

Notat

SEGES Innovation
Planter & Miljø

Review af metoder til monitorering af græsmarker til afgræsning

Projekt: Styring af afgræsning ud fra kendt biomasse

Ansvarlig	tsf
Oprettet	01-12-2025
Side	1 af 6

STØTTET AF

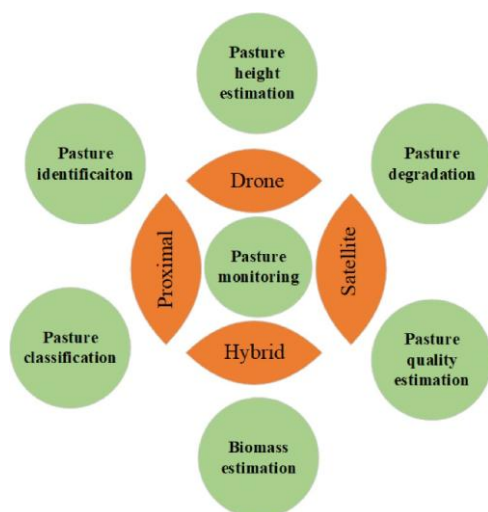
Mælkeafgiftsfonden

Review af metoder til monitorering af græsmarker til afgræsning

Græsmarksstyring ved afgræsning med malkekøer har altid været og er fortsat en af de største faglige udfordringer for at opnå kombinationen af en høj udnyttelse af afgræsningsmarkerne, en høj græsoptagelse og høj indtjening ved malkekøerne.

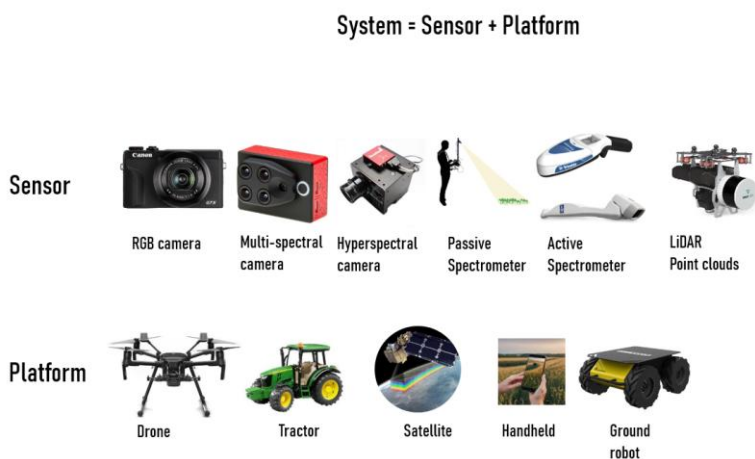
Styring af græsudbuddet kan justeres løbende ved foldstørrelse og frekvens af foldskifte, men styringen heraf kræver som udgangspunkt manuel inspektion af græsfoldene for løbende at justere græsudbuddet gennem sæsonen.

Den manuelle inspektion tager tid og relativt få medarbejdere på malkekvægsbedrifter har erfaring med vurdering af afgræsningsmarker, hvorfor styringen heraf er baseret på få og subjektive vurderinger. Selv når landmanden har solid erfaring i vurdering af græsmarker, kan en måling af græsudbyttet være en støtte i styringen af afgræsningen. Formålet med nærværende artikel er at lave et overblik over kommercielt tilgængelige metoder til vurdering af græsudbuddet og kvaliteten heraf på græsmarker. Der er en del artikler, der arbejder med remote sensing i græsmarker til forskellige formål som vist på figur 1 herunder, hvor denne artikel fokuserer primært på *biomass estimation* og *pasture quality estimation*



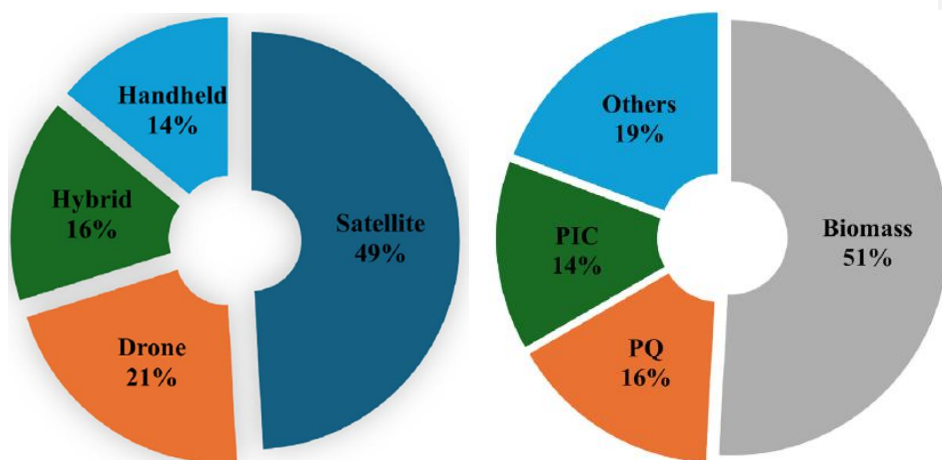
Figur 1. Gruppering af platforme og anvendelsesområder af remote sensing i græsmarker. Kilde: Shahi et al. 2025: Pasture monitoring using remote sensing and machine learning: A review of methods and applications. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2025.101459>

