

KORTLÆGNING AF JORDENS TØRKEFØLSOMHED

(vandholdende evne)
på baggrund af biomassemålinger
fra satellitter i tørkeåret 2018



Kortlægning af jordens tørkefølsomhed (vand-holdende evne)
på baggrund af biomassemålinger fra satellitter i tørkeåret 2018

er udgivet af

SEGES

Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

Agro Food Park 15

8200 Aarhus N

+45 8740 5000

seges.dk

UDARBEJDET AF

PlantelInnovation, SEGES

KONTAKT

Kathrine Hauge Madsen

PlantelInnovation

+45 8740 5422

khm@seges.dk

FORFATTERE

Kathrine Hauge Madsen

Leif Knudsen

Peter Fogh

Christian Schou Oxvig

Jens Erik Jensen

FINANSIERET AF

Projektet 'Innovationer för hållbar växtodling' er støttet af Øresund-
Kattegat-Skagerrak-programmet og Promilleafgiftsfonden for landbrug

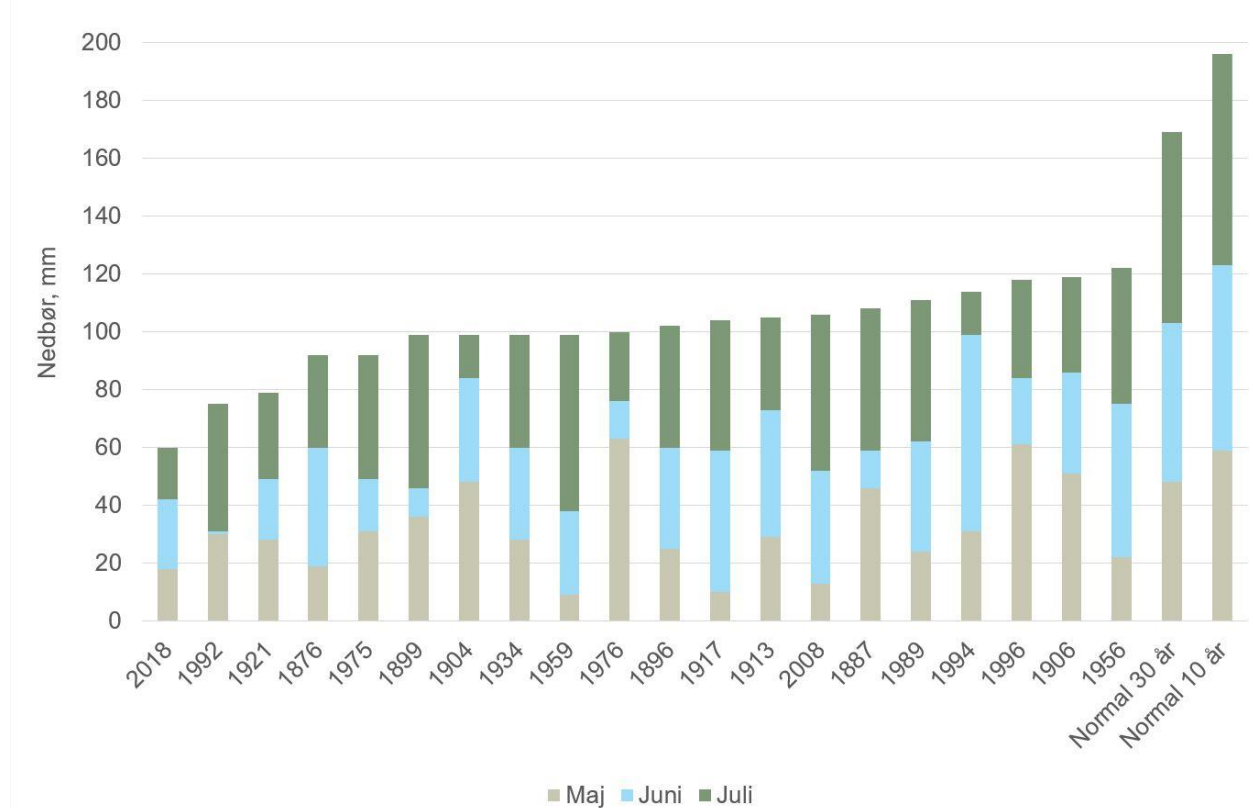
December 2018

Indhold:

1	BAGGRUND FOR VEJLEDNINGEN	3
2	FORMÅL	4
3	MATERIALER OG METODER	4
3.1	DEN SATELLITBASEREDE TØRKEVARIABEL:	4
3.2	INDELING I ZONER:	4
3.3	JORDPRØVETAGNING:	5
3.4	TEKSTURANALYSE MED NIR-METODEN	5
3.5	STATISTISK ANALYSE	6
4	RESULTATER	7
4.1	SAMMENHÆNG MELLEM DEN SATELLITBASEREDE TØRKEVARIABEL OG RODZONEKAPACITET BEREGNET UD FRA JORDPRØVERNE I FIRE DYBDER:	7
4.2	OPDELING I TØRKERISIKO-ZONER:	7
4.3	SAMMENHÆNG MELLEM DEN SATELLITBASEREDE TØRKEVARIABEL OG RODZONEKAPACITET I 10 ØSTJYSKE VINTERHVEDEMARKER	8
4.4	KRYDSVALIDERING	9
5	KONKLUSION	11

1 BAGGRUND FOR VEJLEDNINGEN.

Målt på både nedbør, temperatur, soltimer og vandunderskud i maj, juni og juli har sæsonen 2018 overgået alle tidligere tørkeår siden de meteorologiske målinger startede i 1874 ([se landbrugsinfo.dk](http://se.landbrugsinfo.dk)).



Figur 1. Top20 over år med lav nedbør i maj, juni og juli samlet set siden 1874, mm. (kilde: Søren Kolind Hvid, SEGES, landbrugsinfo.dk).

Ved positionsbestemt eller graderet tilførsel af f.eks. kvælstofgødning eller planteværnsmidler sker omfordelingen med de nuværende modeller primært ud fra variationer i vegetationsindekset. Der tages normalt ikke automatisk hensyn til variationer i udbytte eller jordtekstur mv. indenfor marken udover disses effekt på vegetationsindekset på behandlingstidspunktet. Tidligere undersøgelser har vist, at der kan opnås en gevinst ved at inkludere andre oplysninger f.eks. jordens ledningsevne (EM38-målinger) i tildelingsalgoritmen. Hvis man ønsker at udvikle mere præcise tildelingsalgoritmer, vil kendskab til variation i jordens vandholdende evne være en særdeles vigtig information.

Jordens tekstur kan i dag kortlægges på markniveau med ledningsevne-målinger suppleret med et antal traditionelle teksturanalyser til kalibrering. Der er imidlertid kun et mindre antal marker i Danmark, der er kortlagt, og kortlægningen er ofte for dyr i forhold til den opnåede nytteværdi. Derfor er der behov for at udvikle et prisbilligt alternativ.

Satellitmåling af biomasse i alle danske marker har været tilgængelige for alle siden 2016. Derfor er det nærliggende at undersøge, om disse målinger også kan bruges til at kortlægge jordens vandholdende evne i et tørt år, hvor udbyttet primært er bestemt af jordens vandholdende evne. Jordens vandholdende evne kan beregnes ud fra tekturen (ler, silt og finsand samt organisk stof). Den tilgængelige vandmængde for afgrøden kan ud over tekturen være påvirket af andre faktorer som f.eks. hældningen i området, begrænsning af roddybde på grund af jordpakning, højt grundvand, dårlig etablering mv. Generelt antages det dog, at variationen i den plantetilgængelige vandmængde inden for marken mest afhænger af tekturen til 1 meters dybde.

