



# TRÆERNE VOKSER IKKE IND I HIMLEN

## Gamle gødningsforsøg viser begrænsninger for vækst og kvalitet

Ny vin på gamle flasker. Ældre gødningsforsøg viser, at loven om det aftagende udbytte forklarer, hvordan udviklingen af træernes naturlige vækst og juletræskvalitet (f.eks. nålefarve, internodieantal og vitalitet) foregår med stigende kvælstoftilførsel. Loven peger også på, at der med gødskning er en begrænsning på, hvor gode kvalitetsmålene kan blive.



☰ *Lars Bo Pedersen, Ph.D. i stofkredsløb & Claus Jerram Christensen*

Alverdens hvede kan ikke produceres i en urtepotte, og juletræerne vokser ikke ind i himlen. Gødning giver en bedre nålefarve og større frodighed, men er man alt for gavmild med gødningen, bliver virkningen ikke så stor, og i værste fald tabes der farve og frodighed. Det gælder nemlig om at finde en balance, hvor

gødskningen giver et tilfredsstillende respons hos juletræerne i forhold til den anvendte gødningsdoserings.

I tidens løb er der formuleret flere love, der forklarer, hvorfor plantevækst er begrænset. I Nåledrys er "Liebig's minimumslov"<sup>1</sup> allerede beskrevet (Nåledrys 122). Denne lov blev senere omformuleret bl.a. af E.A. Mitscherlich til den knap så kendte "lov om fysiologiske sammenhænge", som udtrykker forholdet mellem udbytte og f.eks. ▶

<sup>1</sup> Liebig's minimumslov siger at det grundstof, der er mindst af i forhold til plantens behov, er den begrænsende faktor for plantens vækst.

næringsstofkoncentrationer som en logaritmisk funktion. Denne lov ligger meget tæt op af loven om det aftagende udbytte, som er denne artikels omdrejningspunkt i forhold til gødsning.

## Det aftagende udbyttes lov

De fleste har sikkert hørt om lovmæssigheden tidligere, f.eks. hvis man har været på Danske Juletræers gødningskursus. Loven er ellers mest kendt inden for økonomi, hvor den er udviklet af bl.a. økonomenerne Adam Smith, Jacques Turgot og David Ricardo. Oprindeligt blev den dog udviklet til at forklare, hvordan arbejdskraften påvirker høstudbyttet på et givent jordstykke. Siden da har mange jordbrugskemikere bekræftet lovens egnethed til forklaring af gødningsstoffernes påvirkning af planters vækst og kvalitet.



**Det aftagende udbyttes lov er en teori/lov, der forudsiger, at der efter et optimalt udbytte er nået, sker en mindre udbyttetigning i takt med at input vokser**

Loven siger, at hvis der i en given produktion af en vare indsættes flere enheder af én produktionsfaktor, f.eks. gødning, mens mængden af de øvrige produktionsfaktorer forbliver uændret, vil grænseproduktet (marginaludbytte) efterhånden aftage. Det vil sige, at stigningen i udbytte er aftagende (marginalt fald), så længe resten af faktorerne holdes på et konstant niveau (ceteris paribus). Man kan derfor også kalde loven for det faldende marginale udbyttes lov.

Et par eksempler kan illustrere lovens logik: Der kommer et punkt for, hvor mange mennesker der kan arbejde i samme rum. De bliver generet af pladsmangel, og de kan ikke længere udføre opgaverne korrekt. Et større antal arbejdstagere i rummet vil medføre, at produktionsniveauet falder for hver arbejdstager, der bliver ansat. I så fald er den marginale stigning i produktionen negativ.

