



# Satellit VS drone til præcisionssprøjtning

## Partnerskab om Præcisionslandbrug



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**

# Satellit VS drone til præcisionsprøjtning

## Partnerskab om Præcisionslandbrug

---

### Udarbejdet af

Teknologisk Institut  
Agro Food Park 15  
8200 Aarhus N  
Markforsøg, Teknologi og Analyse

### Udarbejdet sammen med

SEGES for Miljøstyrelsen



December 2019

Forfatter: Thomas Nitschke og Søren Kjærgaard Boldsen (Teknologisk Institut).



## Baggrund og formål

I præcisionslandbruget bruges forskellige datakilder (satellit, drone, udbyttekort, jorddata, topografi, vejrdato m.m.) til udarbejdelse af tildelingsfiler til f.eks. såning, planteværn og gødsning. Der skelnes mellem 2 metoder til udbringning som fremgår af nedenstående forklaring:

Udbringningsmetode:	Bruges til:
On/Off eller go/no-go tildelingskort	Pletsprøjtning, hvor det kun er mindre områder i marken der behandles. Udføres typisk med marksprøjter på bom-, sektions- eller i sjældne tilfælde på enkelt dyseniveau
Gradueret tildeling	Såning, gødsning eller planteværn, hvor der forventes et øget udbytte og en miljøgevinst ved at tildele en stedspecifik mængde til afgrøden. Ofte kun praktisk muligt i hele maskinens arbejdsbredde, men markedet for f.eks. pulserende dyser forventes at stige og dermed muligheden for at graduere på sektions eller dyseniveau.

Tildelingsfiler til gradueret sprøjtning tager normalt udgangspunkt i biomassefordeling på den enkelte mark, og programmerne (CropManager, Cropsat, FieldSense eller Atfarm) som bruges af landmanden, anvender ofte ESA Sentinel 2 satellitsystemet.

Tildelingskort fra satellit har en grid/pixelstørrelse på min. 10x10 meter, og retningen af disse er defineret af satellittens flyveretning. Retning af sprøjtespor i marken og retning af grid fra satellit er derfor sjældent ens. I dette projekt undersøges, hvilken betydning størrelse af grid har i forhold til aktuelt udstyr som bruges i marken. Desuden undersøges konsekvensen og fejlkilden ved at sprøjtespor medregnes i biomassevurderingen ved 10 x 10 meter gridstørrelse.

I denne analyse anvendes drone og satellitbilleder fra 2019 til at vurdere konsekvenser og mulige fordele ved stedspecifik biomassevurdering i marken. (f.eks. til graduering på hhv. hele bombredde eller på sektions- eller dyseniveau).

Formålet er at synliggøre det teoretiske datatab, ved ikke at udnytte variationen i marken ved de forskellige anvendelsesscenarier, samt evt. påvise det økonomiske potentiale ved brug af højteknologiske sprøjter og dronebaserede tildelingsfiler. Dette undersøges ved at sammenligne gridstørrelser fra drone- og satellitbilleder. Der findes forskellige systemer til graduering fra tildelingskort i marken (ud fra grid i midt af traktor eller som gns. af hele bombredde). I dette projekt er der kun fokuseret på betydningen af gridstørrelse, samt potentiel fejlkilde fra påvirkning af evt. sprøjtespor i de forskellige gridstørrelser.

