



Validering af satellitværktøj til biomassemåling i afgræsningsmarker

Del 1: Bestemmelse af biomasse ud fra målt græshøjde

Projekt "Styring af afgræsning ud fra kendt biomasse"





Udgivet af

Innovationscenter for Økologisk Landbrug
Agro Food Park 26
8200 Aarhus N
+45 78780120
info@icoel.dk

Forfattere

Torben S. Frandsen, SEGES Innovation, Irene Fisker, Innovationscenter for Økologisk Landbrug, og Peter Hvid Laursen, SEGES Innovation

Fagfællebedømmelse

Inger Bertelsen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Finansiering

Planteafgiftsfonden

Citeres som

Frandsen, T.S., Fisker, I. & P. H. Laursen, 2025. Validering af satellitværktøj til biomassemåling i afgræsningsmarker. Del 1: Bestemmelse af biomasse ud fra målt græshøjde. 12 pp. Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Henvendelser vedr. rapporten

Maja Bertelsen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug, mabe@icoel.dk

Forsidefoto

Irene Fisker, Innovationscenter for Økologisk Landbrug



Hovedkonklusion /sammendrag

En høj stabil græsoptagelse gennem hele afgræsningssæsonen og god udnyttelse af græsmarken giver en bedre bundlinje for landmanden og lavere metanudskillelse. Tidligere undersøgelser har vist, at græsoptagelsen er større på bedrifter med intensiv monitorering af deres afgræsningsfolde og hyppige foldskift, men manuel monitorering tager for meget tid til, at landmænd vil gøre det. Formålet med denne undersøgelse har været at måle græsmængden i en række afgræsningsfolde på en demobedrift i sensommeren 2025 for at validere om et kommercielt remote sensing-system "Ruumi" kan bruges til monitorering af græsmængden pr. fold som styringsværktøj.

Udpræget nedbørsmangel i monitoringsperioden i august-september har medført beskeden græsvækst og dermed mindre forskel i græshøjde mellem afgræsningsfoldene – især gennem september måned. Det betyder, at usikkerheden på modellen til beregning af tørstofmængden på baggrund af planteklip er relativ stor, og de prædikterede tørstofmængder er forbundet med en betydelig usikkerhed ved validering af satellitmodeller. Standardmodeller fra f.eks. PastureTec skal anvendes med forsigtighed – det vil være formålstjenligt at lave tilsvarende kalibrering for egne marker/græsblandinger.

Valideringen af satellitværktøjet afrapporteres i en særskilt rapport, når resultaterne foreligger.

Introduktion

Nye forskningsresultater tyder på lavere metanudskillelse fra køer på græs, og på at reduktionen i metan afhænger af, hvor meget græs køerne optager. Høj græsoptagelse og god udnyttelse af græsmarkerne forbedrer samtidigt produktionsøkonomien. Det kan imidlertid være en udfordring at opnå både en høj mælkeydelse pr. ko samt et højt græsudbytte pr. ha ved afgræsning. Resultatet bliver ofte, at køernes græsoptagelse falder, og der bruges mere foder på stald, især i den sidste halvdel af sæsonen.

For at forbedre management af afgræsningen, er der behov for at kende græsudbuddet på de enkelte arealer, som indgår i afgræsningssystemet. Landmanden vurderer typisk græsudbuddet på de enkelte marker visuelt på baggrund af erfaring. Men med stigende besætningsstørrelse, hvor flere hold køer skal på græs samtidig og have en ny fold hver dag, bliver dette en større opgave. Samtidig er der flere medarbejdere, som skal involveres i styringen af afgræsningen, hvilket gør det relevant at supplere den visuelle vurdering med konkrete målinger.

I projektet er der gennemført en markedsundersøgelse af kommercielle metoder til måling af biomasse på græsmarker ved remote sensing. Der findes flere værktøjer, som baserer sig på satellitter, og som anvendes i praksis andre steder, men der er endnu ingen, som er tilpasset det danske marked. På baggrund af undersøgelsen er der lavet en aftale med firmaet Ruumi om at afprøve deres produkt på en økologisk kvægbedrift i Danmark. Ruumi har hidtil primært været aktiv i England, hvor deres app anvendes til styring af afgræsning af cirka 400 kvægbrugere.

