

UDKIK

Nye metoder og data til kortlægning af kulstofrige lavbundsjord

Anders Bjørn Møller, Aarhus Universitet, Rasmus Emil Jensen, SEGES, Rita Hørfarter, SEGES, Karsten Dollerup Møller, SEGES, Sebastian Gutierrez, Aarhus Universitet, Triven Koganti, Aarhus Universitet, Amélie Beucher, Aarhus Universitet, Mogens H. Greve, Aarhus Universitet, og Mette Balslev Greve, Aarhus Universitet

Resumé

Hvordan dokumenterer man, at det nationale kulstofkort tager fejl – og hvordan kan lokale målinger forbedre fremtidens arealforvaltning? Projektet UDKIK udvikler et nyt teknisk og organisatorisk koncept for indsigelser mod kulstofkortet og undersøger, hvordan eksisterende og nye jorddata kan anvendes til dynamisk opdatering af kortet.

Artiklen præsenterer både metoder til prøvetagning, dataintegration og brug af sensorteknologier, samt en opfordring til samarbejde med aktører, der ligger inde med målinger fra tørve- og lavbundsjord.

For alle, der arbejder med geodata, bæredygtig arealplanlægning eller landbrugsjordens rolle i den grønne omstilling, giver artiklen et aktuelt indblik i, hvordan lokalt forankret viden kan styrke den nationale kortlægning.

Keywords: Kulstofkortlægning, Lavbundsjord, Geodata, Arealforvaltning, Sensorer

1. Indledning

I sommeren 2024 vedtog Regeringen en grøn trepartsaftale, der markerer en af de største reformer af det danske landskab i nyere tid. Målet er at nedbringe landbrugets CO₂-udledning, mindske presset på miljøet og genskabe vigtige naturområder. En væsentlig del af dette arbejde er at udtage kulstofrige lavbundsjord af landbrugsdriften, men den nødvendige viden om jordenes placering og indhold af organisk kulstof er utilstrækkelig i mange områder.

Det landsdækkende kulstofkort spiller en central rolle i myndighedernes arbejde, men det kan være vanskeligt at anvende på lokal skala, da det ikke altid afspejler de faktiske forhold på markniveau. For at sikre en mere retvisende kortlægning og give lodsejere og rådgivere mulighed for at dokumentere afvigelser, er der behov for et nyt, dokumentationsbaseret indsigelseskoncept. Det er netop denne opgave, projektet UDKIK har sat sig for at løse.

Projektet, der ledes af Aarhus Universitet i samarbejde med SEGES Innovation, har som hovedformål at udvikle metoder, vejledninger og digitale løsninger, der både kan håndtere indsigelser mod kulstofkortet og forbedre selve kortets kvalitet ved at inddrage nye datakilder – herunder målinger fra tidligere undersøgelser og moderne sensorteknologier, se figur 1.



Figur 1: Grafisk overblik over UDKIK-projektets fire hovedelementer: Udvikling af indsigelseskoncept, indsamling af eksisterende data, anvendelse af sensorbaserede metoder og forbedring af modeller til opdatering af kulstofkortet.

I denne artikel vil vi først beskrive baggrunden for projektet og de udfordringer, der knytter sig til den eksisterende kortlægning af kulstofrige jorde. Herefter præsenterer vi projektets metodiske tilgang, herunder udviklingen af et dokumentationskoncept, indsamling af historisk jorddata og anvendelse af sensorbaserede metoder. Dernæst gennemgås testområder og praktiske erfaringer, inden artiklen afrundes med en diskussion af perspektiver. Til sidst samles hovedpointerne i en konklusion og en opfordring til aktører om at bidrage med eksisterende målinger.

2. Baggrund og udfordringer

Der findes allerede et landsdækkende kulstofkort, som anvendes i en række sammenhænge – fra planlægning af udtagningsprojekter til nationale klimaregnskaber (Beucher et al., 2023; Møller et al., 2024). Kortet bygger hovedsageligt på landsdækkende datasæt med jordprøver og datalag med forklarende variabler. Selvom det giver et godt overblik på nationalt plan, er det mindre præcist i lokal skala, hvor variationen i kulstofindhold ofte er stor.