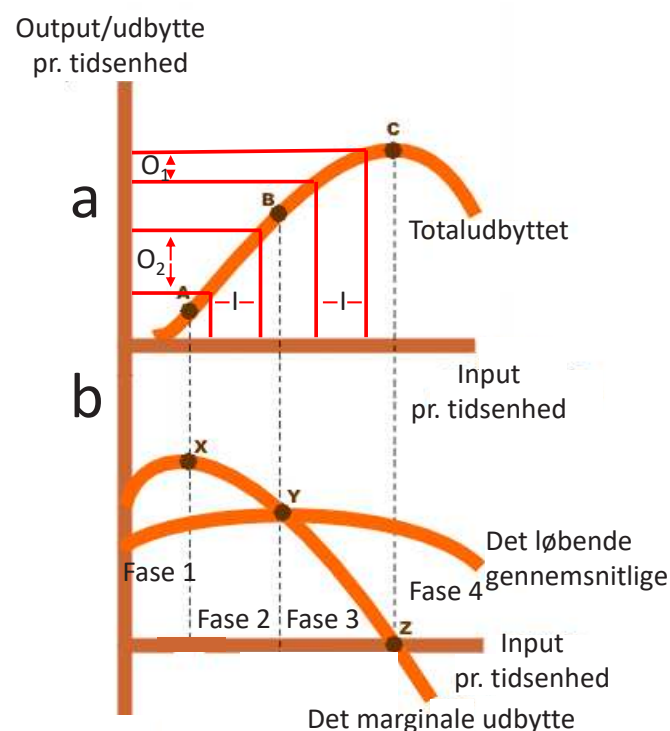
Forestil dig for eksempel også, at kun én person håndgødsker en juletræskultur. Dette er et enormt arbejde. Hvis han køber en traktor og gødningspredere, kan gødskningen udføres meget bedre, hurtigere og mere effektivt. Men at købe endnu en traktor og gødningspredere er ikke gavnligt for ham, da han ikke kan køre i begge på samme tid. Den første traktor øgede således produktionen, mens den anden ikke gjorde, dvs. den marginale ydeevne blev nul, da den anden traktor blev tilføjet. Lad os forestille os, at han f.eks. får 20 flere traktorer og gød-

ningspredere. Fordi han nu bliver nødt til at bruge en del af sin produktionsjord til at parkere på, reduceres produktionen med et marginalt faldende udbytte for hver traktor, der tilføjes.

Som vi skal se i det følgende, reagerer juletræer på gødskning på samme måde. På et tidspunkt vil stigningen i grenantal i grenkransene, internodier, sideknopper, nålefarve, nålefylde, stammediameter og grenlængde ophøre eller falde med øget gødskning. Alt for meget gødskning vil i sidste instans også få topskudslængden til at falde (træerne vokser ikke ind i himlen) grundet forgiftning.

## Teorien bag loven

Loven illustreres i figur 1, som en kurve opdelt i fire faser. I fase 1 forøges udbyttet hele tiden i takt med at input øges (figur 1a). Det betyder, at såvel marginaludbyttet som det løbende gennemsnitlige udbytte øges igennem hele fasen indtil punktet A nås på kurven over totalproduktionen i figur 1a. Dette svarer til punktet X (bøjningspunktet) i figur 1b, hvor marginaludbyttet topes, og hvor der stadig sker en stigning i det gennemsnitlige udbytte.



Figur 1. Det aftagende udbyttes lovs/konceptets teoretiske kurveforløb. Delfigur 1a viser det totale output (udbytte) som funktion af inputtet, mens delfigur 1b viser forløbet af marginaludbyttet og det løbende gennemsnitlige udbytte som funktion af inputtet. Marginaludbyttet er ændringen af totaludbyttet, når der tilføjes én inputtenhed. Det gennemsnitlige udbytte er det gennemsnitlige totaludbytte for alle inputenheder, en pendant til det løbende gennemsnit. Det aftagende udbytte anskueliggøres ved, at ændringen af udbyttet ( $O_2 \rightarrow O_1$ ) falder med samme input ( $I$ ) i løbet af tiden. Hvis udbytte sent i forløbet skal være af samme størrelse som tidligere i forløbet, kræves der således et langt større input.



Figur 2. Repræsentative træer fra fem udvalgte gødningsbehandlinger i projektet "Optimal gødskning af nordmandsgran- og nobilisjuletræer". Projektet blev udført i 1990'erne med nordmannsgran af Ambrolauriproveniensen og uden top- og bredderegulering. Hastrup skov, Palundans planteskole, Salten Langsø og Rye Nørskov udgjorde hovedlokaliteterne med gødningsforsøg i syv behandlinger (inklusive kontrol) med fire gentagelser.