Metoderne kan opdeles i hhv. manuelle/håndholdte, droner og satellitbaserede. Figur 2 illustrerer, at et system til remote sensing som udgangspunkt udgøres af en platform og en eller flere sensor



Figur 2. Illustration af forskellige platforme og sensorer, som kan kombineres til et system til remote sensing. Mod. e D. Parson 2023.

Figur 3 viser fordelingen af forskningsartikler på de forskellige platforme til monitoring med en tydelig overvægt til satellitbaseret monitoring, mens brug af droner til remote sensing udgør ca. 21%. Størstedelen (51%) af undersøgelseerne handler om estimering af biomassen, mens hhv. 16% handler om foder-værdien af græsset (Pasture Quality) og 14% til identifikation og klassifikation (PIC) af græsmarkstyper til kortlægningsformål i større skala på regions- eller landsplan.



Figur 3. Fordeling af forskningsartikler på hvilke platforme og parametre der er undersøgt til monitoring i græsmarker. PQ: Pasture quality, PIC: Pasture Identification and Classification. Kilde: Shahi et al. 2025: Pasture monitoring using remote sensing and machine learning: A review of methods and applications. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2025.101459>

Tabel 1. Oversigt over udvalgte metoder til estimering af græsudbud og -kvalitet i græsmarker

Gruppe	Metode	Fordele	Ulemper	Præcision græsudbud (1-9)	Præcision græskvalitet (1-9)	TRL* (1-9)
Håndholdt	Manuel pladeløfter	Billigt	Tidsforbrug	8	-	9
	GPS-pladeløfter	Dataopsamling, beregnet tørstofmængde pr mark/fold	Tidsforbrug, manuel registrering	8	-	9
Drone	RGB-kamera	Billigt – kan også give info om ukrudt og bar jord	Kun RGB-kanaler og dermed ikke f.eks. NDVI, NDRE	5	-	9
	LIDAR-sensor			7	-	9
	Multispektralt kamera			7	5	7
	Hyperspektralt kamera			6	-	6
Satellit	Pasture IQ			7	2	8
	Farmote			7	-	8
	Ruumi			7	-	8

* TRL: Technology Readiness Level, 1= grundforskning, 9= teknologi klar til drift i fuld skala

Herunder en kort beskrivelse af de væsentligste sensorer og deres begrænsninger

MULTISPEKTRAL OPTISK SENSING (F.EKS. SENTINEL-2, RAPIDEYE)

Muligheder: Giver adgang til vegetationsindeks som NDVI og EVI, som kan bruges til at vurdere biomasse, vækst og stress. Gratis data (Sentinel-2) og bred dækning gør det velegnet til regional overvågning.

Begrænsninger: Følsom over for skydække og lysforhold. NDVI som vegetationsindeks mættes relativt hurtigt i græs ved høj biomasse og kan undervurdere produktivitet i tætte græsarealer. NDRE som vegetationsindeks er bedre end NDVI i tætte afgrøder.

RADAR (SAR, F.EKS. SENTINEL-1, ALOS PALSAR)

Muligheder: uafhængig af skyer og virker dag og nat. God til struktur, fugtighed og degradering. Kan bruges som proxy for biomasse via Vegetation Optical Depth (VOD).

Begrænsninger: Kræver avanceret databehandling og fortolkning. Mindre intuitivt for brugere uden teknisk baggrund.

LIDAR (UAV ELLER FLYBASERET)

Muligheder: Meget præcis måling af vegetationshøjde og struktur. Velegnet til små arealer og detaljeret fold-analyse. Kan bruges til direkte biomasseestimering.

Begrænsninger: Dyrt og kræver specialudstyr og flyvning. Begrænset arealdækning og ikke egnet til hyppig overvågning uden stor investering.