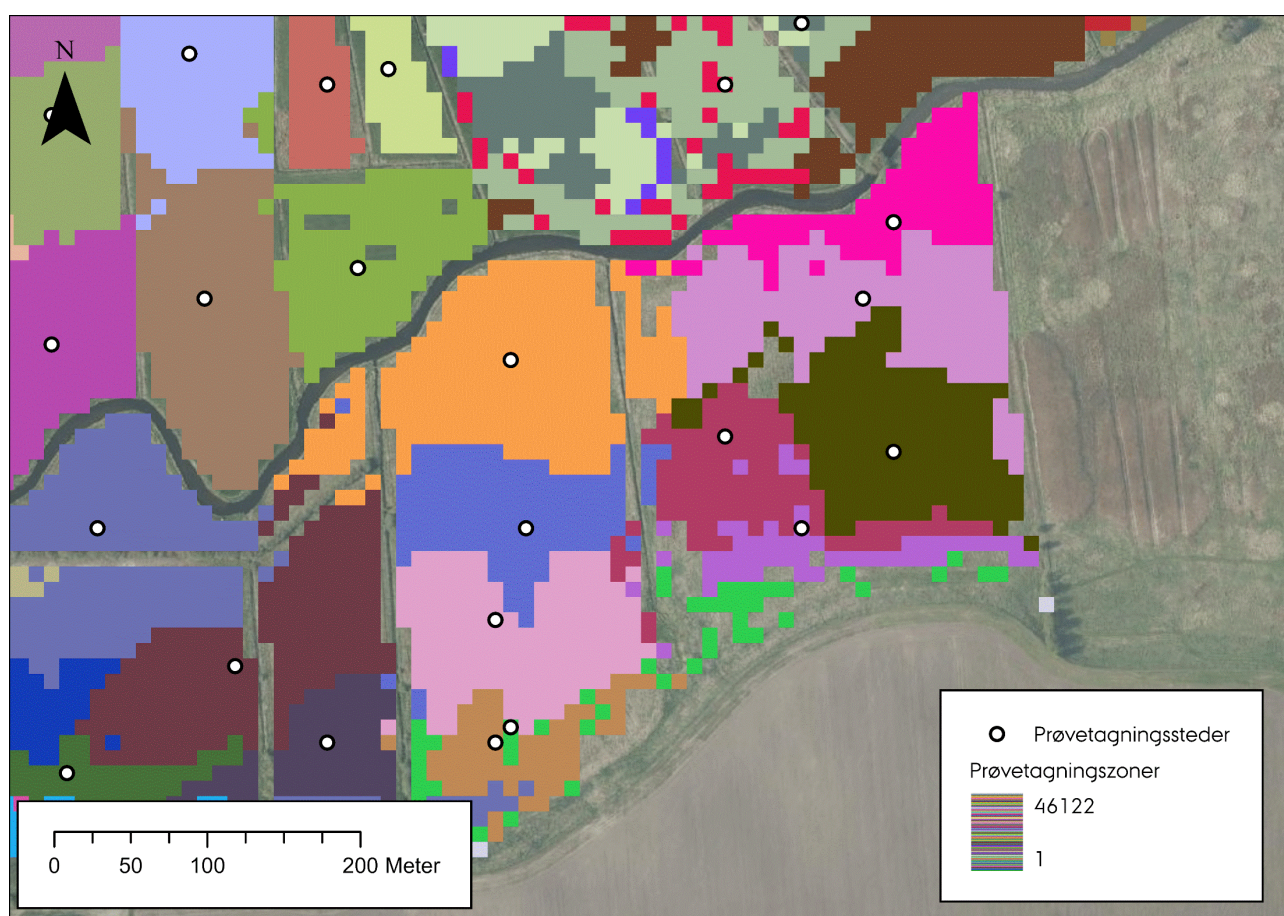
Flere undersøgelser har vist, at kulstofindholdet kan variere markant selv inden for den enkelte mark (Chen et al., 2000; Knadel et al., 2011; Pouladi et al., 2019). Der er derfor behov for et system, hvor jordejere og andre aktører med lokal viden og målinger kan få mulighed for at gøre indsigelser mod kortet – og samtidig bidrage med data, der kan forbedre kortet for fremtiden. UDKIK-projektet udvikler en samlet ramme, hvor dokumentation, kvalitetssikring og datadeling går hånd i hånd med ny teknologi og geodataanalyser.