Fase 2 karakteriseres også af et forøget udbytte, men her falder marginaludbyttet (punkt X til Y i figur 1b) svarende til et fald i udbytte pr. inputenhed. Fase 2 slutter, når det løbende gennemsnitlige udbytte toppe (punkt B og Y i henholdsvis figur 1a og b).

Fase 3 karakteriseres også af en udbytteforøgelse i figur 1a og et faldende marginalprodukt (figur 1b), men i modsætning til fase 2, sker der nu et fald i det løbende gennemsnitlige udbytte. Fase 3 slutter ved, at marginaludbyttet falder til nul (punkt C og Z i figur 1a og 1b). I modsætning til fase 1 med stigende udbytte pr. inputenhed repræsenterer både fase 2 og fase 3 et faldende udbytte pr. inputenhed. I fase 3 vokser udbyttet langsommere end i fase 2, fordi marginaludbyttet bliver mindre end det løbende gennemsnitlige udbytte.

I modsætning til de andre faser falder udbyttet i fase 4 (figur 1a). Det løbende gennemsnitlige output fortsætter med at falde, mens marginaludbyttet bliver decideret negativt.

### Praktisk anvendelse

Lad os antage, at input udgøres af gødskning, mens output er en form for juletræskvalitet, f.eks. nålefarve. Spørgsmålet er så, hvor på udbyttekurven man skal sigte efter at være som en rationel dyrker?

Det er oplagt at holde sig fri af fase fire, hvor udbyttet er faldende (svarende til tab af nålefarve) på grund af overgødskning (forgiftning). I denne fase vil der kunne opnås en bedre nålefarve ved blot at mindske gødningstilførslen. Fase 1 er en bedre fase, men den rationelle dyrker vil ikke

lægge sin produktion her, fordi der ikke er en effektiv udnyttelse af gødningstilførslen der, idet selv en lille ekstra tilførsel vil give en markant bedre nålefarve. En rationel dyrker vil heller ikke lægge sig i fase 2, hvor han jo stadigvæk forbedrer den gennemsnitlige nålefarve med øget tilførsel af gødning.

Med andre ord er fase 3 det sted på kurven, der er mest optimalt. Her foregår der stadig en forbedring af nålefarven, når gødningsmængde øges, selvom både den løbende gennemsnitlige udbytte og marginaludbyttet er faldende. Hvor eksakt i fase 3, der opnås den mest optimale effekt afhænger af lokaliteten (klima, jordbund) og af gødningspriserne.

### Gødningsforsøg

Juletræernes respons på (kvælstof)gødning er blevet målt i en række større gødningsprojekter op igennem 90'erne, 00'erne og 10'erne, hovedsageligt finansieret af det daværende landbrugsministerium, Skov- og Naturstyrelsen, Produktionsafgiftsfonden (PAF) og Danske Juletræer. Det drejer sig om årlige målinger af træhøjde, topskudsvækst, grenlængde, stammediameter, grene i øverste grenkrans, knopper i topskud, internodier, vitalitetsscore, nålelængde, nålekemi og nålefarve. Nedenfor anskueliggøres, hvordan sådanne kvalitetsmål følger kvælstofdoseringsen gennem et forløb, som kan forklares ved det aftagende udbyttes lov.

I figur 2 er vist udvalgte kvalitetsmåls respons på gødskning fra projektet "Optimal gødskning af nordmandsgran- og nobilisjuletræer". Denne ældre undersøgelse