## Metode

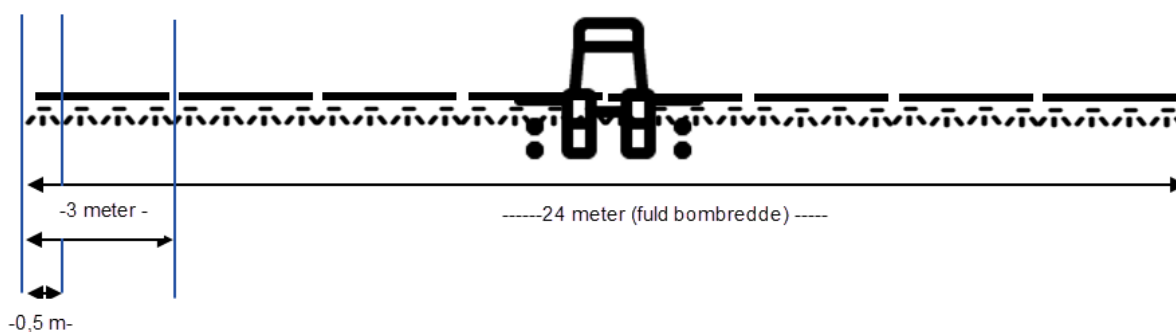
Ved graduering med marksprøjter er typen af sprøjte afgørende for, hvor små områder der kan gradueres i. I denne analyse har vi beregnet på følgende arbejdsbredder:



**Hele bombredde:** Her regnes med 24 meter bredde, og vi har i analysen forudsat at længden i kørselsretning er 3 meter (da 3 meter i længderetning kan læses af de fleste autostyringssystemer).

**Sektionsopdelt:** Her regnes med 3 meter sektioner, og mulighed for individuel graduering af hver enkelt sektion. Vi har i analysen forudsat at længden i kørselsretning er 3 meter.

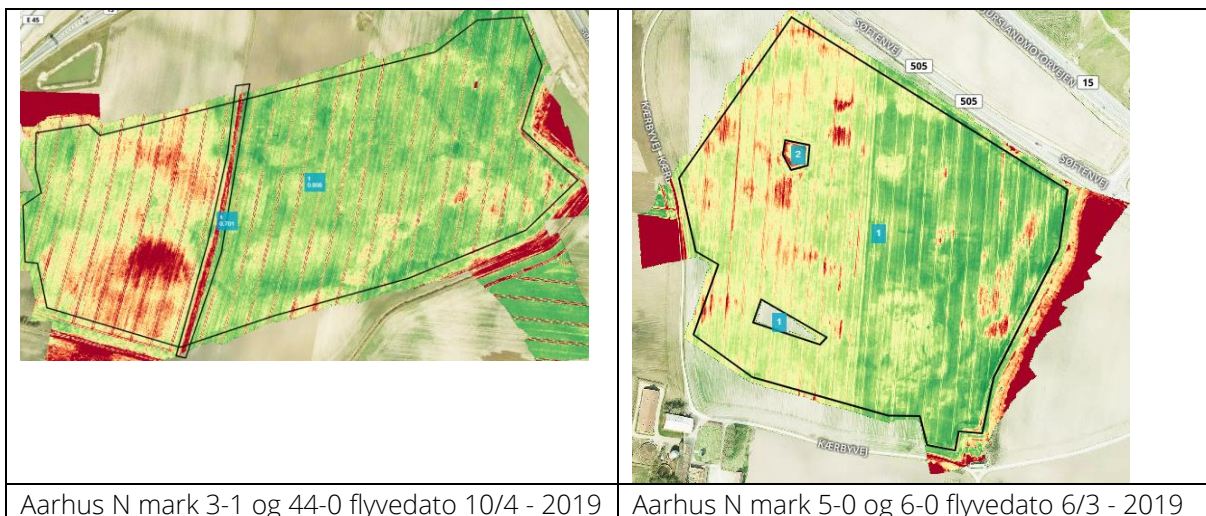
**Dyseniveau:** Her regnes med 0,5 meter pr. dyse med mulighed for individuel graduering af hver enkelt dyse. Vi har i analysen forudsat at længden i kørselsretning er 0,5 meter.



## Marker udvalgt

Der er i denne undersøgelse brugt dronebilleder fra 2 vinterhvedemarker med middel variation i biomasse. Markerne dyrkes i dag som én mark, men har hver sin dyrkningshistorik. Foragre og ukurante områder i markerne er fjernet fra analysen.

