



Til Landbrugsstyrelsen

Levering på bestillingen ” Valg af biomasseindeks i pilotprojekt om efterafgrøder/biomasse”

Landbrugsstyrelsen har i bestilling sendt d. 12. oktober 2018 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om at vælge et biomasseindeks der kan bruges til at bestemme kvælstofoptagelsen i efterafgrøder. Biomasseindekset skal bruges i pilotprojekt om efterafgrøder/biomasse.

Besvarelsen i form af vedlagte notat er udarbejdet af lektor René Gislum fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet og seniorforsker Rasmus Nyholm Jørgensen fra institut for Ingeniørvidenskab ved Aarhus Universitet. Seniorrådgiver Michael Nørremark fra Institut for Ingeniørvidenskab har været fagfællebedømmer, og notatet er revideret i lyset af hans kommentarer.

Besvarelsen er udarbejdet som led i ”Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet” som en ny opgave i ”Ydelsesaftale Planteproduktion 2018-2021”.

Venlig hilsen

Lene Hegelund

DCA - Nationalt Center for
Fødevarer og Jordbrug

Lene Hegelund
Specialkonsulent

Dato 9. november 2018

Direkte tlf.: 8715 7441
Mobiltlf.: 9350 8931
E-mail:
lene.hegelund@dca.au.dk

Afs. CVR-nr.: 31119103
Journal 2018-760-000909



Valg af biomasseindeks i pilotprojekt om efterafgrøder/biomasse

Af René Gislum¹ og Rasmus N. Jørgensen²

¹Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

²Institut for Ingeniørvidenskab, Aarhus Universitet

Baggrund

I regi af partnerskabet om præcisionslandbrug undersøges mulighederne for at igangsætte et pilotprojekt om efterafgrøder/biomasse. Foreløbige resultater fra Aarhus Universitet (AU) tyder på, at biomassen af et areal med efterafgrøder kan bestemmes med rimelig sikkerhed ud fra satellitmålinger, og at den konstaterede biomasse kan anvendes som indikator for kvælstofoptagelsen i afgrøderne. For at belyse muligheden for at benytte satellitmålinger til regulering af krav om reduceret kvælstofudvaskning om efteråret, overvejes det, at der igangsættes et pilotprojekt på ca. 20 udvalgte bedrifter. Formålet med pilotprojektet er at afdække muligheden for at erstatte fysiske kontrolbesøg med satellitmålinger. Et andet formål er at teste nye reguleringsmekanismer, hvor eksisterende regler knyttet til krav om etablering af efterafgrøder til en vis grad erstattes af et krav om biomasse i efteråret.

I pilotprojektet er nedsat en projektgruppe med repræsentanter fra Miljø- & Fødevareministeriet (MFVM), Landbrug & Fødevarer, SEGES og AU. Formålet med projektgruppen er at definere og beskrive rammerne omkring pilotprojektet og at afdække, hvorvidt vidensgrundlaget er tilstrækkeligt solidt til at igangsætte det foreslåede pilotprojekt allerede i 2019. Desuden skal projektgruppen udarbejde det faglige og tekniske grundlag til at designe pilotprojektet og regulere de deltagende bedrifter i pilotordningen på baggrund af satellitmålt biomasse.

Besvarelse

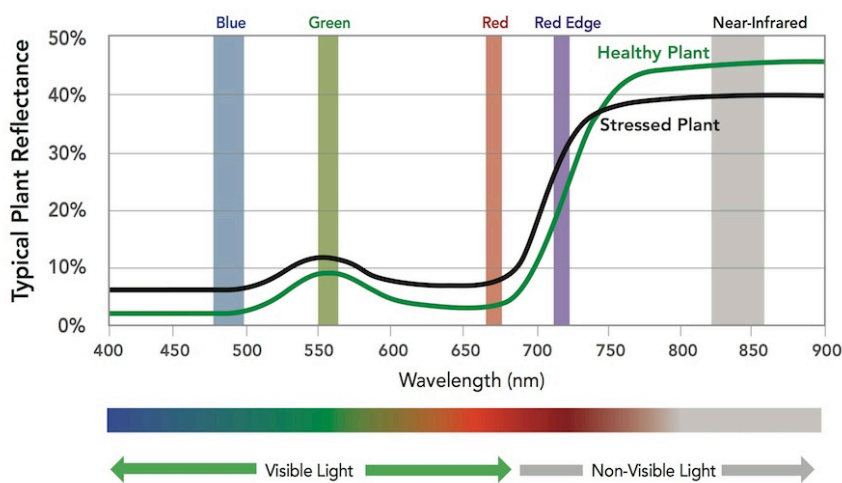
I dette notat beskrives mulighederne for at anvende satellitbilleder til at kvantificere biomassen og kvælstofoptagelsen i en mark med efterafgrøder. Notatet starter med at beskrive de mest almindelige biomasseindeks herefter benævnt 'afgrødeindeks' (på engelsk *vegetation index*), derefter følger en beskrivelse af opnåede nationale og internationale publicerede resultater inden for området.