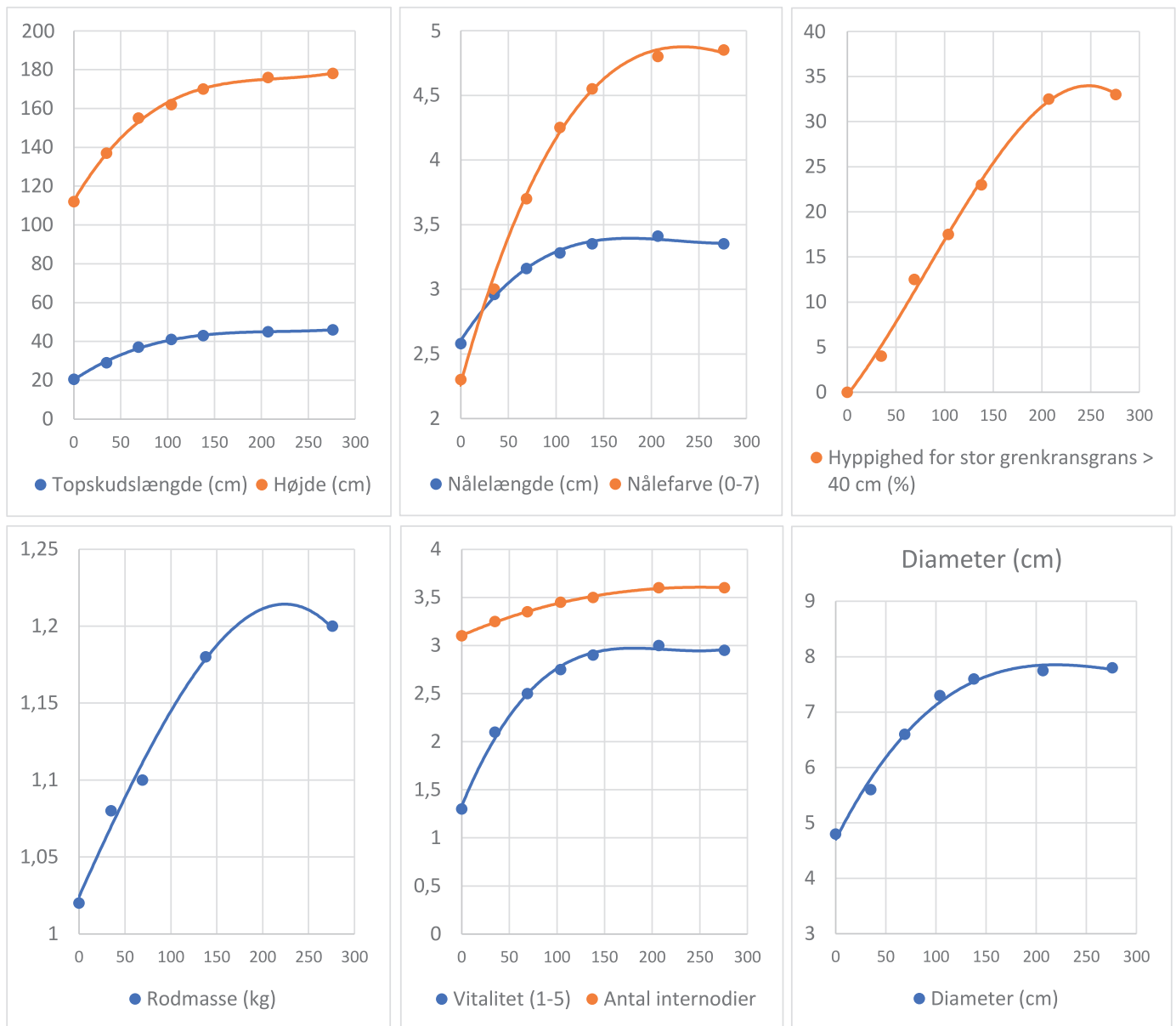


## GØDNING TIL JULETRÆER

Organisk gødning baseret på recirkulerede genanvendte animalske råvarer

Find vores gødningssortiment på [Øgro.dk](http://Øgro.dk)

Læs mere på [www.Øgro.dk](http://www.Øgro.dk) eller kontakt os på:  
 Tlf.: 5156 4709 eller e-mail: [Øgro@daka.dk](mailto:Øgro@daka.dk)



Figur 3. Forløbet af topskudslængde, træhøjde, nålelængde, nålefarve, stammediameter, hyppighed af for stor grenkransafstand, rodbiomasse, vitalitet og antal af internodier som funktion af kvælstofdoser (kg/ha/år) i gødningsprojektet "Optimal gødskning af nordmandsgran- og nobilisjuletræer". Projektet forløb fra 1993 - 99. Planterne blev plantet i 1990 og 1991 i en tid uden top- og bredde-regulering. Træerne blev målt hvert år, men delfigurenes data stammer fra målinger i 1998 og 1999. Tallene repræsenterer gennemsnit fra fire forsøg hver med fire gentagelser på i alt 50 m<sup>2</sup> (nettoparceller). Christensen, C.J. Pedersen, L.B. & Friis, E. (2001).