I afprøvningen sammenholdes målt græshøjde og vejjet biomasse fra klippefelter med Ruumis estimering af biomasse. Denne rapport (del 1) beskriver første del, som omfatter bestemmelse af biomasse ud fra målt græshøjde. Selve valideringen af Ruumis produkt beskrives i en kommende rapport (del 2).

Materialer og metoder

Praksisforsøget er gennemført i august-oktober 2025 på en økologisk malkekvægbedrift med primært Jerseykøer. Køerne var opdelt i hold 1 med ca. 120 førstekalvskøer og hold 2 med ca. 380 øvrige køer. Bedriften praktiserede foldafgræsning, hvor begge hold skiftede mellem 15 folde i alt, og hvor de gik 1-3 dage i hver, afhængigt af foldstørrelsen og græsudbuddet. I tabel 1 fremgår det hvornår de enkelte folde er blevet afgræsset i perioden 10. august til 30. september. Ud over afgræsningsfoldene, er én fold anvendt til Zero Grazing, dvs. staldfodring med frisk græs høstet med en Maksigrass-vogn.



Foderrationen på stald bestod af korn, rapsfrø, lupin, ærter, majsensilage, kløvergræsensilage og frisk staldgræs, og der blev kalkuleret med, at køerne optog cirka 3 kg tørstof afgræsningsgræs pr. ko pr. dag.

Tabel 1. På baggrund af oplysninger modtaget fra bedriften, har vi udarbejdet en oversigt over hvornår de enkelte folde er blevet afgræsset i tidsrummet fra den 10. august til den 30. september.

Paddock ID	Grazing date	Grazing date	Grazing date	Grazing date	
802-0	1/9-2/9	23/9-24/9			Zero Grazing
803-0	28/8-29/8	25/9-27/9			
800-1 A	all days				
800-1 B	all days				
800-3 A	3/9-4/9	17/9-18/9			
811-0 A	2/9-3/9	6/9	25/9		
811-0 B	19/8-20/8	29/8-30/8	13/9-15/9	26/9-27/9	
811-0 C	24/8-25/8	31/8-1/9	16/9-17/9	28/9-29/9	
811-0 D	18/8-20/8	26/8-28/8	17/9-18/9	29/9	
811-0 E	21/8-22/8	29/8-30/8	19/9-20/9		
811-3 A	26/8	3/9	28/9		
811-3 B	10/8-12/8	25/8	7/9-10/9	28/9	
812-0 A	12/8-13/8	23/8	27/9		
812-0 B	14/8-17/8	24/8	29/9		
818-0 A	26/8	10/9			
818-0 B	27/8	10/9			

Beskrivelse af markerne

Undersøgelsen bygger på data fra foldene som vist i tabel 1, med et areal på ca. 60 ha i alt og med en variation i de enkelte folde fra 2 til 8 ha. En del af arealet er kuperet terræn, som bedst egner sig til afgræsning. Som det fremgår af billede 1 med farvelægning på, er de lysegrønne marker slætgræsmarker, omlagt indenfor de senere år, mens de olivengrønne marker er vedvarende afgræsningsmarker. De valgte græsblandinger er hvidkløverblandinger, Ø21 og Ø24. Alle marker har fået tildelt husdyrgødning i form af kvæggylle omkring 1. marts. Herefter er der ikke gødsket mere i høstår 2025.