2 FORMÅL

At udvikle en metode baseret på den ekstremt tørre og varme vækstsæson i 2018 til at beregne jordens vandholdende evne ud fra satellitmålinger af biomasse. Disse kort vil fremadrettet have potentiale som et 'grundkort' på linje med topografi og lignende statiske kort. Slutresultatet skal være, at ethvert punkt i marken tilknyttes en værdi for vandholdende evne, som fremadrettet vil kunne indgå i tildelingsalgoritmer for f.eks. udsædsmængde, kvælstof og for andre næringsstoffer.

3 MATERIALER OG METODER

Ud fra satellitfoto af vinterhvedemarker i sommeren 2018, er der udtaget 25 jordprøver til 1 m's dybde i 10 østjyske marker. Jordprøverne bruges til at verificere, om nedgangen i biomasseindeks skyldes mangel på plantetilgængeligt vand. Jordprøver er udtaget på i alt 10 marker, hvor der i sommeren 2018 var vinterhvede på marken. Markerne er udvalgt efter en minimumstørrelse på 15-20 ha, og der skulle være synlig variation indenfor marken.

3.1 Den satellitbaserede tørkevariabel:

Til beregning af markens biomasse ud fra satellitmålinger er benyttet en kombination af satellitmålinger på to forskellige tidspunkter, som for hver måling er omregnet til et NDRE-indeks (Normalized Difference Red Edge Index).

Selve den satellitbaserede tørkevariabel (afmodningshastighed) udregnes efter følgende formel:

$$X_{i,j} = X_{i,j \text{ 3 uger}} - X_{i,j \text{ max}}$$

Hvor $x_{i,j \text{ max}}$ er biomassen i hver pixel (10x10 m) af marken på den dag, hvor den gennemsnitlige biomasse for marken er størst, observeret via Sentinel 2-satelliternes sensorer, mens $x_{i,j \text{ 3 uger}}$ er biomassen i hver pixel (10x10 m) af marken målt ved et satellitbillede, som er taget ca. 3 uger efter $x_{i,j \text{ max}}$. Variablen $x_{i,j}$ udtrykker derfor den positionsbestemte ændring i biomasse i løbet af ca. 3 uger efter marken opnåede den gennemsnitlige maksimale værdi målt med satellitten.

3.2 Inddeling i zoner:

Markerne blev opdelt i 3 management zoner, ved hjælp af *K-Means*-algoritmen, som grupperer data ved at forsøge at adskille pixel-værdierne i et antal grupper med lige variation, hvilket minimerer indenfor-cluster *sum-of-square* afstand. Denne algoritme kræver, at antallet af zoner angives, og her er valgt 3. Metoden skaleres godt til et stort antal prøver og er blevet brugt på tværs af en lang række anvendelsesområder på mange forskellige felter. Mere information om K-Means-algoritmen kan findes i C. Bishop, "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer 2006 samt på <https://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html#k-means>.

