



ASKE FRA ENERGITRÆ ER NATURGØDNING

**Energitræ er den største grønne energikilde i Danmark.
Restproduktet ved forbrænding er 75.000 tons aske, der bør recirkuleres
til plantager på sandet og næringsfattig jord
som værdifuld naturgødning.**

Om forfatterne
Mads F. Hovmand
er seniorforsker
mfh@bio.ku.dk

Torben Riis-Nielsen er
specialkonsulent

Flemming Ekelund er
lektor

Gosha Sylvester er
laborant

Mads M. Krag er labora-
toriekoordinator

Alle ved Biologisk
Institut, Københavns
Universitet.

Energitræ er verdens ældste styrbare energikilde, vore forfædres sikre beskyttelse mod vilde dyr og varme til krop og madlavning. I Danmark er energiproduktion fra energitræ og affaldstræ i dag den største grønne og styrbare energikilde med en årlig produktion på 120 PJ (= 33 milliarder kWh). Energitræ udgør således ifølge Danmarks Statistik (2020) 50 % af den grønne energiforsyning og 70 % af den styrbare grønne energi.

Restproduktet ved afbrænding af træ er træaske. Årligt produceres der i Danmark 75.000 tons træaske, hvoraf cirka 45.000 tons realistisk kan indsamles fra de store kraftvarmeverker og genanvendes som naturlig gødning i plantagerne.

Træaske er en betydelige ressource, der bør anvendes med omtanke.

Indtil andre grønne og styrbare energikilder er blevet udviklet, vil vi stadig være afhængige af blandt andet energitræ og andre styrbare energikilder. Når der forbruges store mængder energitræ, er der fornuft i at indsamle og håndtere restproduktet træasken. Træasken indeholder de plantenæringsstoffer, som vi har "lånt" af jorden for at rejse skov og producere træ. Det er derfor oplagt at tilbageføre disse plantenæringsstoffer til skov-jordene i det omfang, det er muligt, til gavn for ny trævækst. I dag sendes tusindvis af ton træaske til deponi især fra værker på Sjælland. Men blandt andet i Vestjylland "returneres" store mængder til plantagerne.

Hvor meget der sendes på deponi, altså ikke genbruges, er det svært at få oplyst officielt.

Men hvordan reagerer skovøkosystemet, når man spreder træaske direkte på skovbunden? Det har vi forsøgt at belyse ved at udføre en række forsøg på sandede og næringsfattige jorde i Stråsø Plantage i Vestjylland.

Træaske til produktionsskov

I vestjyske Plantager er jordenes naturlige indhold af plantenæringsstoffer meget lavere end i østdanske moræne-jorde. Den største forskel finder vi i rodzonen (det vil sige i 10-50 cm's dybde). Her er indholdet af vigtige plantenæringsstoffer som kalium, calcium og magnesium 6 til 15 gange lavere

i vestjyske skovjorde sammenlignet med østdanske skovjorde. For skovenes topjorde – det vil sige 0–10 cm – er forskellen mellem Øst- og Vestdanmark noget mindre.

Vi lavede vores målinger i felten i 23 plots fordelt på to arealer med lysåben skov bestående af egeskov og blandingsskov med Eg og Lærk, begge arealer havde urtedækket skovbund. Vi tilførte dansk træflis- aske fra kraft-varmeværket i Herning til arealerne. Askedoseringen var henholdsvis 0,9 kg og 1,8 kg pr m² svarende til 9 og 18 ton aske per hektar. Syv arealer uden asketilførsel tjente som referencearealer. Plantenæringen i 9 tons træaske svarer nogenlunde til den mængde plantenæring, der fjernes ved høst af heltræ pr hektar i løbet af en omdriftsperiode (vækstperiode) på 70-90 år. Men mange vestjyske plantager har leveret træ i to omdriftsperioder siden hedens opdyrkning i 1850'erne. Derfor er der i forsøget også tilført dobbelt ration, altså 18 ton træaske per hektar.

Vi fokuserede på træaskens kemiske sammensætning, især plantenæringsstoffer, og hvilken effekt asken kan have på jordens kemiske sammensætning og vegetationens sammensætning. I den forbindelse analyserede vi cirka 200 jord- og planteprov for 25 kemiske parametre. Desuden undersøgte vi ændringer i skovbundens flora: artssammensætning, biomasse og kemiske indholdsstoffer. Endelig undersøgte vi eksempler på, hvordan jordbundens mikroorganismer blev påvirket af asketilførslen.