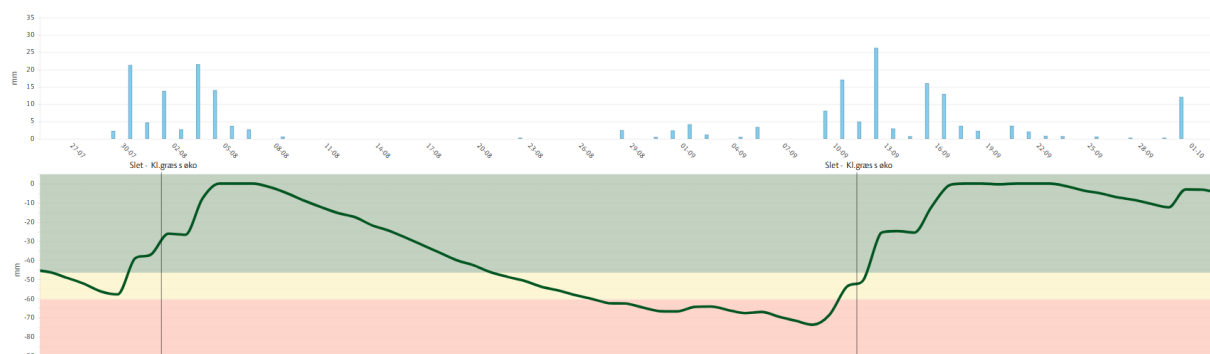


Billede 1. Markkort fra bedriften med de anvendte foldinddelinger.

Mangel på vand

August måned var nedbørsfattig, og på bedriften blev høst prioriteret fremfor vanding. Der var derfor udbredt tørkestress i mange afgræsningsfolde. Figur 1 viser, at der kun faldt 16 mm fra d. 6. august til 6. september, hvorfor der opstod et kritisk nedbørsunderskud i perioden 26. august til 10. september. Herefter kom der så meget regn, at nedbørsunderskuddet blev reduceret og væksten i græsset blev genoptaget.

Vandbalance



Figur 1. Nedbør øverst og beregnet vandbalance i CropManager for en af bedriftens afgræsningsfolde gennem august og september.

Græsklip

Der blev klippet græsprøver 7. august, 4. september og 30. september i de 7 folde, som hørte til førstekalvskøernes afgræsningssystem. På hver dato blev der klippet i fire felter på hver fold, og felterne blev valgt ved gå i en W-transekt over marken og kaste en ramme. Rammen var 0,5 x 0,5 meter og den efterladte stubhøjde var cirka 4,5 cm. Inden klippet blev græshøjden i feltet målt med en elektronisk pladeløfter og feltet blev fotograferet.

Det var besluttet at medtage eventuelle områder med vraggræs, da satellitmålingerne også inkluderer dem. Der var dog stort set ingen vraggræs, da der var taget slæt eller afpudset på alle marker forud for forsøgsperioden.

Måling af græshøjde

Græshøjden på bedriftens afgræsningsfolde blev målt 7 gange gennem august og september som vist på billede 2, med en Grasshopper Plate Meter fra PastureTec. Tidspunkterne fremgår af tabel 2. Græshøjden er målt ved at gået en W-transekt over hver mark og lave en måling for ca. hver 5. meter. Antallet af målinger pr. afgræsningsfold varierer derfor efter størrelse og form, men udgør i gennemsnit 118 målinger, hvilket er betydeligt flere end anbefalet for brug af Grasshopper, men brugt her for at opnå større sikkerhed i målingen til validering af satellit-modellen. Der er indregnet en stubhøjde på 4,5 cm i Grasshopper. Figur 2 viser et eksempel på en rapport fra PastureTec med visualisering af positionerne for målinger, estimeret græsmængde og nøgletal for monitoreringen i form af antal målte afgræsningsfolde, gns. antal målinger pr. fold og usikkerhed/variation i græsmængden indenfor hver fold.



Billede 2. Måling af græshøjden blev foretaget med Grasshopper i de enkelte afgræsningsfolde gennem august og september måned. Foto: Peter Hvid Laursen



Tabel 2. Tidspunkter for måling af græshøjde med pladeløfter på bedriftens afgræsningsfolde samt markering med rødt hvilke tidspunkter hvor der også blev foretaget planteklip til bestemmelse af afgrødemængde og-kvalitet.