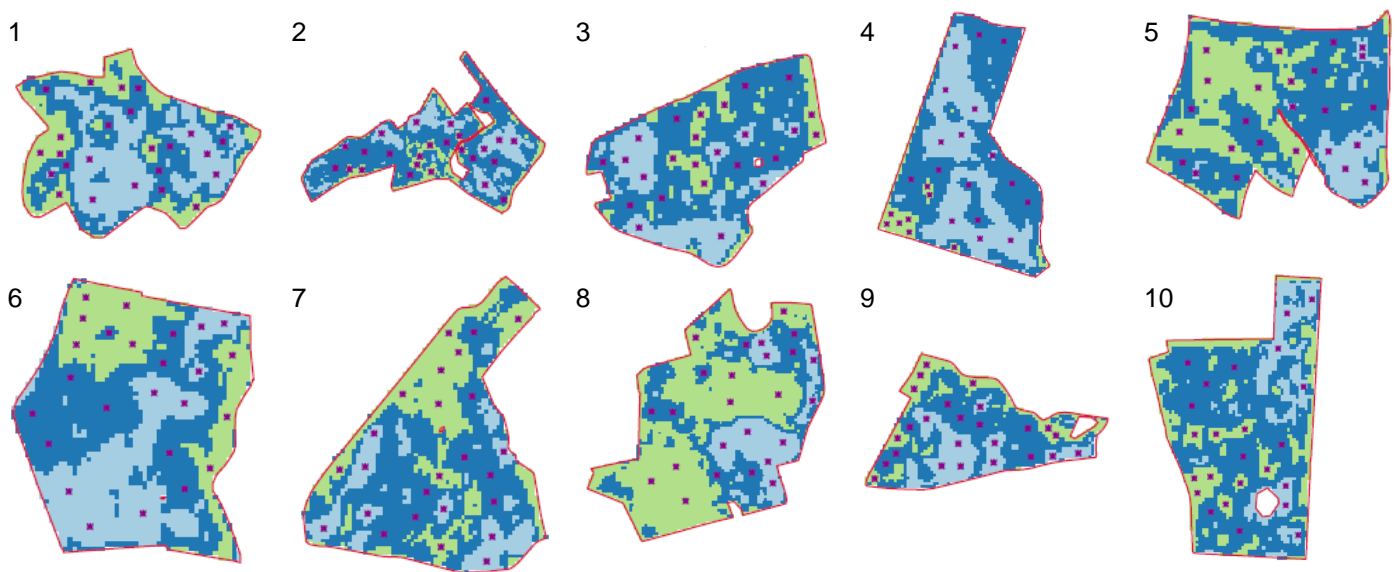


Figur 2. Markernes placering ved udtagning af jordprøver

3.3 Jordprøvetagning:

Jordprøvetagning er udført af planteavlskontorene ved LMO og SLF, som hver har taget prøver i 5 marker. Alle 10 marker er beliggende i Østjylland og repræsenterer morænejord. Markerne blev udvalgt ud fra følgende kriterier: Markerne skulle være 15-20 ha, afgrøden i 2017-18 var uvandet vinterhvede. Der skulle være variation indenfor marken, og have været tydelige tørkepletter i maj-juni måned 2018. Marker, hvor der foreligger udbyttekort for 2018 og gerne for tidligere år og/eller marker, hvor der foreligger EM38 målinger blev foretrukket.

Efter udpegning af de 10 marker udarbejdede SEGES et kort, som med GPS-position angiver, hvor jordprøverne skulle udtages. Der blev udtaget i alt 25 jordprøver pr. mark, fordelt på 8 prøver i hver af de 3 zoner. Den ekstra jordprøve blev placeret i en tilfældig zone. Hver prøve bestod kun af 4 delprøver (stik), udtaget i en radius på 5 meter ud fra den valgte position. Hver delprøve blev opdelt i dybderne 0-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm og 75-100 cm. Delprøverne for hver dybde blev samlet i en æske pr. mark pr. position pr. dybde.



Figur 3. Markerne er inddelt i tre management zoner ud fra tørkevariablen, som indikerer vandholdende evne ud fra satellitmålingerne. De røde pletter er positioner, hvor der er udtaget jordprøver til 1 m. dybde (markkortene er ikke målefaste).

3.4 Teksturanalyse med NIR-metoden

Jordprøverne er analyseret af SEGES for tekstur og næringsstoffer ved brug af et udstyr til måling med MIR (Mid Infra Red spektroskopi) udlånt fra det hollandske firma Soilcare. Det er velkendt fra litteraturen, at metoden kan anvendes til bestemmelse af tekstur og organisk stof, når den er tilstrækkeligt kalibreret mod traditionelle vådkemiske metoder. Metoden er endnu ikke færdigkalibreret mod danske jordprøver, og derfor skal resultaterne betragtes som foreløbige.