Anvendelsen af spektrale data til at bestemme kvælstof (N) koncentration (procent N i tørstof), N optagelse (kg/ha) eller biomasse (tons tørstof pr. ha) er ikke ny. Håndholdte målemetoder er blandt anvendt af Li et al. (2014), hvorimod Magney et al. (2017), Castaldi et al. (2016) og Söderström et al. (2017) alle anvendte satellitter til at estimere N optagelsen i afgrøder. Både den håndholdte og satellitterne anvender spektrale bånd, som måler afgrødens refleksion i bestemte bølglængder i enheden nanometer (nm). Bølglængderne kan opdeles i intervaller for eksempel blå (450-500 nm), grøn (520-565 nm), rød (625-740 nm) og nær-infrarøde (NIR) (740-2498 nm). Derudover findes 'red-edge' (680-730 nm), som er det område, hvor der sker et hurtigt skift i afgrødens refleksion. Afgrøden har en lav refleksion i det røde område, men denne refleksion stiger kraftigt ved overgangen til det infrarøde område. Det røde bølgeband absorberes kraftigt i den øverste del af afgrøden, hvorimod red-edge bølgebandet er i stand til at måle længere ned i en afgrøde.

Afgrødeindeks baseret på reflektans målinger er en spektral transformation af to eller flere bølgeområder, som kan anvendes til at beskrive forskellige karakteristika i en afgrøde. Der findes en række forskellige afgrøde indeks, som i mange tilfælde beskriver stort set det samme. De mest anvendte afgrøde indeks til at beskrive biomasse og/eller kvælstofoptagelse i landbrugsafgrøder er: Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalised Vegetation Index (GNDVI), Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI) og Normalised Difference Red Edge (NDRE).

Afgrøde indeks	Bølgelængder i afgrødeindeks
NDVI	(NIR-rød/NIR+rød)
GNDVI	(NIR-grøn)/(NIR+grøn)
MSAVI	(NIR-rød)(1+L [*])/(NIR+rød+L)
NDRE	(NIR-red edge/NIR+red edge)

*L jord lysstyrke korrektions faktor



Figur 1. Afgrødens refleksion i udvalgte bølgelængder. Billedet er kopieret fra Micasense.com (<https://www.micasense.com/faq/>)

Magney et al. (2017) konkluderede, at NDRE havde en lineær sammenhæng med N optagelsen i vinterhvede ($R^2=0,81$ og $RMSE=15,94$ kg/ha) mens sammenhængen mellem N optagelse og NDVI ikke var lineær på grund af mætning. De konkluderede også, at alle afgrødeindeks som indeholdt et red-edge bånd var lineær korreleret til N optagelse. Vasilikiotis et al. (2015) konkluderede, at NDVI kunne estimere biomassen af afgrøder, som blev dyrket alene, mens det ikke var muligt i tilfælde, hvor flere afgrøder blev dyrket sammen.

Söderström et al. (2016) viste med cropSAT gode muligheder for at bestemme N optagelsen i foråret i vinterhvede med anvendelse af forskellige afgrøde indeks. Söderström et al. (2017) testede anvendelsen af MSAVI2, som inkluderer rød og NIR bølgebånd mod anvendelsen af et afgrødeindeks, som indeholdt et red-edge bølgebånd til bestemmelse af N optagelse i vinterhvede. Konklusionen var, at inklusionen af red-edge-NIR bølgebånd forbedrede modellen og dermed estimatet for N optagelsen i vinterhvede. De

konkluderede også, at deres resultater underbyggede resultater fra Reusch (2005), som fandt at et indeks baseret på forskellene i NIR og red-edge bølgeområderne, kan estimere N optagelsen i vinterhvede bedre end MSAVI2.

Hively et al. (2009) anvendte NDVI til at bestemme biomassen i 136 marker i efteråret 2005 og foråret 2006. De konkluderede, at resultaterne var spændende, men krævede flere observationer. Det er derfor ikke muligt, at vise hvor god sammenhængen mellem NDVI og biomassen var.

Li et al. (2014) viste i deres arbejde med en traktorbaseret sensor, at de optimale bølgeområder til at estimere N optagelsen i vinterhvede varierer efter afgrødens vækststadiet. De arbejdede med 'nitrogen planar domain index' (NPDI). I den vegetative vækstfase er de optimale bølgelængder 846 (NIR), 738 (red-edge) og 560 (grøn-rød) nm med båndbredde på henholdsvis 37, 13 og 57 nm. De vurderede, at alle indeks som indeholder bølgebånd i grønne, red-edge og plateauet i NIR området, er egnet til at estimere N optagelsen i vinterhvede. Disse indeks kunne være NDRE, 'red-edge chlorophyll index' ($CI_{red-edge}$), 'green chlorophyll index' (CI_{green}) eller 'green normalized difference vegetation index' (GNDVI).