3. Metoder og tilgang

Et centralt element i projektet er udviklingen af et nyt koncept for dokumentation ved indsigelser. Her arbejdes der med at formulere vejledninger, der specificerer, hvordan prøvetagning, analyser og rapportering skal foregå for at opnå høj faglig kvalitet og ensartethed. Projektet har på

nuværende tidspunkt udviklet en første udgave af vejledningen til prøvetagning og analyser på baggrund af eksisterende viden (Møller et al., 2025). I løbet af projektet vil vejledningen blive yderligere opdateret ud fra praktiske erfaringer og dialog med slutbrugere og andre relevante aktører. Projektet vil samtidig udvikle en certificeringsordning for konsulenter, så dokumentationen bliver pålidelig og anvendelig for både lodsejere, myndigheder og forskere.

Samtidig udvikles algoritmer, der kan hjælpe med at udpege, hvor prøverne med størst mulig fordel kan udtages. Disse algoritmer anvender modelusikkerheder og jordbundsvariable til at foreslå repræsentative prøvetagningspunkter og dermed sikre, at den indsamlede dokumentation giver et retvisende billede af de virkelige forhold. Placeringen af prøvetagningssteder kan fx inddrage terrænhøjden og sandsynligheden for tørv for at finde det mest repræsentative punkt inden for et område, se figur 2.



Figur 2: Eksempel på en potentiel placering af henholdsvis prøvetagningspunkter og -zoner inden for et mindre område. Zoner og punkter er udarbejdet på grundlag af CVR-nummer, sandsynligheden for tørv, terrænhøjden og geografiske koordinater.

Et andet fokusområde i UDKIK er indsamlingen af allerede eksisterende jordbundsdata. Rundt om i landet findes tusindvis af målinger, som er blevet indsamlet i forbindelse med tidligere forsknings- og naturgenopretningsprojekter, i landbrugsrådgivningen, under myndighedskrav eller i tilknytning til driftsanalyser. Data er dog sjældent samlet ét sted eller tilgængeligt for kortopdatering.

Projektet arbejder derfor med at identificere og vurdere disse datakilder, herunder deres ejerforhold, kvalitet og anvendelighed. En vigtig del af indsatsen består i at beskrive, hvordan en fremtidig digital infrastruktur kan opbygges, så den gør det muligt at dele data i et standardiseret format og med klar adgangsstyring. På den måde bliver det lettere for både offentlige og private aktører at bidrage med relevant data – og at få gavn af de forbedrede kort.