Rodzonekapaciteten er beregnet ud fra følgende formel:

$$\text{Tilgængeligt vand} = 2.5 * (1.79 * \text{'Organic Carbon'} / 0.58 / 10 + 0.07 * \text{'Clay'} + 0.29 * \text{'Silt'} + 2.56)$$

I den anvendte kalibrering af teksturanalysen skelnes ikke mellem finsand og grovsand. En del af finsandfraktionen indgår i siltfraktionen. I nærværende projekt er finsand derfor udeladt af beregningen. Grundet den manglende færdigkalibrering skal også resultaterne for beregnet rodzonekapacitet betragtes som foreløbige værdier. Selvom beregningen af rodzonekapaciteten således ikke nødvendigvis er helt korrekt på grund af manglende opdeling af silt og finsand, antages det, at de relative forskelle mellem prøver er korrekte. I beregningen er der desuden taget hensyn til, at rodvækst kræver et vist pH (reaktionstal) samt en

vis sum af humus og ler. Hvis et jordlag ikke opfylder kriterierne for dette, er rodzonekapaciteten i laget sat til 0.

3.5 Statistisk analyse

Rodzonekapaciteten i de fire jorddybder er summeret pr. position, og der er derefter foretaget en statistisk analyse.

$$Rodzonekap_{0-100\text{ cm}} = rodzonekap_{0-25\text{ cm}} + rodzonekap_{25-50\text{ cm}} + rodzonekap_{50-75\text{ cm}} + rodzonekap_{75-100\text{ cm}}$$

Først er det testet, om de tre zoner inddelt via en *K-means clustering* efter tørkevariablen også vil vise en sikker forskel mellem rodzonekapaciteten i zonerne beregnet på baggrund af jordprøverne.

Dernæst er der tilpasset en model, som beskriver den summerede rodzonekapacitet pr. prøvetagningsposition ud fra den satellitbaserede tørkevariabel. Da variationen ikke er normalfordelt, men øges med stigende værdier, er modellen logaritmetransformeret på begge sider af lighedstegnet.

Endeligt er den udviklede model krydsvalideret ved at udtage en mark af datasættet og tilpasse modellen på baggrund af de 9 øvrige marker, for at undersøge, hvor godt modellen derefter beskriver data fra den tiende mark.