fra 90'erne med Ambrolauri er den mest detaljerede gødningsundersøgelse af danske juletræer, men den foregår i en tid helt uden bredde- og topregulering. Selvom undersøgelsens syv kvælstofbehandlinger (0, 35, 69, 104, 138, 207 og 276 kg N/ha/år) lyder af mange, er det langt fra tilstrækkeligt, hvis et detaljeret kurveforløb for det aftagende udbytte skal vises grafisk. Derfor skal det viste kurveforløb i figur 3 tages som en grov tilnærmelse.

### Juletræernes gødningsrespons på øget dosering

Målingerne peger på at kvalitetsparametrene inklusiv, grenlængde, grenantal i øverste grenkrans og knopper i topskud (ikke vist) følger lovmæssigheden bag det aftagende udbytte gennem en hurtig stigning i respons fra kontrolbehandlingerne (0 kg N/ha/år) til omtrent 75-100

kg N/ha/år svarende til fase 1 og fase 2 afhængig af, hvilken kvalitetsparameter der betragtes. Fase 3 befinder sig omtrent mellem 75 og 200 kg N/ha/år igen afhængig af hvilken respons, der betragtes. Ved 200 kg N/ha/år eller derover sker der en stagnation eller ligefrem et faldende respons som tegn på mulig begyndende kvælstofforgiftning.

Med andre ord peger disse resultater på, at der alene med gødskningen i Ambrolauri-proveniensen ikke kan opnås en gennemsnitlig større nålelængde end 3,4 cm ved ca. 200 kg N/ha/år, men også at gennemsnitlige nålelængder på 3,3 cm nås allerede ved 100 kg N/ha/år. Den gennemsnitlige nålefarve fås ikke bedre end 4,8, men allerede ved 125 kg N/ha/år nås en farveværdi på

4,5. Der kan desuden ikke opnås end bedre gennemsnitlig vitalitetsscore end 3,0, men allerede ved ca. 100 kg N/ha/år nås en score på 2,75. Kigger man på antal grene i øverste grenkrans, antal topknopper (ikke gengivet på figur) og internodier, når det maksimale niveau tæt på 100 kg N/ha/år for derefter at flade ud. I dag topskudsreguleres næsten alle juletræer, men kigger man på nærværende forsøg med uregulerede træer, har gødskningen en begrænset mervirkning på topskudsvæksten, når doseringen overstiger 125 kg N/ha/år.

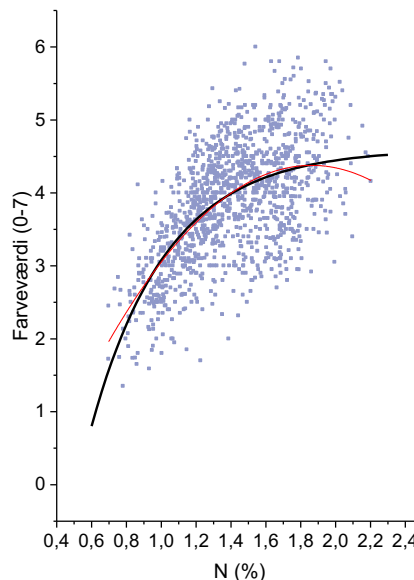
Resultaterne viser derfor ikke overraskende, at det er optimalt at gødske salgsklare og nær salgsklare kulturer i intervallet 100 - 200 kg N/ha/år når man udelukkende bruger mineralske gødninger og uden hensyntagen til f.eks. udvaskning og forurening af ferske og marine recipienter.

Resultaterne peger derfor på, at også juletræernes kvalitetsrespons er underlagt "loven om det aftagende merudbytte". Udbyttekurverne ser generelt ud til at være "ret" flade i fase tre, hvilket betyder, at de sidste kilo kvælstof tilført op til det økonomisk optimale kun vil give et beskedent merudbytte. Tilsvarende er det forbundet med relativt små tab, at gødske lidt under det økonomiske optimale niveau. Omvendt vil en svag undergødskning i forhold til det optimale være gavnligt for miljøet, - et

forhold der tidligere har ført til normreduktioner for forskellige afgrøder.