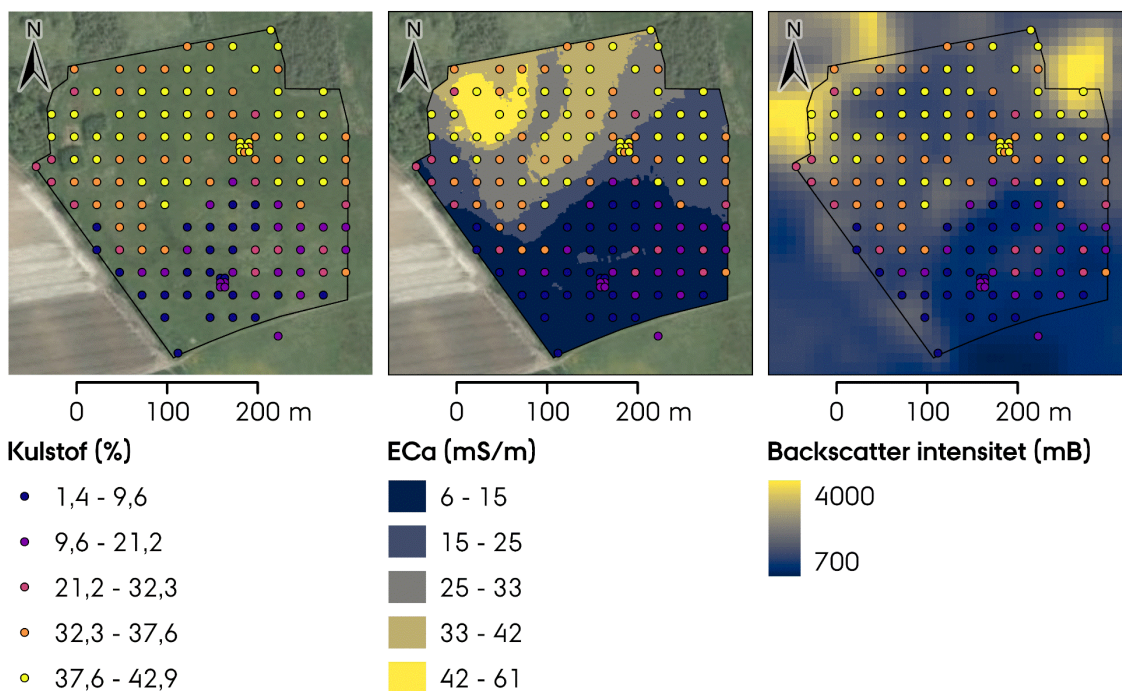
Det tidligere indsamlede og nye data anvendes til at opdatere og forbedre det eksisterende kulstofkort gennem moderne metoder baseret på geostatistik og maskinlæring. Dette arbejde omfatter både tilpasning af eksisterende modeller og test af nye metoder. UDKIK undersøger desuden, hvordan kortet kan opdateres dynamisk – altså løbende – i takt med, at nye målinger kommer til.

Et særligt fokus er at undersøge, hvordan lokale jordprøver påvirker den landsdækkende kortlægning. Kan nye målinger i et bestemt område også forbedre kortets nøjagtighed i det omgivende landskab? Og hvordan balanceres den lokale detaljegrad med behovet for et sammenhængende kort på landsplan?

3.1 Sensorbaserede metoder

Ud over de klassiske jordprøver afprøver UDKIK også sensorer som dokumentationsværktøj. Projektet tester både jordnære og luftbårne sensorer – fx elektromagnetisk induktion og gammastråling – og sammenligner deres målinger med jordprøver fra de samme arealer. På den måde vurderes det, om sensormetoder kan anvendes som en del af dokumentationen i forbindelse med indsigelser.

Særligt dronebaserede sensorer har potentiale til hurtigt at dække større arealer, og kombinationen af disse metoder med satellitdata og maskinlæring åbner nye muligheder for effektiv kortlægning og dokumentation, se figur 3. I projektets testområder gennemføres målinger med flere sensortyper, og der udvikles vejledninger for, hvordan data bedst anvendes og kalibreres.



Figur 3: Eksempler på data til dokumentation og kortlægning af jordens kulstofindhold inden for en mark. *Til venstre:* Målinger af jordens kulstofindhold fra jordprøver. *Midt for:* Jordens elektriske ledningsevne (ECa) målt med en sensor ved overfladen. *Til højre:* Backscatter-intensitet fra radarsatellit (ALOS/PALSAR-HV, gennemsnit af årene 2017–2021).

3.2 Testområder og anvendelse i praksis

De udviklede metoder og systemer testes i konkrete geografiske områder. Testområderne udvælges, så de repræsenterer forskellige jordbundsforhold, arealanvendelser og udfordringer inden for lavbundsarealer.

Ved at sammenholde de eksisterende kort med nye målinger analyseres det, hvordan forskellige dokumentationsstrategier påvirker kortets kvalitet. Derudover testes selve indsigelsesproceduren og dataintegrationen i praksis. Erfaringerne herfra skal bruges til at justere både vejledninger og kortlægningsmetoder. De vil samtidig fungere som en test af, hvordan jordbundsprøver og andre data bedst muligt kan integreres, deles og anvendes.