Felt- og laboratorieanalyser

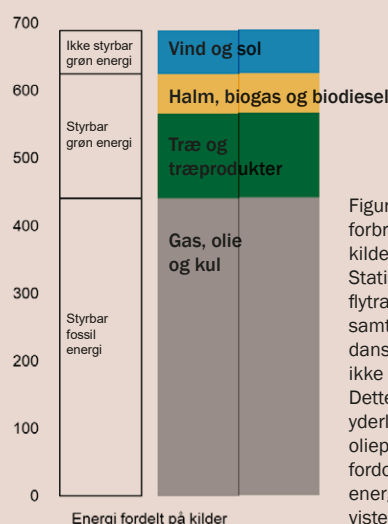
Vores målinger viste, at ved 9 og 18 ton/ha asketilførsel til skovbundens overflade steg koncentrationen af plantenæringsstoffer i topjordene 0-10 cm og i skovbundens urtedække. Fosfor-koncentrationen i græsserne steg 35 % - 114 %. Calciumkoncentrationen steg mellem 23 % og 35 %, mens koncentrationen af kalium steg mellem 14 % og 44 %. Derimod var koncentrationen af kvælstof i urtevegetationen uændret, idet asken ikke indeholder kvælstofforbindelser. Kvælstofforbindelser udledes med røgen som NO_x ved forbrændingen.

Vi målte også tungmetaller og andre spormetaller, hvoraf nogle anses for toksiske og uønskede. Vi fandt ingen øgning af bly og cadmium i planter og jord, som blev tilført aske, men en mindre stigning for krom. Miljøstyrelsens direktiv for grænseværdier i afgrøder var dog langt fra overskredet, og koncentrationerne af tungmetaller lå en faktor 6 eller mere under de tilladte grænseværdier.

Tilførslen af træaske til skovbunden førte kun til små ændringer i vegetationssammensætningen. Det gælder både før og efter askeudbringning og mellem plots med og uden asketilførsel. Træasken ændrede

Styrbar og ikke-styrbar energi

Energiproduktion i Danmark kan opdeles i styrbar energi og ikke-styrbar energi. Styrbare energikilder er for eksempel fossile brændsler og biobrændsler samt atomkraft, som kan op- og nedskaleres efter behov. Ikke-styrbare energikilder som vind- og solenergi er derimod kun til rådighed, når det for eksempel blæser eller solen skinner. Anvendelse af ikke-styrbar energi forudsætter, at der investeres i 100 % backup fra styrbare energikilder, når den ikke styrbare energi i perioder yder lidt eller ingenting



Figuren viser det registrerede forbrug af forskellige energikilder opgjort af Danmarks Statistik. Energiforbrug til flytrafik til og fra Danmark, samt skibstrafik udført af danske rederier medtages ikke i den officielle statistik. Dette forbrug er estimeret til yderligere 540 PJ energi fra olieprodukter, hvilket giver en fordobling af forbrugt fossil energi i forhold til de i figuren viste værdier.

ikke afgørende plantedækkets sammensætning. Enkelte arter blev dog kortvarigt mere talrige, men virkningen aftog de følgende år. Dette gjaldt eksempelvis for græsarten Bølget Bunke. Det første år efter asketilsætning var der en stigning i antallet af blomstrende skud, men allerede det følgende år var antallet af græsskud det samme på alle plots.

Ændringer i bundvegetationen

Ændringer i sammensætningen af arter i plantagens bundvegetation har en særlig interesse, da den kan være en synlig indikation på generelle ændringer af biotopen.

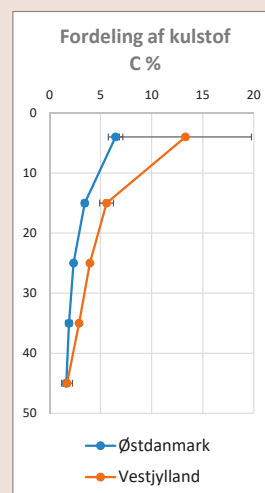
I parcellerne med nyplantet Lærk og Eg fandt vi efter asketilsætning en stigning i dækningsgrad for Fløjlsgræs, Gederams og Almindelig Kongepen, mens Hedelyng og Lyng-Snerre faldt. De nævnte arter var dog fortsat dominerende på arealer både med og uden asketilsætning. Disse parceller er nyplantede efter stormfald af nåleskov. Stormfaldet i år 2000 har forstyrret jorden, og arealet er efterfølgende lysåbent, hvilket muligvis er grunden til, at området rummer et større antal arter end arealet med ren egeskov. Vi fandt 15 arter af urter og græs, samme antal arter på arealer med og uden asketilsætning.