Der er ved dronedeflyvning brugt Micasense RedEdge-M (multispektralt kamera) med en opløsning på 3,8 x 3,8 cm. Gennemsnittet for hver 0,25 x 0,25 meter grid i marken er beregnet, og anvendt i analysen af variationen i de tre udbringningsscenarier med henholdsvis 24 meters bombredde, 3 meters sektionsoptdeling og 0,5 meters dyseniveau. I analysen er sprøjtesporsretning ligeledes identificeret. SEGES har bidraget med data og indspil til analysen, samt været redaktør på denne rapport.





## Betydning af tildelingsmetode

Tabel 1 viser, hvor meget variationen i gridene i gennemsnit mindskes ved at gå fra ens tildeling i hele marken, til en gridstørrelse fra 24 x 10 meter og ned til 0,5 x 0,5 meter. Denne reduktion af variationen er udtrykt ud fra standardafvigelsen (SD) og udtrykt i % forbedring ved brug af hhv. drone og satellit. Jo mindre spredning inden for hver grid, jo mere præcist tildeles planteværn eller gødning ud fra biomassen i punktet, og dermed ud fra afgrødens aktuelle behov.

<b>Mark 3-1 og 44-0 Tildelingsmetode</b>	<b>ndre.sd</b>	<b>% forbedring (drone)</b>	<b>% forbedring (satellit)</b>
Hele Marken	0,054	0	0
Hele bombredden - Tildelingsstørrelse 24 * 10 meter	0,031	43,6	35,5
Hele bombredden - Tildelingsstørrelse 24 * 3 meter	0,030	44,9	35,2
Sektionsniveau - Tildelingsstørrelse 3 * 3 meter	0,022	59,5	37,0
Dysseniveau - Tildelingsstørrelse 0.5 * 0.5 meter	0,011	79,1	36,4
<b>Mark 5-0 og 6-0 Tildelingsmetode</b>	<b>ndre.sd</b>	<b>% forbedring (drone)</b>	<b>% forbedring (satellit)</b>
Hele Marken	0,051	0	0
Hele bombredden - Tildelingsstørrelse 24 * 10 meter	0,030	41,6	34,6
Hele bombredden - Tildelingsstørrelse 24 * 3 meter	0,029	42,5	34,7
Sektionsniveau - Tildelingsstørrelse 3 * 3 meter	0,022	57,6	38,0
Dysseniveau - Tildelingsstørrelse 0.5 * 0.5 meter	0,013	75,3	37,2

Tabel 1. Betydning af tildelingsmetode beregnet ud fra vegetationsindekset NDRE målt med drone i en opløsning på 0,25\*0,25 meter og med satellit i 10\*10 meter.

**% forbedring** viser i procent hvor meget vi forbedrer udnyttelsen af markens variation ved tildeling. (dvs. hvor meget tildeling til hver enkelt plantes behov forbedres). Hele marken er referencen (0 % forbedring).

Som det fremgår af tabellen, udnytter vi ved tildeling ud fra NDRE (baseret på dronebilleder) 41,6 - 43,6 af markens variation ved at tildele i hele bombredden og 10 meter i længderetningen. Ved samme tildeling men baseret på satellitbilleder udnyttes kun mellem 34,6 – 35,5 % af variationen. Dette svarer til landmandspraksis ved langt hovedparten af graduerede tildelinger ved gødskning og sprøjtning efter satellitbilleder. Bemærk at i analysen er dronebillederne referencen, så alle forskelle mellem satellitbilleder og dronebilleder vil se ud som fejl i satellitbillederne.

Tabel 1 viser ligeledes, at ved graduering på dysniveau baseret på dronebilleder er det muligt at forbedre udnyttelsen af markens variation med hhv. 79,1 og 75,3 %.

Sagt med andre ord er det muligt at udnytte op til 80% af markens variation ved at tildele på dysniveau når der bruges drone til at udarbejde tildelingskortet. Og bruges der satellitbilleder er det, uanset udstyr på sprøjten, kun muligt at udnytte op til 40% af markens variation.



