

# Sensorbaserede tilvækstmålinger i sukkerroer






Af  
projektleder  
Otto Nielsen

Som planteavlere er det vigtigt at have kendskab til, hvor godt ens afgrøder vokser, så man ved, om dyrkningen forløber, som den skal. I roedyrkingen er der primært tre pejlemærker for afgrødens vækst; fremspiringsdato, rækkelukning og udbytte. Fremspiringsdato og udbytte kendes ret præcist, mens rækkelukning er et mere usikkert mål, da det afhænger af, hvorfra man betragter roerne. Faktisk vil et luftfoto oftest afsløre bare pletter i marken, eller at rækkerne kun når hinanden ganske få steder. I realiteten har vi derfor næsten ingen data, der beskriver væksten fra fremspiring til høst.

I forsøgsmæssig sammenhæng foretager vi i nogle tilfælde tilvækstmålinger i sukkerroer, men målingerne er meget arbejdskrævende, da det kræver opgravning og vask af plantematerialet og ideelt set, at plantematerialets tørstofindhold bestemmes. Endvidere skal der tilså ekstra areal til den løbende høst af planterne.

Både i praksis og i forsøgsmæssig sammenhæng er det derfor ønskeligt at kunne kvantificere tilvæksten på en lettere måde. I flere årtier har man

Tabel 1. Oversigt over anvendte sensorer til måling i arealer med sukkerroer 2013.

Tabel 1. Oversigt over anvendte sensorer til måling i arealer med sukkerroer 2013	
Sensorer	Måleprincip og anvendelse
<p><b>Yara N-sensor</b></p> <p>Monteres normalt på taget af en traktor</p> <p>Hos NBR er sensoren monteret på en ATV</p>	<p>Fire nedadvendte sensorer, der skanner marken fremad og bagud på begge sider af traktoren. Én opadvendt sensor, der måler indstråling.</p> <p>Sensorerne måler ved alle bølgelængder mellem 450-900 nm (10 nm interval) og der kan derfor effektivt indsamles store mængder data. Data logges på PC sammen med GPS-koordinater. Herudfra kan der genereres markkort (figur 3).</p> <p>Sensoren kan anvendes sammen med forskellige redskaber til blandt andet at graduere gødning- eller herbicidtildeling.</p> 
<p><b>GreenSeeker</b></p> <p>Håndholdt apparat. Findes endvidere i andre udgaver til monteret på redskaber m.m.</p>	<p>Det håndholdte apparat udsender selv rødt (660 nm) og infrarødt (780 nm) lys og refleksionen af dette måles med sensorer.</p> <p>Sensoren skal holdes i en højde på 60-120 cm over afgrøden og skanner da et cirkelformet areal på ¼ - ½ kvm</p> <p>Man kan enten lave en punktmåling eller et løbende gennemsnit, for eksempel når man går henover et areal. Det er muligt at anvende mobiltelefonen til at logge data.</p> 
<p><b>Skye Instruments</b></p> <p>Hos NBR er sensorerne monteret på ATV</p>	<p>To nedadvendte sensorer placeret på bom og én opadvendt sensor, der måler indstråling. Den ene nedadvendte sensor er monteret så den måler over afgrøderækken, mens den anden måler mellem afgrøderækkerne. De to sensorer skanner tilsammen et areal på cirka 0,5 kvm, men ved at køre langs rækkerne kan der totalt skannes et langt større areal.</p> <p>Sensorerne måler rødt (655 nm) og infrarødt lys (810 nm) og data logges på PC.</p> 

forsøgt sig med alternative metoder i forskellige afgrøder, men metoderne har aldrig vundet særlig stor udbredelse, da teknikkerne har været for kostbare, teknisk vanskelige eller ikke tilstrækkeligt kvantitative.