HYPERSPEKTRAL SENSING (UAV ELLER JORDBASERET)

Muligheder: Kan måle biokemiske egenskaber som proteinindhold, klorofyl og næringsstoffer. Velegnet til kvalitetsvurdering af foder.

Begrænsninger: Meget dyrt og komplekst. Kræver kalibrering og ekspertise. Begrænset til forskning og specialiserede anvendelser.

MODELBASERET OG IOT-INTEGREREDE SYSTEMER (F.EKS. PASTURE.IO, FARM-MOTE, RUUMI)

Muligheder: Kombinerer satellitdata med lokale sensorer for høj nøjagtighed. Kan generere græskiler og biomasseprognoser automatisk.

Begrænsninger: Kræver installation og vedligeholdelse af sensorer. Abonnementsbaseret og afhænger af datakvalitet fra landmanden.

Tabel 2 viser en samlet liste over de kommercielle løsninger som er fundet i nærværende artikelgen-nemgang med metode, nøjagtighed og begrænsninger.

Løsning / Plat-form	Metode	Nøjagtighed / opløsning	Yderligere målte parametre	Begrænsninger	Link
Akkerweb	Map, NDVI	Afhænger af input	Paddock mapping, integration med Grip op Gras	Kræver manuelt input via 'Grip op Gras'	https://akkerweb.eu/nl-nl/
Pasture.io	Map, NDVI, Bio-masse, Wedge	Høj opløsning	Biomasse, vækst, græskile	Kræver pålideligt input fra landmanden	https://pasture.io/
Pasture From Space	NDVI	Moderat	NDVI, rangemana-gement	Fokus på rangemana-ment, ikke direkte biomasse	https://pastures-fromspace.dpiird.wa.gov.au/
Cloud Free Bio-mass	Map, NDVI	Daglig, VOD-baseret	Vegetation Optical Depth (VOD)	Bruger VOD som proxy for biomasse, ikke direkte må-linger	https://www.xar-vio.com/us/en/produ-cts/field-manager.html
Anuland – Fieldsense	Biomasse, Map, IoT, DSS	Høj (lokal sen-sorbaseret)	IoT sensorer, vejr, jorddata	Bruger sensorer, EO som baggrund	https://annuland.ie/
FarmMote	Map, NDVI, Wedge, IoT	Høj (sensor + EO)	Græskile, biomasse, IoT	Bruger 'motes' sensorer til at supplere EO-data	https://farmote.com/
Ruumi	MAP, NDVI, SAR	Moderat/Høj (Sentinel 1+2)	Biomasse, NDVI, Til-vækst	Kræver pålidelige input fra landmanden	https://www.ruumi.io/
Fieldmargin	Map, NDVI, Wedge	Moderat	Paddock mapping, græskile	Begrænset funktionalitet	https://fieldmargin.com/
EDENPA	NDVI, Map, Bio-masse	Australsk mo-del	Biomasse, NDVI		https://edenpa.com.au/
Cibolabs	NDVI, Bio-masse, Map	Australsk mo-del	Biomasse, NDVI		https://www.cibolabs.com.au/
CropSat	NDVI	Sentinel-2 ba-seret	Relativ biomasse	Gratis, viser kun relativ bio-masse	https://cropsat.com/
MODIS (NASA)	Multispektral optisk billed-dannelse	Lav rumlig (250–1000 m), høj temporal	NDVI, GPP, LAI, overfladetempera-tur, albedo	Grov opløsning, NDVI-mæt-ning, skyfølsomhed	https://www.earthdata.nasa.gov/data/catalog/lpcloud-mod44b-006
SPOT (Airbus)	Multispektral optisk billed-dannelse	Moderat (10–20 m opløs-ning)	Vegetationsindeks, biomasse, produkti-vitet	Skyfølsomhed, begrænset biokemisk information	
RapidEye (Pla-net)	Multispektral optisk billed-dannelse	Høj (5 m opløs-ning)	Klorofylindhold, bio-masse, græskvalitet	Begrænset dækning, skyføl-somhed, Kun 5 fremfor 13 bånd ved Sentinel 2	