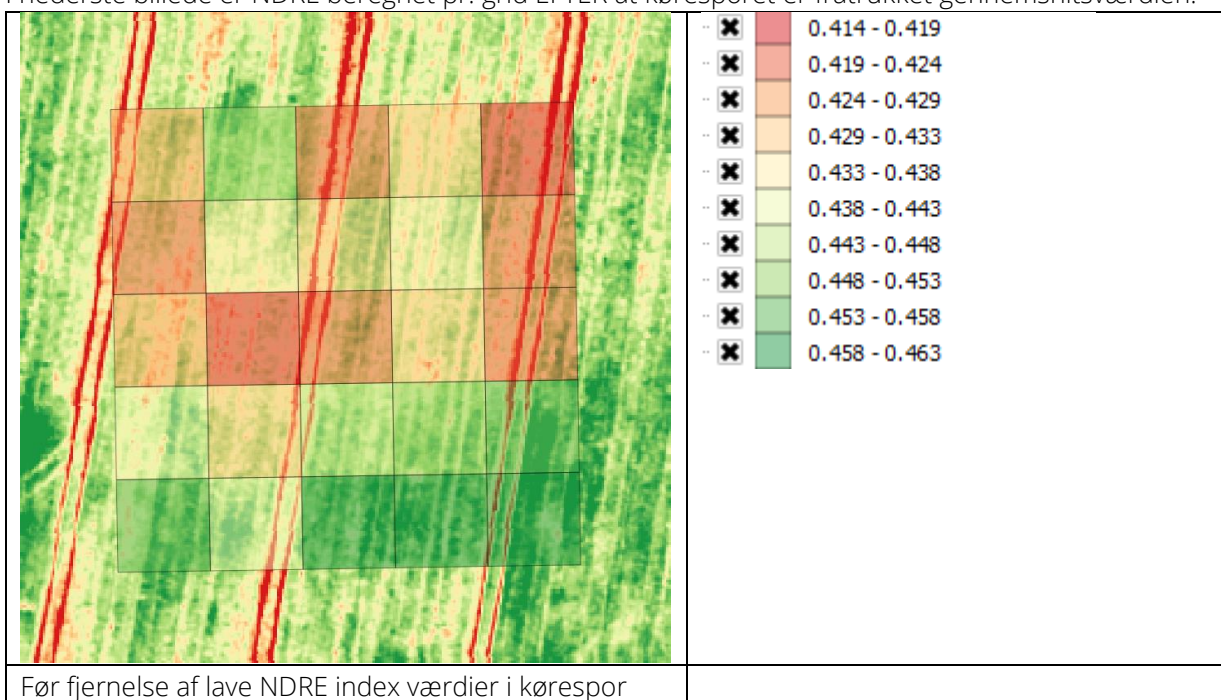
## Betydning af kørespor

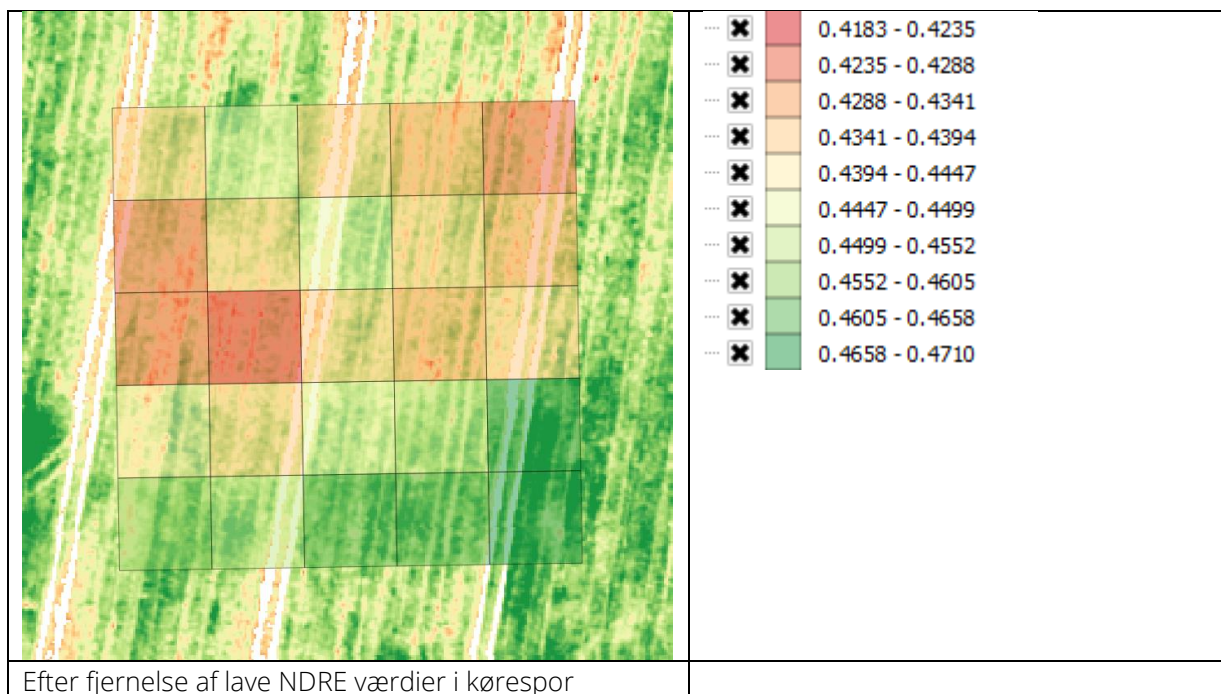
Der er typisk anlagt kørespor/plejespor i marken, og i følgende afsnit er det vurderet, hvor stor indflydelse køresporets lavere biomasse påvirker den samlede beregning af biomasseindeks.

I nedenstående tabel er vist tilfældigt placerede grids på 10x10 meter i nord/syd retning (som i dette tilfælde vil svare til satellitoptagelsens gridstørrelse).

I øverste billede er den gennemsnitlige NDRE beregnet pr. grid inklusiv de tydeligt røde områder fra køresporet.

I nederste billede er NDRE beregnet pr. grid EFTER at køresporet er fratrukket gennemsnitsværdien.