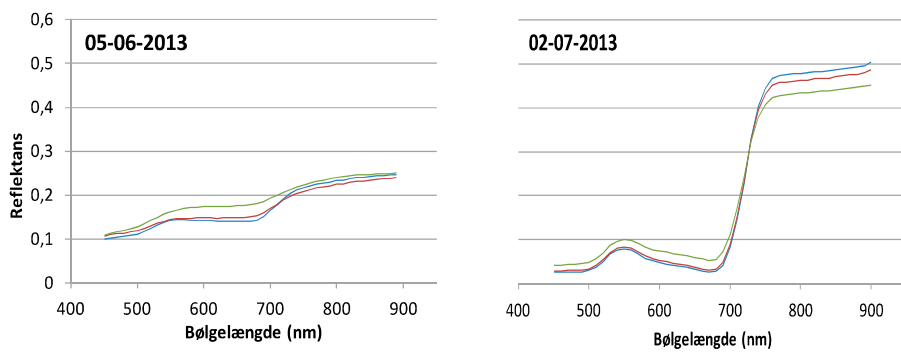
## Se lyset

I 70'erne var der forskere, der bogstaveligt talt begyndte at se lyset. Man fandt nemlig ud af, at planter er meget forskellige i forhold til jord med hensyn til, hvilket lys de reflekterer. Reflektionsmønstret (reflektansen) fra et areal vil derfor ændre sig efterhånden som det dækkes af plantemateriale. Det er dog specielt mængden af infrarødt lys, der ændres, så derfor er det nødvendigt at

anvende infrarøde sensorer for at kvantificere, hvor meget plantedække, der er på et areal. Dette er der vist et eksempel på i figur 1, hvor vi med en Yara N-sensor har målt reflektansen fra tre forskellige arealer med sukkerroer henholdsvis den 5. juni og den 2. juli. Den 5. juni var planterne endnu meget små, mens de den 2. juli dækkede en stor del af jordoverfladen (foto 1-2). Det ses at den største ændring er sket i det infrarøde område, og dette anvendes til at beregne forskellige biomasse- eller vegetationsindeks (tabel 1). Et almindeligt anvendt vegetationsindeks er NDVI, som blandt andet bruges til at anslå den globale fødevarerproduktion ved hjælp af satellitovervågning (figur 2). Tilsvarende kan man med

Tabel 2. Eksempler på beregning af vegetationsindeks. R angiver andelen af reflekteret rødt lys og NIR angiver andelen af reflekteret nærinfrarødt lys. Ved beregning af SAVI forsøger man at kompensere for refleksionen fra jordoverfladen ved at udvide formelen. Dette har især betydning, når planterne i ringe grad dækker jorden.

Vegetationsindeks	Formel	Reference
RVI	$NIR/R$	Pearson & Miller, 1972
NDVI	$(NIR-R)/(NIR+R)$	Rouse m.fl., 1974
SAVI	$(NIR-R)/(NIR+R+L)*(1+L)$ ; L=0,5	Huete, 1988



Figur 1. Reflektansprofil målt med Yara N-sensor for tre arealer med sukkerroer henholdsvis den 5. juni og den 2. juli 2013. På baggrund af disse data, kan der beregnes forskellige vegetationsindeks (tabel 1) og ved at måle gennem hele vækstsæsonen, kan der fremstilles tilvækstprofiler (figur 4). Roerne på arealet angivet med grønt blev sået senere end på de andre arealer og var på begge måletidspunkter mindre. Det er kun lys i området 350-750 nm, der er synligt for mennesker. Lys med bølgelængder under 350 nm er UV-lys og over 750 nm kaldes det infrarødt.



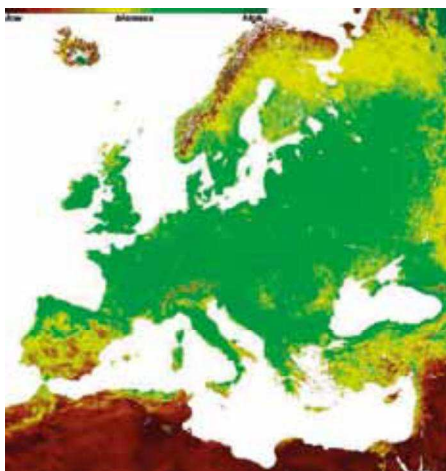
Figur 3. Markkort af biomasse i roemark genereret af Yara N-sensor. I øverste højre hjørne af marken var der problemer med rodbland og derfor mindre biomasse.