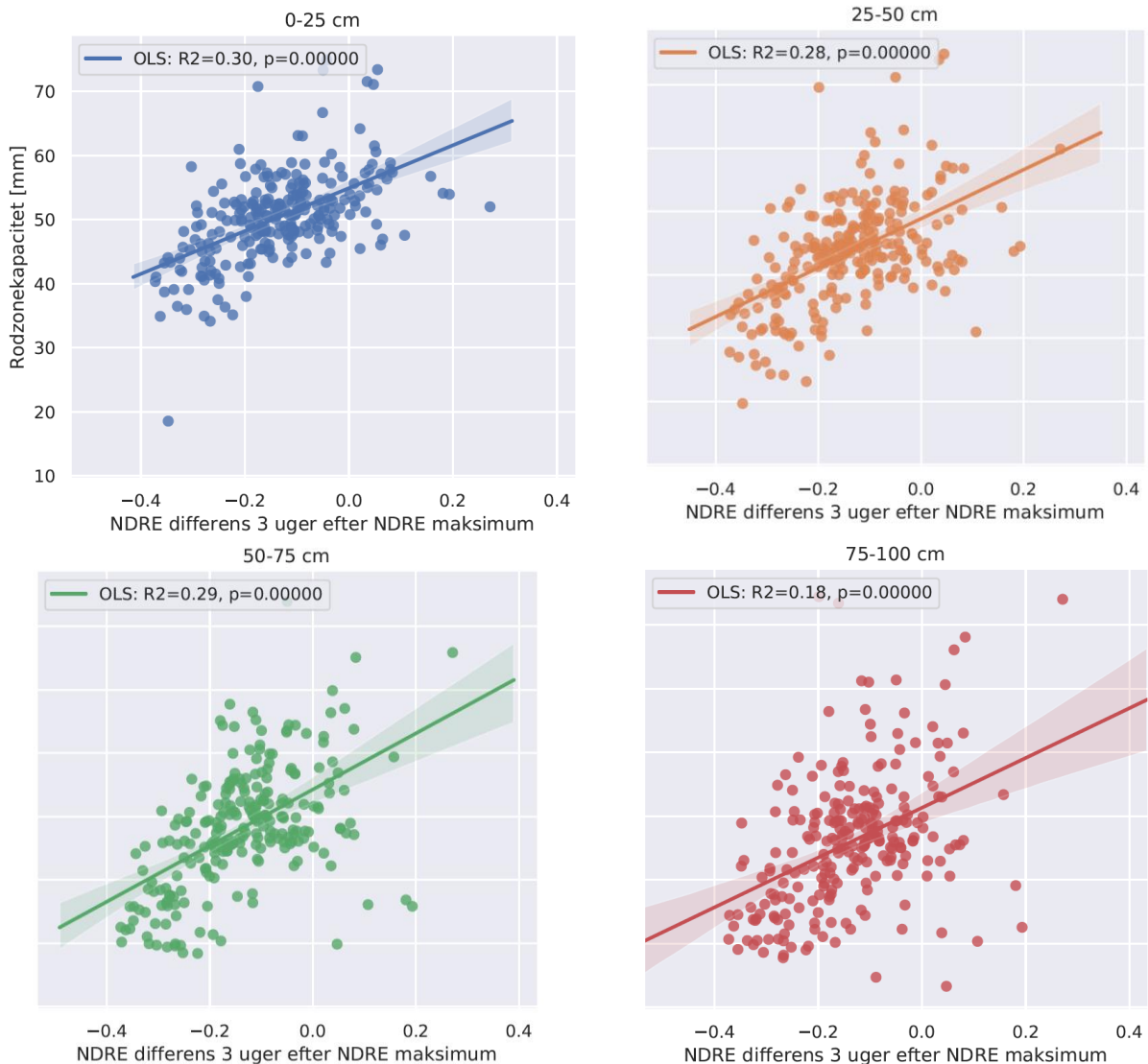
I den statistiske analyse er anvendt SAS/Stat modulet (www.sas.com)

Tabel 1. Beskrivelse af de 10 marker

Mark	Størrelse	Lerindhold, pct.			Humus, pct.			Vandholdende evne (rodzonekapacitet)			Stat. Forskel mellem zoner
		Zone1	Zone2	Zone3	3,5	4,3	4,4	Zone1	Zone2	Zone3	
	Ha										
1	18,0	9,1	10,9	12,8	3,1	3,2	3,4	142	182	207	<i>ns.</i>
2	37,6	11,8	14,5	16,1	3,3	2,9	3,7	135	184	202	**
3	19,0	10,3	12,0	14,1	2,9	2,8	4,3	151	160	191	**
4	21,6	7,0	9,4	11,9	2,7	2,6	2,5	128	153	211	**
5	24,6	12,8	12,5	13,7	3,1	3,1	3,0	169	162	166	<i>ns</i>
6	22,8	13,3	14,6	17,0	2,5	3,1	2,8	140	162	168	<i>ns</i>
7	26,3	8,6	12,0	12,8	3,0	3,2	5,1	119	175	173	***
8	48,9	7,5	10,3	15,9	2,3	3,2	3,9	115	168	238	***
9	20,1	7,4	11,2	16,0	2,8	2,7	3,2	116	189	206	***
10	35,2	13,3	14,9	13,7	3,5	4,3	4,4	178	172	190	<i>ns</i>

4 RESULTATER

4.1 Sammenhæng mellem den satellitbaserede tørkevariabel og rodzonekapacitet beregnet ud fra jordprøverne i fire dybder:



Figur 4. Sammenhæng mellem den satellitbaserede tørkevariabel og rodzonekapaciteten i de fire jordprøvedybder.