### Nålefarve og kvælstofoptag

Når nålefarven plottes som funktion af årsnålenes kvælstofkoncentrationen ses en sammenhæng, der også kan forklares med det aftagende udbyttes lov (figur 4), hvor der sker en meget kraftig farveforøgelse fra koncentrationer omkring 0,8 pct. til 1,2 pct. Herefter sker der en gradvis udflad-



Figur 4. Farveværdi som funktion af Kvælstofkoncentrationen i årsnålene. Data fra flere gødningsforsøg.



### Tågesprøjte

Liftsprøjter fra 600 l – 1200 l.  
Trailersprøjter fra 3200 l – 5500 l.  
Rækkevidde: Op til 50 m vandret  
og op til 30 m lodret.  
Pumpe med stor ydelse og tryk.



### Slagleklipper/ grenknuser

Et stærkt produkt til professionelle som bruges i skoven og til naturpleje. Monteres på enten traktor, kompakttraktor, minilæsser eller minigraver. Fjerner genstridigt græs og lignende beplantning.



**Ventura**  
FORESTRY MACHINES

### Grenknuser/ rodfræser

Arbejdsdybde: 0 til 35 cm.

**NYHED**  
Kan fås med  
vægt

### Flowmatic Gødningsspreader SKMAS

Udkast til én eller begge sider. 1100, 1900 eller 2700 l. Kan leveres med kran.

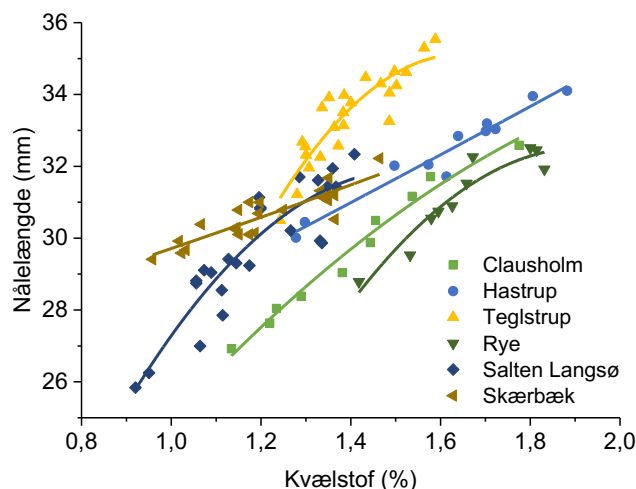
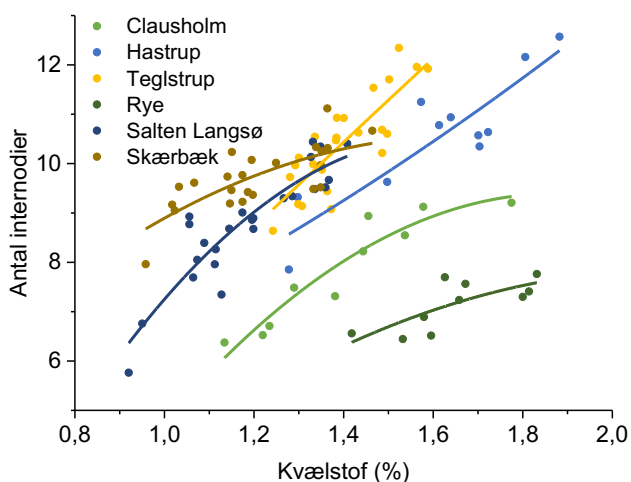
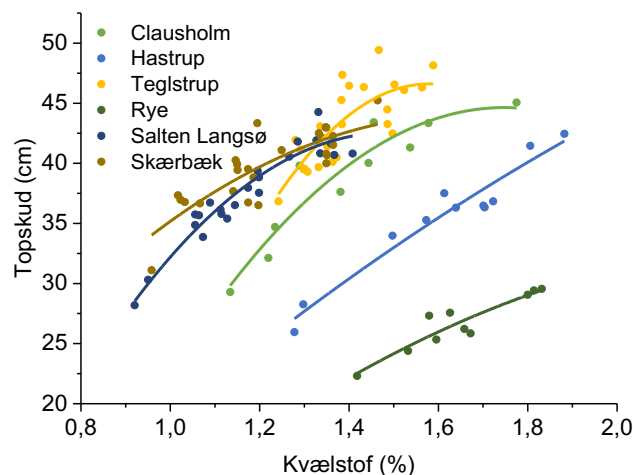
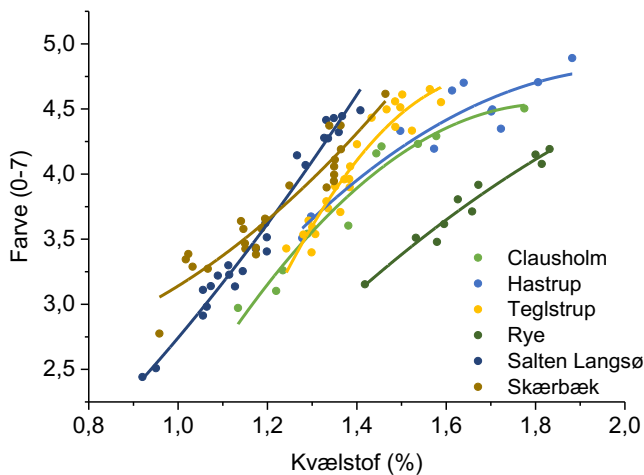