Afgræs- ningsfold	Dato						
	07-08- 2025	12-08- 2025	20-08- 2025	28-08- 2025	04-09- 2025	18-09- 2025	30-09- 2025
811-3 A	X	X	X	X	X	X	X
811-3 B		X	X	X	X	X	X
800-1 A		X	X	X	X	X	X
800-1 B		X	X	X	X	X	X
812-0 A		X	X	X	X	X	X
812-0 B		X	X	X	X	X	X
800-3 A		X	X	X	X	X	X
811-0 A			X	X	X	X	X
811-0 B			X	X	X	X	X
811-0 C			X	X	X	X	X
811-0 D			X	X	X	X	X
811-0 E			X	X	X	X	X
818-0 A			X	X	X	X	X
818-0 B			X	X	X	X	X
802-0			X	X	X	X	X
803-0			X	X	X	X	X



TODAY'S WALK

Avg. Number of Measurements Per Paddock:	118 / 40	
Number of Paddocks Walked:	7 / 7	
Today's Walk:	3.07 km	5117 steps
Average Distance Between Drops:	3.72 m	
Confidence Interval:	+/- 85.4 kg/ha	

Computed from height variation against
number of measurements

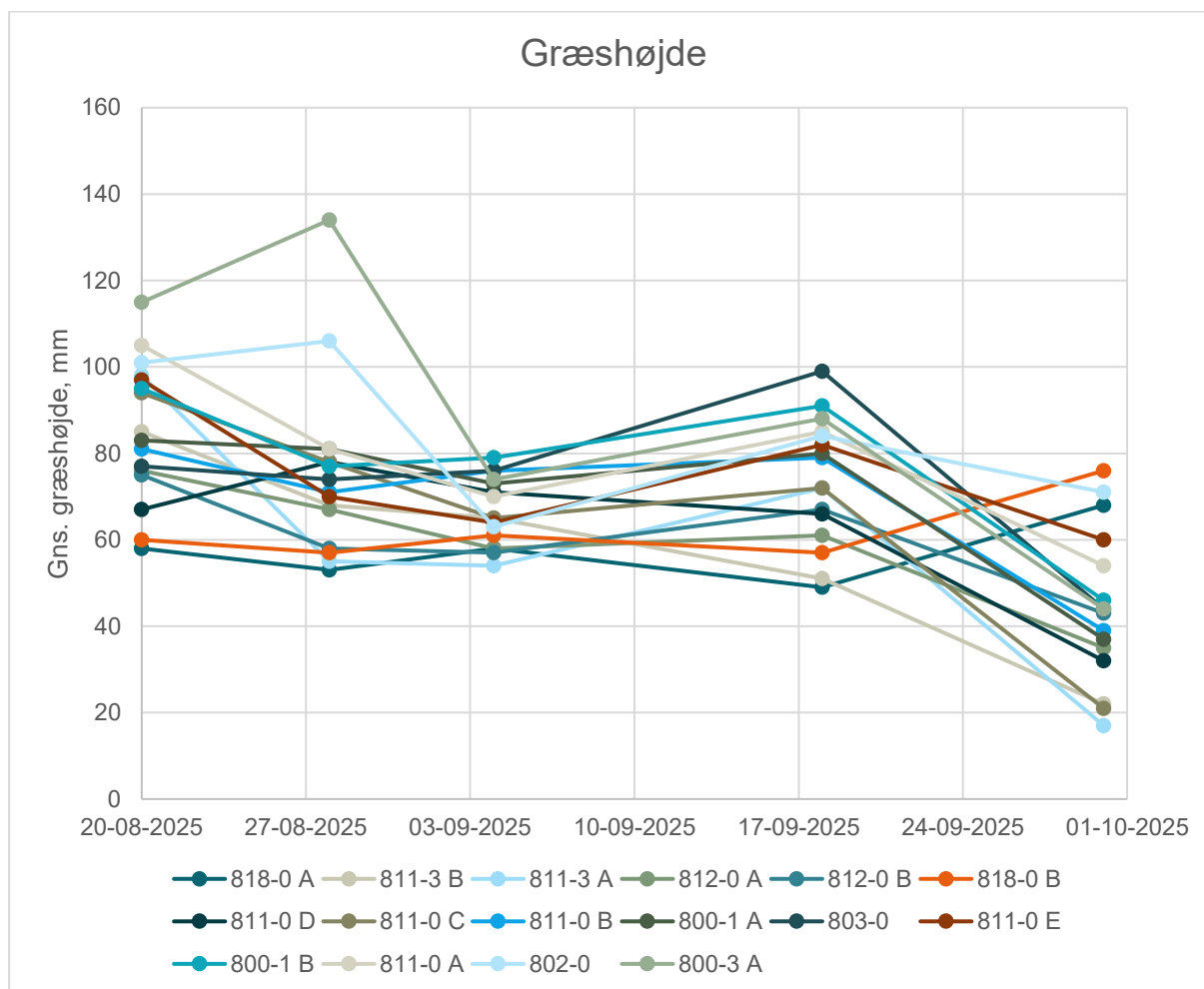
Overall Walk Score: 97.50 %



Figur 2. Eksempel på rapport fra PastureTec med visualisering af positioner for målinger, estimeret græsmængde og nøgletal for monitoringen i form af antal målte afgræsningsfolde, gns. antal målinger pr. fold og usikkerhed/variation i græsmængden indenfor hver fold.

Resultater og diskussion