3.3 Et fælles projekt for datadrevet arealplanlægning

Projektet har som mål at bygge bro mellem forskellige aktører – fra forskere og konsulenter til landmænd og myndigheder. Ved at kombinere data og metoder på tværs af geografiske skalaer ønsker UDKIK at sikre, at det landsdækkende kort både er præcist og retfærdigt. Det kræver ikke blot avancerede modeller, men også åbenhed, samarbejde og vilje til at dele viden og data.

Det rejser naturligvis også spørgsmål om datatilgængelighed, ejerskab og standardisering. Projektet arbejder derfor sammen med dataejerne og andre interessenter for at sikre, at juridiske og tekniske rammer er på plads.

Der er allerede mange datakilder i spil, men der er behov for flere. For at kunne realisere projektets fulde potentiale har vi brug for at finde og inddrage de jordprøver, der allerede eksisterer rundt om i Danmark.

4. Konklusion

Projektet UDKIK repræsenterer en ny tilgang til datadrevet arealforvaltning. Med nye metoder til dokumentation, integration af eksisterende målinger og test af sensorteknologi, baner projektet vejen for en mere præcis og fleksibel kortlægning af kulstofrige lavbundslande.

Men projektet bliver kun så stærkt som det datagrundlag, det bygger på. Derfor inviterer vi alle med relevant viden og data til at bidrage – og til sammen at skabe de kort, der skal danne grundlag for en grøn og bæredygtig omstilling af det danske landskab.

Vil du hjælpe os?

Hvis du – som rådgiver, forsker, kommune eller privat virksomhed – ligger inde med data fra tidligere jordprøver, der indeholder information om kulstofindhold eller tørvedybde, vil vi meget gerne høre fra dig. Data kan være analyserapporter med koordinater, shape- eller tab-filer, eller blot kort med kulstofprocenter markeret.

Data kan gøre en konkret forskel – ikke blot i de områder, hvor det er indsamlet, men også i udviklingen af bedre modeller og kort til brug i hele landet.

Hvis du har data, som vi kan bruge i projektet, så skriv til:

Mette Balslev Greve

Chefkonsulent, Aarhus Universitet – Institut for Agroøkologi

✉ metteb.greve@agro.au.dk

☎ +45 2320 9924

For andre henvendelser om projektet, kontakt:

Anders Bjørn Møller

Adjunkt, Aarhus Universitet – Institut for Agroøkologi

✉ anbm@agro.au.dk

☎ +45 2276 5436

Referencer

- Beucher, A., Weber, P.L., Hermansen, C., Pesch, C., Koganti, T., Møller, A.B., Gomes, L.d.C., Greve, M.B., Greve, M.H., 2023. Updating the Danish peatland maps with a combination of new data and modeling approaches. Advisory report from DCA – Danish Centre for Food and Agriculture, Department of Agroecology, Aarhus University, 65 pp.
- Chen, F., Kissel, D.E., West, L.T., Adkins, W., 2000. Field-scale mapping of surface soil organic carbon using remotely sensed imagery. *Soil Science Society of America Journal* 64(2), 746-753.
<https://dx.doi.org/10.2136/sssaj2000.642746x>
- Knadel, M., Thomsen, A., Greve, M.H., 2011. Multisensor On-The-Go Mapping of Soil Organic Carbon Content. *Soil Science Society of America Journal* 75(5), 1799-1806.
<https://dx.doi.org/10.2136/sssaj2010.0452>
- Møller, A.B., Beucher, A.M., Greve, M.H., Jensen, R.E., Hørfarter, R., 2025. Vejledning til indsigelser til det landsdækkende kulstofkort – Første udgave. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, 25 pp.
- Møller, A.B., Greve, M.H., Beucher, A., 2024. Opdateret jordbundstypekort. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, 41 pp.
- Pouladi, N., Møller, A.B., Tabatabai, S., Greve, M.H., 2019. Mapping soil organic matter contents at field level with Cubist, Random Forest and kriging. *Geoderma* 342, 85-92.
<https://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.02.019>