Yara N-sensoren genererer markkort, som angiver fordelingen af biomasse i marken (figur 3).

### Sensorteknik

I 2013 anvender NBR tre typer af sensorer til at måle reflektans (tabel 2). Sensorerne er forskellige med hensyn til sensorernes antal og skanningsvinkel, hvor mange data, der indsamles, og hvordan de håndteres.

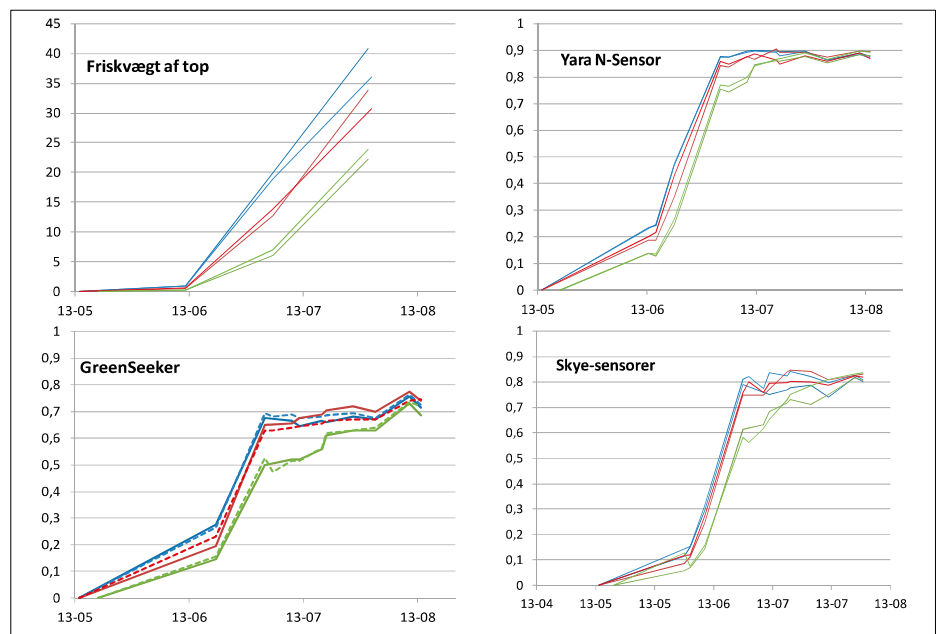
Yara N-sensor har været på markedet i en del år og blev oprindeligt udviklet til at



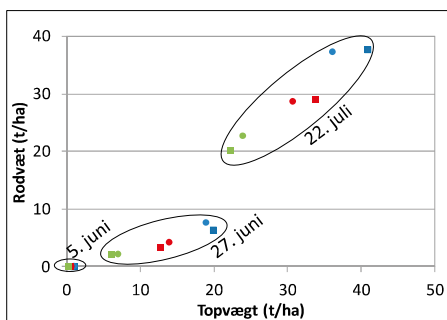
Figur 2. Biomassemåling baseret på NDVI målt med satellit over Europa. Kilde: [http://www.site-similarity-certification.com/en/worth\\_knowing/satelliteimagery](http://www.site-similarity-certification.com/en/worth_knowing/satelliteimagery)

graduere N-tildelingen med henblik på at maksimere udnyttelsesgraden og udbyttet ved korndyrkning. Sidenhen er der opstået flere ideer til anvendelsesområder, herunder optimeret svampebekæmpelse i korn samt biomassemåling generelt (figur 3). Yara N-sensor monteres normalt på taget af en traktor og udmærker

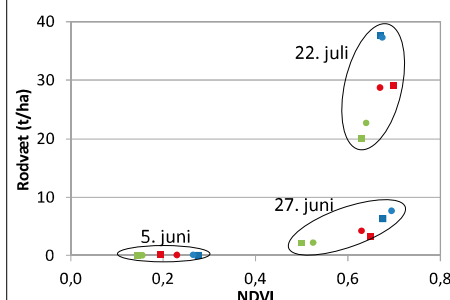
sig ved at måle på et stort areal ved hjælp af fire sensorer. Sensorerne peger skråt nedad både forud og bagud og er derfor ikke så følsomme overfor indstrålingsvinklen. Yara N-sensoren måler ved alle bølgelængder fra 450-900 nm, og der er derfor nærmest ubegrænsede muligheder