Figur 3 viser den gennemsnitlige græshøjde for hver afgræsningsfold gennem perioden. Den gennemsnitlige græshøjde gennem perioden er 7 cm med lidt højere græs og variation i august og generelt lavere græshøjde ved sidste måling ultimo september. Spredningen i græshøjde mellem afgræsningsfolde var cirka den samme i august og september med undtagelse af målingerne d. 4. september, hvor alle folde havde en græshøjde mellem 5,5 og 8 cm. Afgræsningsfold 800-3A og 802-0 adskiller sig med en betydeligt højere græshøjde i slutningen af august efterfulgt af et stort fald til d. 4. september som følge af en afgræsningsrunde, mens afgræsningsrunderne ikke erkendes så tydeligt på de øvrige folde.



Figur 3. Gns. græshøjde målt med Grasshopper i de enkelte afgræsningsfolde gennem august og september

OMREGNING FRA GRÆSHØJDE TIL TØRSTOFMÆNGDE

Plademålere som Grasshopper er en velkendt metode til måling af græsmængden, men beregningen af græsmængden i forhold til afgrødehøjden afhænger bl.a. græsblanding og tidspunkt på sæsonen samt naturligvis forekomst af ukrudt og pletter med vraggræs.

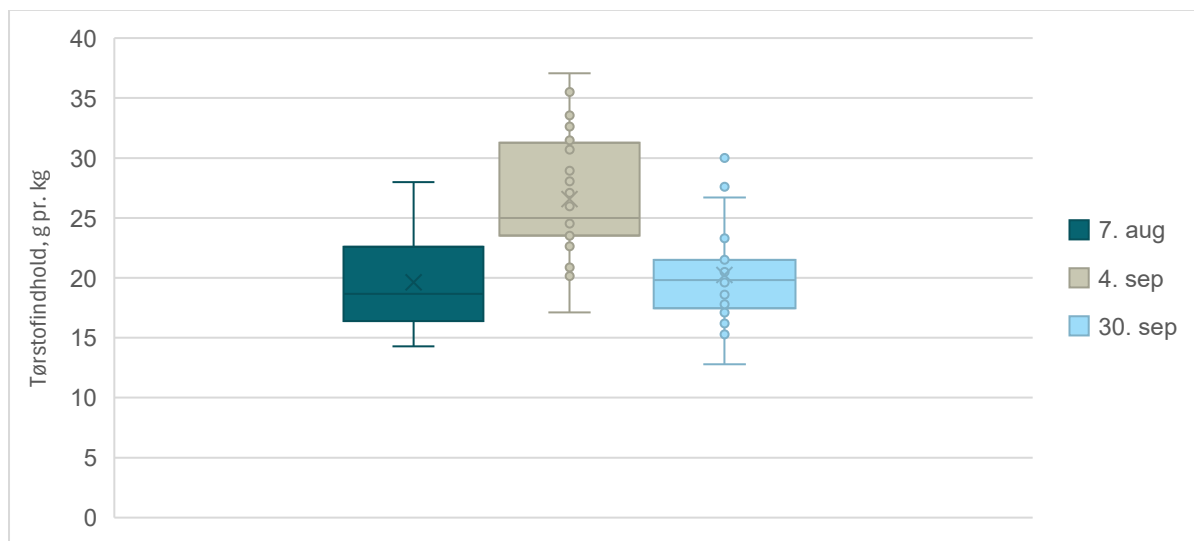
Grasshopper leveres med en algoritme baseret på græsmarker i Irland, hvor græsmængden beregnes som vist i ligning 1.