SkySat (Planet)	Højopløselig optisk billed-dannelse	Meget høj (0.5–1 m opløsning)	Biomasse på mark-niveau, græsnings-mønstre	Høj pris, begrænset dækning, Kun 5 fremfor 13 bånd ved Sentinel 2	
ALOS (JAXA)	Synthetic Aperture Radar (SAR)	Moderat (10–30 m opløsning)	Jordfugtighed, topografi, vegetationsstruktur	Kompleks databehandling, begrænset biokemisk følsomhed	https://earth.esa.int/eogateway/missions/skysat
UAV-baserede sensorer (f.eks. HyMap)	Hyperspektral og multispektral	Meget høj (cm-niveau opløsning)	Bladegenskaber, krone, råprotein, næringsindhold	Begrænset arealdækning, vejrafhængig, høj omkostning	
Grass-Cast (USGS/NOAA)	Modelbaseret med NDVI + vejr	Regional nøjagtighed (prognosebaseret)	Sæsonprognose for biomasse, tørkeeffekt	Prognoseusikkerhed, grov opløsning	
ASD FieldSpec	Manuelt spektrofotometer	Meget høj (bladniveau)	Bladtørstof, nitrogen, fosfor, kalium	Arbejdskrævende, begrænset skalerbarhed	https://www.malvernpanalytical.com/en/products/category/handheld-spectrometers
LiDAR (UAV eller jordbaseret)	Laserbaseret 3D-billedannelse	Høj (struktur-specifik)	Kronehøjde, biomassestruktur, terrænkortlægning	Høj pris, begrænset biokemisk information, stor datamængde	https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-applied-remote-sensing/volume-18/issue-1/017502/UAV-LiDAR-based-grassland-biomass-estimation-for-precision-livestock-management/10.1117/1.JRS.18.017502.full

Opsummering

Det burde være relativt enkelt at bruge droner og satellitdata til estimering af biomassen i græs, da det jo netop er hele biomassen, der bestemmes fremfor eksempelvis kornafgrøder, hvor kerneudbyttet kun udgør en brøkdel af biomassen. Alligevel har det vist sig vanskeligt i de fleste undersøgelser at bruge satellitdata til hyppige præcise absolutte og ikke blot relative estimater af græsbiomasse som følge af behov for kalibrering og følsomhed for skydække.

For nuværende er plademålere med GPS det mest præcise værktøj til monitorering af græsudbuddet. På lidt længere sigt må det forventes at satellitbaserede systemer som Farmmote og Ruumi med mulighed for kalibrering af satellitdata med lokale målinger bliver mere udbredt til monitorering af græsudbuddet.

Der er for nuværende ingen kommercielle løsninger, der er kalibreret til måling af kvalitetsegenskaber i kløvergræs i Danmark. Studier viser, at brug af multispektrale data kan måle indholdet af råprotein. Indholdet af f.eks. sukker er meget afhængig af solindstråling og temperatur og vil derfor med fordel kunne modelleres fremfor måles.

Litteratur

Ali, F., Cawkwell, F. Dwyer, E., Barrett, B. & Green, S. (2016) Satellite remote sensing of grasslands: from observation to management, *Journal of Plant Ecology*, Vol 9, Issue 6, P 649–671, <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw005>.

Feltkode ændret

Green, S. O'Hara, R. & Zimmermann, J. (2021). The role of remote sensing in practical grassland farming. *European Grassland Conference, Sensing – New Insights into Grassland Science and Practice*, p 167. https://www.researchgate.net/publication/356186796_The_role_of_remote_sensing_in_practical_grassland_farming

Feltkode ændret

Hayes, S., F. Cawkwell, K. L. Bacon, and A. Wingler. 2025. "Remote Sensing of Grassland Plant Biodiversity and Functional Traits." *Ecology and Evolution* 15, no. 8: <https://doi.org/10.1002/ece3.71829>.

Feltkode ændret

Peng, J., Morel, J., Julianne, O. & Parsons, D. (2024). Ley field management using satellite based digital tools. *European Grassland Conference, Why Grasslands*, vol 29. P 675–677. https://www.researchgate.net/publication/383219100_Ley_field_management_using_satellite_based_digital_tools

Feltkode ændret

Reinermann, S., Asam, S., & Kuenzer, C. (2020). Remote Sensing of Grassland Production and Management - A Review. *Remote Sensing*, 12, 1949. <https://doi.org/10.3390/rs12121949>

Feltkode ændret

Shahi, T. B., Balasubramaniam, T., Sabir, K. & Nayak R., (2025) Pasture monitoring using remote sensing and machine learning: A review of methods and applications, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, Vol 37, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2025.101459>

Feltkode ændret

Wang, Z., Ma, Y., Zhang, Y., & Shang, J. (2022). Review of Remote Sensing Applications in Grassland Monitoring. *Remote Sensing*, 14(12), 2903. <https://doi.org/10.3390/rs14122903>