I det andet forsøgsområde, den ældre egeparcel, var vegetationen før asketilførslen domineret af arter tilknyttet næringsfattig og sur skovbund med homogen bevoksning af græsset Bølget Bunke med en dækningsgrad på cirka 50 %. Efter asketilførsel steg dækningsgraden af Bølget

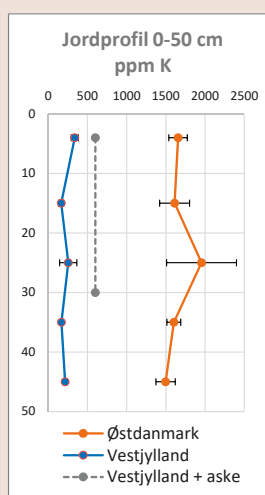
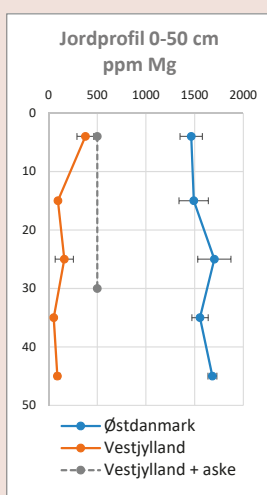
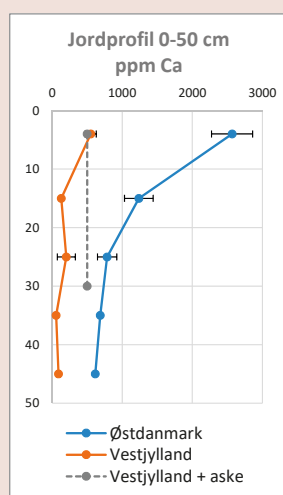
Næringsstoffer i jorden

Figurene viser koncentrationsforløbet af næringsstoffer i 0–50 cm's dybde baseret på 150 analyserede skovjorde fra hele landet. De viste elementer er vigtige for plantevæksten. Blå kurver viser gennemsnitskoncentrationer ned gennem jordprofilen for østdanske skovjorde, mens gule kurver viser tilsvarende koncentrationsforløb for vestjyske skovjorde. Stiplede linjer er beregnede koncentrationer for vestjyske jorde ved nedblanding af træaske i jordsøjlen 0–30 cm.

Kulstof er en indikator for jordens indhold af delvis formulerede blade og humus. Andelen af kulstof er derved en indikator for nedbrydning af det organiske materiale, træerne tilfører skovbunden. Hvis blade og nåle ikke nedbrydes, frigøres deres indhold af plantenæringen ikke til vegetationen. Næringsstofferne er derved "låst inde" i en uomsættelig kulstof-pulje. De høje kulstof-koncentrationer i Vestjylland indikerer lille omsætningsrate af organisk stof, blade og nåle. Herved reduceres frigørelsen af plantenæring og dermed potentialet for trætilvækst. →



I forhold til kulstofindholdet for henholdsvis Vest- og Østdanmark er billedet af næringsstof-profilerne for kalium (K), magnesium (Mg) og calcium (Ca) det modsatte. De tre næringsstoffer har meget højere koncentrationer i de østdanske skovjorde end i vestjyske. For jorddybder under 10 cm, træernes rodzone, er koncentrationerne i de østdanske jorde i snit 10 gange højere end de vestjyske for de samme dybder. Dette misforhold i næringsstofpotentialet kan selv sagt godt have indflydelse på trætilvæksten i de to geografiske områder.



Med en stiplede lodret linje vises den elementkoncentration, man kan opnå ved at tilføre 18 ton træaske per hektar og nedblande aske sammen med det organiske

toplag til en homogen jordblanding fra 0 til 30 cm.

For de vestjyske jorde bliver koncentrationsforøgelsen af elementer i jordsøjlen 0–30 cm en faktor 3 til 6 højere ved aske-nedblanding. En klar forbedret næringsstofforhold i forhold til ugødet sandjord. Men koncentrationerne ligger stadig langt fra østdanske skovjorde uden tilsat aske.

Bunke til 80 %, og Hedelyng steg fra 1 % til 4 %. Skovstjerne steg fra 2 % til 4 %. Det totale antal af plantearter var uændret 10. Dækningsgraden af de tre dominerende mosser blev ikke påvirket af asketilsætningen, og ingen af de dominerende plantearter forsvandt eller blev nyetableret efter asketilsætning.

Jordens mikroorganismer, med og uden aske

Som en indikator-parameter for mikrobiel aktivitet målte vi antallet af protozoer per gram jord i de

øverste 10 cm af jorden. Protozoer er encellede organismer, der æder bakterier. Bakterieædere spiller en central rolle i jordens omsætning af organisk stof. Protozoerne er selv føde for dyr højere oppe i fødekæden. Antallet af protozoer per gram jord er en indikator for den bakterielle aktivitet.

Antallet af protozoer steg cirka tre gange i plots tilført aske. Vi mener, at dette skyldes, at tilførte næringsstoffer øgede primærproduk-

tionen, samtidig med at jordens syreindhold blev neutraliseret en smule. I gennemsnit steg skovjordenes pH fra 4 til 6 ved tilførsel af den "basiske" træaske.