Ligning 1. Standard algoritme fra PastureTec til omregning fra græshøjde til tørstofmængde pr. ha over 4,5 cm

$$\text{Tørstofmængde pr. ha} = 270,3 \cdot \text{afgrødehøjde (cm)} - 1243$$

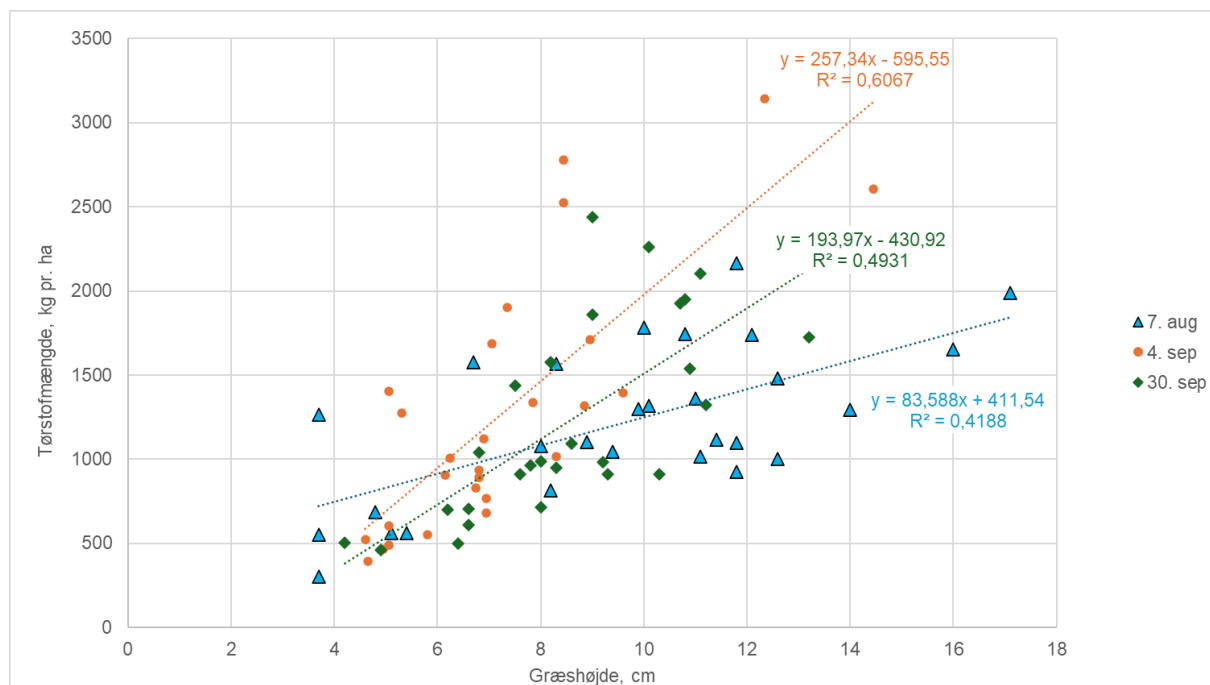
Som beskrevet i materiale og metode blev der på tre udvalgte tidspunkter udført samtidige højdemålinger og planteklip på 4 felter á 0,5 * 0,5 m i 7 afgræsningsfolde for at kunne validere om ovenstående algoritme er tilstrækkeligt gældende til estimering af tørstofmængden under danske forhold.

Figur 4 viser variationen i tørstofindholdet i planteklip foretaget hhv. i august og start og slut september, hvor tørstofindholdet i starten af september var markant højere end de øvrige, da nedbørsunderskuddet på dette tidspunkt var yderligere forøget.