## Skærbæk Maskinforretning

v/ Bent Sørensen - Aabenraavej 17 - 6780 Skærbæk - Tlf. 74 75 12 05 - Fax 74 75 05 55  
www.skmas.dk - info@skmas.dk

Skærbæk Maskinforretning har et bredt udvalg af nye- og brugte maskiner. Ring for demo eller tilbud. Send en mail på [info@skmas.dk](mailto:info@skmas.dk) eller ring på tlf. 74 75 12 05/ Bent Sørensen tlf. 40 31 66 88

**skmas.dk**



Figur 5. Nålefarve, nålelængde, antal internodier og topskuddets sammenhæng med kvælstofkoncentrationer i nålene. Forsøg uden top-skudsregulering.

ning af kurven og ved koncentrationer over 1,8 pct. foregår der kun en minimal farveforøgelse eller måske endda et lille farvefald. Danske Juletræer anbefaler bl.a. på baggrund af figur 4, at kvælstofkoncentrationer bør ligge mellem 1,4 -1,8 pct.

### Andre gødningsforsøg

Hvis gødskningen har så stor indflydelse på juletræernes kvalitet, betyder det også, at kvælstofoptagelsen og dermed kvælstofkoncentrationen i nålene bør være direkte relateret til juletræskvaliteten. I figur 4 er nåle- og topskudslængde og antal internodier lagt op over kvælstofkoncentrationen på seks forskellige lokaliteter spændende fra deciderede sandjorde til fede lerjorde.

Kurvene forløber ikke helt ens på de respektive lokaliteter, men det overordnede billede er et kurveforløb, der afspejler de tre første faser i loven om det aftagende udbytte. Forudsætningen for det aftagende udbyttes lov er, at kun en inputenhed varieres. Derfor kan de mindre afvigelser (f.eks. lineære forløb) let skyldes forskelle lokaliteterne imellem, f.eks. imellem jordbund og proveniens samt klimavariationer imellem årene, hvor lokaliteterne har været inddraget i gødningsforsøg.

### Konklusion

Forvent ikke en stadig forbedring af juletræskvalitet som følge af øget gødskning. Loven om det aftagende udbytte viser tydeligt begrænsningerne i juletræernes kvalitetsrespons på gødskning, men loven giver også fingerpeg om, hvad man kan forvente sig af kvalitet, når der gødskes både uhensigtsmæssigt og optimalt.

Fordobler man f.eks. kvælstoftilførslen fra 20 til 40 kg N/ha/år i salgsklare og nær salgsklare kulturer, vil man få et meget stort kvalitetsløft. Løftet vil være meget større pr. kg tilført kvælstof, end hvis man øgede tilførslen fra f.eks. 100 til 120 kg N/ha/år.