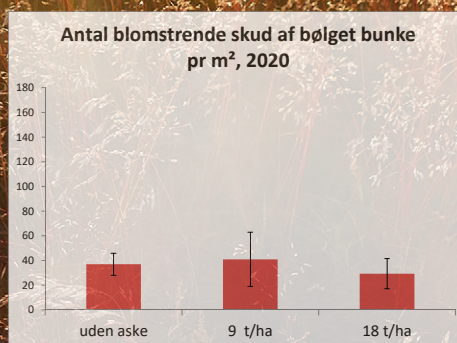
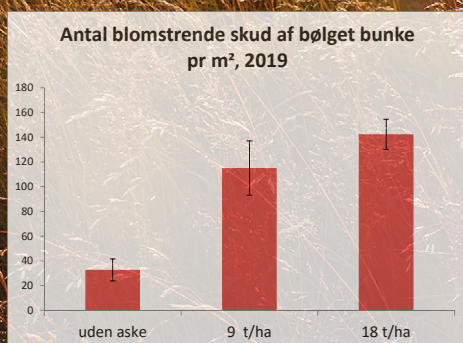
Asketilførsel øger antallet af bakterier i overjorden, og dermed stimuleres omsætningen af organisk stof. Toke Bang-Andreasen og kolleger fandt i et studium fra 2017 et lignende forhold i en anden vestjysk granplantage, hvor den mikrobielle aktivitet ligeledes blev øget ved tilførsel af træaske.

Taleksempel:

45.000 tons træaske pr år fra energisektoren svarer til tilførsel af store mængder handelsgødning (kunstgødning).

Træasken svarer til: 8.000 tons fosfor-kaliumgødning: PK-gødning (0- 7-11) og yderligere 10.000 tons kaligødning med mikronæringsstoffer: K gødning (0-0-40). Askens calcium-indhold svarer til 25.000 tons jordbrugskalk.

Total set er det alle plantenæringsstoffer, der ikke blot er nødvendige for markafgrøder, men også for skovens træer, buske og urter.



Ændringer i antal græs-skud som funktion af tilført aske. Ændringerne viser sig i 2019, året efter asketilsætning i 2018. Figuren til højre viser, at antallet af græs-skud allerede i 2020 har normaliseret sig.

Tæt bestand af bølget bunke. Foto: Shutterstock

Træaske bør tilføres strategisk

Vestjyske plantager på sandet jordbund har lav træproduktion. Vores undersøgelser viser, at tilførsel af træaske fra energiproduktionen forbedrer sandjordens indhold af plantenæring og øger dermed dyrkningspotentialet.

Samlet set blev jordenes pH-værdi øget (det vil sige surhedsgraden faldt), og produktionen af skovbundens planter og mikroorganismer blev ligeledes øget. Analyser af skovjordenes indhold af plantenæringsstoffer viste, at asketilførsel kun påvirkede de øverste 0-10 cm. Tilførslen har dermed kun påvirket bundvegetationen. Træernes dybereliggende rodsystem har ikke umiddelbar gavn af asketilførsel lagt direkte på skovbunden.

Hvis man vil øge træproduktionen på de næringsfattige vestjyske sandjorde, peger vores forsøg på, at træasken fra energiproduktion skal tilføres mere strategisk. Fremtidige forsøg med tilskud af træaske bør derfor fokusere på at nedblande asken i dybereliggende jordlag (10-40 cm). Hermed beriges træernes rodzone med plantenæringsstoffer til gavn for vedproduktion og CO₂-neutral energiforsyning.



Billede fra en vegetationsanalyse i Stråsø Plantage. Rammen er 1 m² stor, og i hvert af de 9 x 9 = 81 krydspunkter i nettet er der lavet en pin-point-analyse ved at føre en metalpind lodret ned i vegetationen og registrere hver planteart, der rammes af pinden. På den måde får man et mål for dækningen af plantearten. Desuden er der lavet en total floraliste fra hvert plot ved hver måling. Vegetationen er domineret af Bølget Bunke og mosser (primært Trind Fyrremos og Cypresmos) samt lidt spredt tyttebær. Foto: Torben Riis-Nielsen

Forskningen beskrevet i artiklen er finansieret af 15. Juni Fonden.

Videre læsning

Hovmand, M.F., Nielsen, O., Rønn R. Element concentrations in energy wood and wood ash. Project report: Bio. Institute, Copenhagen University, 2019.

Toke Bang-Andreasen, et al. Wood Ash Induced pH Changes Strongly Affect Soil Bacterial Numbers and Community Composition. Frontiers in microbiology, 2017.

Antal af protozoer i skovjord som funktion af jordens surhedsgrad, pH. Tilsætning af basisk træaske øger pH og antallet af aktive protozoer stiger.