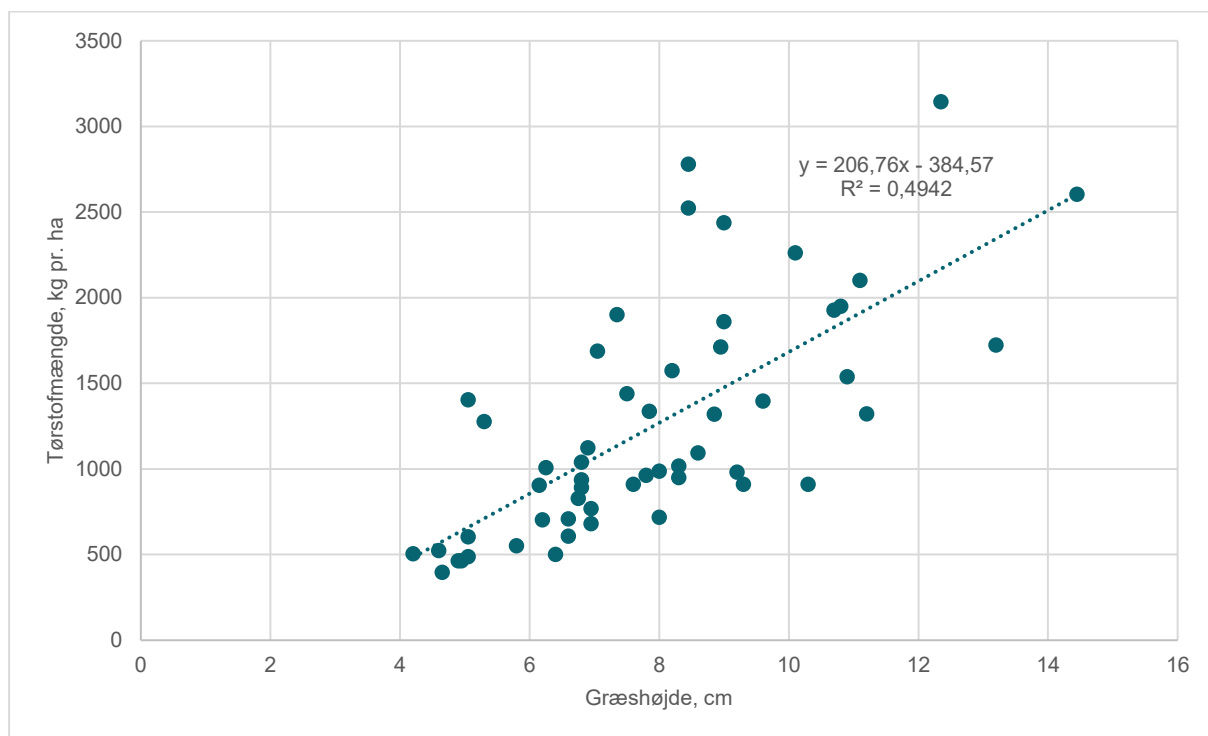
Figur 4. Tørstofindhold i planteklip på de 3 udtagningstidspunkter.

Figur 5 viser sammenhænge mellem målt tørstofmængde og græshøjde på de 3 tidspunkter. Som det også var gældende for alle højdemålingerne vist i figur 2, var der størst variation i græshøjden i august fra 4 til 17 cm. Korrelationen mellem græshøjde og tørstofmængde varierer mellem 0,42 i august til 0,61 i september. Hældningen, altså tætheden af græsset i form af tørstofmængde pr. cm er markant lavere i august end 4. september og 30. september, hvilket måske kan forklares med tendens til større stængelandel som følge af nedbørsunderskud.



Figur 5. Sammenhæng mellem målt tørstofmængde pr. ha og græshøjde ved planteklip hhv. 7.august, 4. september og 30. september.