Selvom førstnævnte forøgelse er meget stor pr. ekstra kg tilført kvælstof, sker den i et område, hvor gødskningens effekt langt fra er udnyttet. Sidstnævnte forøgelse befinder sig derimod i et område, hvor det totale kvalitetsudbytte er nær maksimalt ligesom den marginale kvalitetsforbedring ikke har nået nul. Hvor eksakt i fase 3, det er mest optimalt, afhænger af både lokaliteten og af gødningspriserne.

Nogle vil måske hævde, at man kan klare sig med meget mindre kvælstof i afdriftsårene. Det kan sagtens have sin rigtighed, fordi responsen på kvælstofgødning er ret flad hen mod slutningen af fase tre, hvilket betyder, at gødningspåvirkningen af de ekstra tilførte kilo gødning kun har begrænset virkning. Desuden kan man (for en stund) lukrere på mineraliseret kvælstof fra jordbunden.

En anden forklaring på et lavere behov for kvælstof kan være, at man ikke har så stort et kvælstoftab fra dyrkningssystemet gennem fordampning (stort fra fede jorde med højt Rt samt ureaholdige gødningsprodukter uden inhibitor) og udvaskning (mindre på lerjorde end på sandjorde). Desuden kan forskelle i splitgødning have stor betydning. Sidst, men ikke mindst, kan forskelle i "reaktiviteten" og sammensætningen imellem de anvendte gødningstyper også have store betydning for kvælstofbehovet.

### Litteratur

Pedersen, L.B. (2023): Næringsstofferne påvirker hinandens tilgængelighed, Nåledrys nr. 122, side 15-21.  
Christensen, C.J. Pedersen, L.B. & Friis, E. (2001): Bevoksning- og farvegødning af nordmannsgranjuletræer. Pyntegrøntserien nr. 16, Skov & Landskab. [↗](#)

## Egedal Juletræsmaskiner

<p><b>Gødnings-spreader type Airflow</b></p> <p>Airflow er til gødning af juletræ- og pyntegrøntskulturer. Hydraulisk styret.</p> 	<p><b>Portal Traktor type X-MAS</b></p> <p>X-MAS, 2-rækket eller 3-rækket. Velegnet til pleje og vedligeholdelse af juletræer og lign.</p> 
<p><b>Plantemaskine type K</b></p> <p>K er med kraftige rulleskær og planteskær, stor kapacitet, god og komfortabel arbejdsstilling.</p> 	<p><b>Portal Traktor type X-MAS</b></p> <p>Med frontmonteret klipper med svingarm.</p> 
<p><b>Juletræsmaskine type E2H med sprøjteudstyr</b></p> <p>90-130 cm rækkeafstand fjederbelastede sprøjteskærme. Pumpe m. oliemotor 50 liter beholder.</p> 	<p><b>Juletræsmaskine type E9H</b></p> <p>med svingarmsklipper</p> 

**Egedal**  
MASKINFABRIK A/S

Hent brochurer og videoer på [www.egedal.dk](http://www.egedal.dk)

Torvegade 39, DK-7160 Tørring | Telefon +45 75 80 20 22 | Telefax +45 75 80 20 33  
e-mail: [Info@egedal.dk](mailto:Info@egedal.dk) | [www.egedal.dk](http://www.egedal.dk)

Egedal kan tilbyde et alsidigt maskinprogram der dækker alle behov for rationel og moderne planteproduktion!

Scan for at læse mere



# STYRK KVALITETEN

## af dine Juletræer & Pyntegrønt

### med Laboratorieanalyser fra Eurofins Agro Testing

### Vi tilbyder blandt andet:

Nåleprøver, Jordanalyser, Restkoncentrationer



Som medlem af Danske Juletræer kan du gøre brug af den fordelagtige rammeaftale.

Scan QR-koden og læs mere, eller gå ind på [www.eurofins.dk/agro/skovbrug](http://www.eurofins.dk/agro/skovbrug)  
Du kan også læse mere på Danske Juletræers hjemmeside.

[agro@eurofins.dk](mailto:agro@eurofins.dk) +45 76 60 42 42

 **eurofins** | Agro