Tabel 2 viser ændringen i biomassen (NDRE) i de 25 grid som ses ovenfor efter at biomasseværdien i køresporerne er fjernet fra gennemsnittet.

Gridnr.	NDRE gns. Med kørespor	NDRE gns. Uden kørespor	Ændring	% ændring	% ændring i tilde- lingsgrundlag
1	0,427	0,437	0,010	2,4	20,7
2	0,421	0,426	0,005	1,2	10,1
3	0,425	0,425	0,000	0,0	0,4
4	0,442	0,442	0,000	0,0	0,0
5	0,455	0,455	0,000	0,0	0,0
6	0,450	0,450	0,000	0,0	0,0
7	0,436	0,436	0,000	0,0	0,0
8	0,417	0,418	0,001	0,2	2,1
9	0,432	0,437	0,006	1,4	12,2
10	0,441	0,455	0,013	3,0	27,0
11	0,422	0,438	0,016	3,9	33,9
12	0,435	0,448	0,014	3,2	28,6
13	0,425	0,436	0,011	2,7	23,7
14	0,444	0,449	0,005	1,1	9,9
15	0,462	0,462	0,000	0,0	0,1
16	0,429	0,429	0,000	0,0	0,0
17	0,437	0,437	0,000	0,0	0,0
18	0,433	0,433	0,000	0,0	0,0