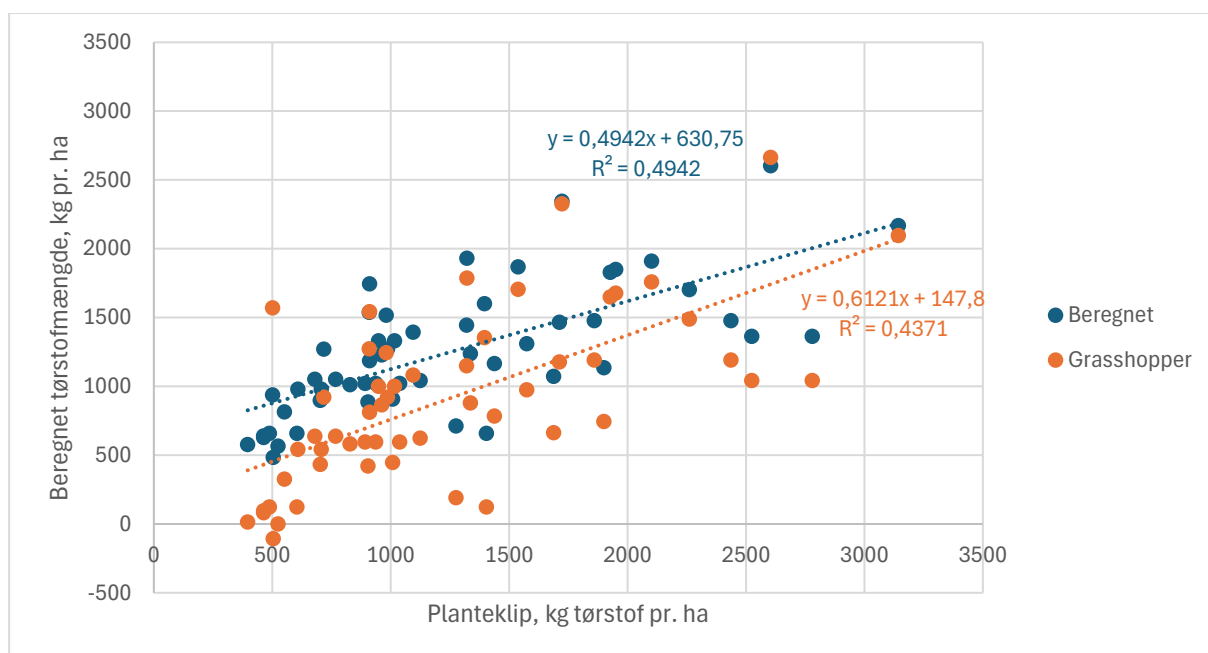
Til validering af Ruumi's prædiktation af tørstofmængde er det derfor valgt at se bort fra august-data og basere algoritmen på september-målingerne. Figur 6 viser en gennemsnitlig hældning på 207 kg tørstof pr. cm græshøjde.



Figur 6. Sammenhæng mellem målt tørstofmængde pr. ha og græshøjde ved planteklip d. 4. og 30. september som grundlag for validering af satellitmodel.

Figur 7 viser sammenhængen mellem den målte tørstofmængde og den beregnede tørstofmængde ved brug af hhv. algoritmen i figur 5 og Grasshoppers i ligning 1.

Det fremgår at begge algoritmer har en betydelig usikkerhed og begge undervurderer afgrødemængden ved større afgrødemængde end 1000-1500 kg tørstof pr. ha, hvilket bør tages i betragtning ved validering af satellitmodellen. Der er selvfølgelig også en meget stor usikkerhed ved at omregne udbyttet af 4 planteklip á 0,25 m² til et udbytte for 10.000 m².



Figur 7. Sammenhæng mellem målt tørstofmængde og beregnet tørstofmængde ved brug af algoritme af hhv. planteklip (blå) og Grasshopper (orange)

Valideringen af satellitmodellen afrapporteres i en særskilt rapport når resultaterne foreligger.



Konklusion

Udpræget nedbørsmangel i monitoringsperioden i august-september har medført beskeden græsvækst og dermed mindre forskel i græshøjde mellem afgræsningsfoldene – især gennem september måned. Det betyder, at usikkerheden på modellen til beregning af tørstofmængden på baggrund af planteklip er relativ stor og de prædikterede tørstofmængder er forbundet med en betydelig usikkerhed ved validering af satellitmodeller. Standardmodeller fra f.eks. PastureTec skal anvendes med forsigtighed – det vil være formålstjenligt at lave tilsvarende kalibrering for egne marker/græsblandinger.