Castaldi et al. (2016) fandt, at de optimale bølgeområde til bestemmelse af N optagelsen i vinterhvede kerner varierer, og afhænger af afgrødens vækststadiet. NIR bølgeområdet var dog vigtigt for alle vækststadiet i forsøget.

Hui et al. (2018) testede forskellige afgrødeindeks med det formål, at kvantificere N optagelsen i frøgræsafgrøder ved brug af dronemonteret kamera. De konkluderede at NDRE og CI_{RE} bedre kunne estimere N optagelsen end afgrødeindeks uden red-edge bølgeområdet.

Der synes at være generel enighed om, at red-edge bølgeområdet bør anvendes, når N optagelsen i efterafgrøder bestemmes. Det bør dog nævnes, at red-edge tidligere har vist større korrelation til N ved et moderat til højt klorofylindhold, hvilket er i afgrødens senere vækstfaser. Det har ikke været muligt at finde resultater, hvor satellitdata har været anvendt til at estimere N optagelsen i efterafgrøder som dyrkes i Danmark, men det bør i et vist omfang være muligt at overføre resultater fra målinger i vinterhvede i foråret til efterafgrøder i efteråret, men det bør afprøves. Resultater fra én artikel viser dog, at det ikke er muligt at anvende NDVI til at estimere biomassen hvor to eller flere afgrøder dyrkes sammen. Fremtidige modeller skal valideres ved fysisk at udtage planteklip og analysere disse for N optagelse.

Vi konkluderer derfor, at red-edge bør inkluderes i en model til bestemmelse af N optagelse i efterafgrøder. Det har dog ikke været muligt at finde en enkelt model, som kan bestemme N optagelsen i efterafgrøder. Vi foreslår derfor et setup hvor forskellige indeks afprøves på forskellige marker på forskellige tidspunkter og suppleres med udtagning af planteprøver som analyseres for N optagelse. Derefter er det muligt at bestemme hvor godt de forskellige indeks kan bestemme N optagelsen i efterafgrøder.

Referencer

Castaldi F, Castrignanò A, Casa R. (2016). A data fusion and spatial data analysis approach for the estimation of wheat grain nitrogen uptake from satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 37:18, 4317-4336. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1212423>.

Clevers JGPW, Gitelson A. (2013). Using the red-edge bands on Sentinel-2 for retrieving canopy chlorophyll and nitrogen content. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 23, 344-351. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2012.10.008>.

Hively WD, Lang M, McCarty GW, Keppler J, Sadeghi A, McConnell LL. 2009. Using satellite remote sensing to estimate winter cover crop nutrient uptake efficiency. *Journal of soil and water conservation*, 64:5, 303-313. <https://doi.10.2489>.

Hui W, Mortensen AK, Mao P, Boelt B, Gislum R. (2018). Estimating nitrogen nutrition index in grass seed crops using a UAV-mounted multispectral camera. Accepted for publication in *International Journal for Remote Sensing*.

Li F, Mistele B, Hu Y, Chen X, Schmidhalter U. (2014). Optimising three-band spectral indices to assess aerial N concentration, N uptake and aboveground biomass of winter wheat remotely in China and Germany. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 112-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.03.006>.

Magney TS, Eitel JUH, Vierling, LA. (2017). Mapping wheat nitrogen uptake from RapidEye vegetation indices. *Precision Agriculture*, 18, 429-451. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9463-8>.

Reusch S. (2005) Optimum waveband selection for determining the nitrogen uptake in winter wheat by active remote sensing. In: Stafford JV, Werner A, ed. *Precision agriculture '05*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers; p. 261-266.

Söderström M, Stadig H, Martinsson J, Piikki K, Stenberg M. (2016). CropSAT – A public satellite-based decision support system for variable-rate nitrogen fertilization in scandinavia. 13th International conference on precision agriculture, July 31-August 4 2016 St. Louis, Missouri, USA. <https://doi.10.13140/RG.2.2.13250.99520>

Söderström M, Piikki K, Stenberg M, Stadig H, Martinsson J. (2017). Producing nitrogen (N) uptake maps in winter wheat by combining proximal crop measurements with Sentinel-2 and DMC satellite images in a decision support system for farmers. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 67:7, 637-650, <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1324044>.

Vasilikiotis C, Gertsis A, Zoukidis K, Nasrallah A. (2015). Multi-species Cover CROP Evaluation Using a Hand-held Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Sensor and Photosynthetically Active Radiation (PAR) Sensor. *Proceedings of the 7th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA 2015)*, Kavala, Greece, 17-20 September, 2015.