<b>19</b>	0,452	0,452	0,000	0,0	0,0
<b>20</b>	0,463	0,463	0,001	0,2	1,8
<b>21</b>	0,415	0,429	0,014	3,3	28,2
<b>22</b>	0,419	0,434	0,015	3,5	30,2
<b>23</b>	0,423	0,436	0,014	3,3	28,7
<b>24</b>	0,455	0,467	0,012	2,6	24,6
<b>25</b>	0,460	0,471	0,011	2,3	22,3

Tabel 2. betydning af sprøjtespor beregnet ud fra dronebillede

Kolonnerne **NDRE gns. Med kørespor** og **NDRE gns. Uden kørespor** er hhv. før og efter fjernelse af pixels fra sprøjtespor (på spektre niveau inden beregning af NDRE).

Tabellen viser den procentvise ændring i NDRE i hver enkelt celle (% ændring) og den procentvise ændring i tildelingsgrundlaget (% ændring i tildelingsgrundlag). Dvs. den beregnede ændring i % ud fra spændet i gns. i NDRE på det samlede areal af de 25 felter.

Som det fremgår, er der over 30% ændring af biomassen i de grid som indeholder kørespor.

Ved graduering af f.eks. gødning eller planteværnsmidler bør lav biomasse fra køresporet fratrækkes inden udformning af tildelingsfil. Det anbefales derfor fremadrettet at designe systemer til tildelingskort, således at denne "fejlkilde" elimineres.

I dronebaserede tildelingsfiler kunne kørespor automatisk fjernes, og tildelingsfilerne kunne dannes ud fra kørselsretning (og ikke blot i nord-syd retning) og i den aktuelle tildelingsbredde på sprøjte eller gødningsspreder.

## Økonomiske konsekvenser

Det er vanskeligt at påvise en økonomisk gevinst ved graduering af gødskning, men ved vækstregulering og svampesprøjtninger er der i 2019 vist merudbytter ved graduering på op til 2,5 hkg i vinterhvede pr. ha ved blot at omfordele mængden på marken (ved en gridstørrelse på 3\*3 meter).

Ved en hvedepris på 110 kr/hkg er det op til 275 kr. i merudbytte.

Ved at antage et merudbytte på hhv. 0 og 275 kr. for hele marken og 3\*3 meter kan der antages et lineært funktionelt merudbytte på 360/365 kr. ved graduering på dysniveau. (se tabel 3).

<b>Mark 3-1 og 44-0 Tildelingsmetode</b>	<b>ndre.sd</b>	<b>% forbedring (drone)</b>	<b>Kr. (merudb. eksempel)</b>
Hele Marken (opløsning 0,25*0,25)	0,054	0	0
Parceller 24 * 10	0,031	43,6	202
Parceller 24 * 3	0,030	44,9	208
Delparceller 3 * 3	0,022	59,5	275
Dysser 0.5 * 0.5	0,011	79,1	366
<b>Mark 5-0 og 6-0 Tildelingsmetode</b>	<b>ndre.sd</b>	<b>% forbedring (drone)</b>	





Hele Marken (opløsning 0,25*0,25)	0,051	0	0
Parceller 24 * 10	0,030	41,6	198
Parceller 24 * 3	0,029	42,5	203
Delparceller 3 * 3	0,022	57,6	275
Dysser 0.5 * 0.5	0,013	75,3	359

Tabel 3. Viser lineært beregnet merudbytte eksempel.

Tildelingsfiler i gridstørrelse under 10\*10 meter (tildeling på sektion eller dyseniveau) kræver på nuværende tidspunkt brug af droner (eller andet landbaseret sensorsystem).

Prisen for en professionelt udført dronedeflyvning inkl. udarbejdelse af tildelingskort svinger meget, men udbydes til under 100 kr. pr. ha.

Ovenstående eksempel er udført med det forbehold at udstyr til tildeling på dyseniveau er tilgængeligt, hvormed det kan betale sig økonomisk at udføre dronedeflyvninger.



**TEKNOLOGISK**  
**INSTITUT**