Naturstyrelsen

CANAPE, Interreg VB North Sea Region Programme

Elmholt, S. 2009. Notat vedrørende dyrkning af rørgræs. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet.

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., Gyldenkærne, 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. Rådgivningsrap-port fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug.

Hyttel, Ole Naturstyrelsen Himmerland. LIFE IP Natureman – landmanden som naturforvalter

Hyttel, Ole Naturstyrelsen Himmerland. Biomassehøsten august 2014 omkring biogasanlægget Krogenskær ved Brønderslev

Hyttel, Ole Naturstyrelsen Himmerland. Biomassehøst i paludikulturforsøget

Kandel, T.P., Elsgaard, L. Lærke, P.E. 2017. 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.

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

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

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

Miljøstyrelsen. Høslæt og biomassehøst som naturplejemetode

Paalova, T., Lehtomäki, A., Seppälä, M., Rintala, J. 2007. Methane production from reed canary grass. University of Jyväskylä, Department of Biological and Environmental Science.

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

ØVRIG LÆSNING OM HØSTMETODER:



Ny høst-teknologi vil forvandle klima-problem til en bæredygtig forretning



Biomassehøst i paludikulturforsøget



Kan vi dyrke på de udtagne
landbundjorde til gavn for klimaet