Figur 4. Figurerne viser roetoppens tilvækst for seks arealer med sukkerroer, hvor der dyrkes tre forskellige roesoerter. Friskvægten (ton/ha) er foreløbig målt den 4. juni, 27. juni og 22. juli. Reflektansen (angivet som NDVI på en skala fra 0-1) er målt op til 13 gange i perioden med henholdsvis Yara N-sensor, GreenSeeker og med sensorer fra Skye. Bemærk at arealerne med "grøn" roesort er tilsået senere end "blå" og "rød" sort. Der er anvendt stiplede og fuldt optrukne linjer for at kunne adskille to arealer med samme roesort.



Figur 5. Sammenhæng mellem topvægt og rodvægt på tre forskellige tidspunkter på seks arealer med sukkerroer (angivet med grønne, røde og blå punkter afhængig af anvendt roesort).



Figur 6. Sammenhæng mellem NDVI (målt med GreenSeeker) og rodvægt på tre forskellige tidspunkter på seks arealer med sukkerroer (angivet med grønne, røde og blå punkter afhængig af anvendt roesort).

for at udvikle algoritmer til for eksempel styring af redskaber.

GreenSeeker er et håndholdt apparat, som har været på markedet i et par år.



Foto 1-2. Sådan så roerne ud den 5. juni og den 2. juli (blåt areal). Forskellen i reflektans kan ses i figur 1 (blå kurver).

Det skannede areal er ret lille, men apparatet kan genere en gennemsnitsværdi for et vilkårligt stort areal ved at bevæge sig henover arealet samtidig med, at aktive-ringsknappen holdes inde. Det er meget enkelt i sin anvendelse og udsender selv lys, hvorved det er muligt at måle under alle lysforhold. Måleværdierne afhænger af, hvordan apparatet holdes, men den umiddelbare oplevelse er, at målingerne er tilfredsstillende konstante fra person til person. GreenSeeker findes tillige i en version til montering på redskaber. Ved at montere flere sensorer på en sprøjtebom er det for eksempel muligt at pletsprøjte en stubmark eller graduere doseringen.

Den tredje sensor er bygget op ved hjælp af tre sensorer fra Skye Instruments og er specialbygget til et igangværende svensk udviklingsprojekt finansieret af SLF. Sensorerne har et meget snævert synsfelt og er derfor velegnede til brug i parceller eller andre mindre arealer, men kan også skanne større arealer ved at overkøre disse, idet udstyret er monteret på en ATV.

### Forskellen er den samme

De tre ovennævnte sensortyper giver alle den korrekte adskillelse af de seks arealer (blå størst, efterfulgt af rød og grøn) (figur 4). Formen af kurverne er dog forskellige og opfølgende målinger og beregninger er nødvendige for at

vurdere, om der er forskelle i anvendelighed mellem de tre sensortyper. I starten af vækstsæsonen udvikles primært roetoppen, og der er derfor i begyndelsen en nær sammenhæng mellem topvægt og rodvægt (figur 5) og dermed også mellem NDVI og rodvægt (figur 6). Formålet med undersøgelsen er blandt andet at undersøge, om disse sammenhænge er sortsafhængige, og om de afhænger af, hvilket areal planterne vokser på. Ved biomassebestemmelser er der endvidere lavet tørstofmålinger, da dette almindeligvis giver et bedre datagrundlag.

På et tidspunkt når topvægten og reflektansen et mætningspunkt, hvorefter det bliver mere vanskeligt at forudse rodvægten ud fra målinger baseret på toppen. Tidligere undersøgelser har vist, at man med løbende reflektansmålinger er i stand til dette, men det er nødvendigt at indsamle kalibreringsdata for de måleinstrumenter og roesorter, man tilsigter at arbejde med. Der er derfor et stykke vej igen, før der kan konkluderes på perspektiverne ved sensorbaserede tilvækstmålinger i sukkerroer.

Der rettes en tak til Yara og Geoteam for lån af henholdsvis Yara N-sensor og GreenSeeker. ■