Som det ses i figur 5, så stiger variationen i rodzonekapacitet med stigende jordprøvedybde. Der er dog en sikker sammenhæng mellem den satellitbaserede tørkevariabel og den jordprøvebaserede rodzonekapacitet i alle fire dybder. Der er derfor i de følgende statistiske analyser regnet på den summerede rodzonekapacitet i de 4 jordprøvedybder til 1 m dybde pr. prøveposition.

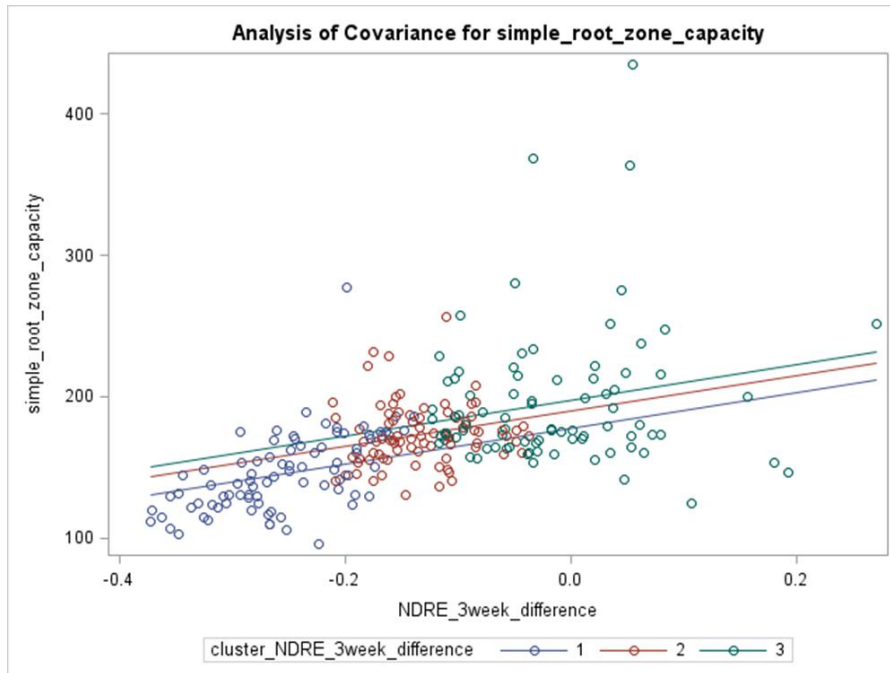
4.2 Opdeling i tørkerisiko-zoner:

Den anvendte *K-means clustering* anvendt på den satellitbaserede tørkevariabel, inddeler hver mark i 3 risikogrupper for hvor tørkeramt de enkelte dele af marken vil være i et tørkepræget år. For at sikre, at der er sikker forskel mellem zonernes rodzonekapacitet fra jordprøverne, er der gennemført en variansanalyse, hvor rodzonekapaciteten beregnet ud fra jordprøverne er inddelt i de samme zoner.

Variansanalysen viser, at zone er en stærkt signifikant prædikator ($P>F=0.0001$), når der ikke indgår andre prædiktorer i modellen. Hvis der både indgår zone og den satellitbaserede tørkevariabel i modellen, er både zoneinddeling ($P>F=0.03$), og den satellitbaserede tørkevariabel signifikante ($P>F=0.002$).

Dette betyder, at zoneinddelingen efter den satellitbaserede tørkevariabel også kan genfindes zonernes niveau for rodzonekapaciteten baseret på jordprøver. Det betyder også, at sammenhængen er så god, at kortlægningen kan forfines ved at anvende tørkevariablen kontinuert, fremfor at inddele marken i zoner med én tørkefølsomhedsangivelse pr. zone.

I de følgende afsnit benyttes den kvantitative sammenhæng mellem den satellitbaserede tørkevariabel og den aggregerede rodzonekapacitet beregnet på basis af jordprøverne.

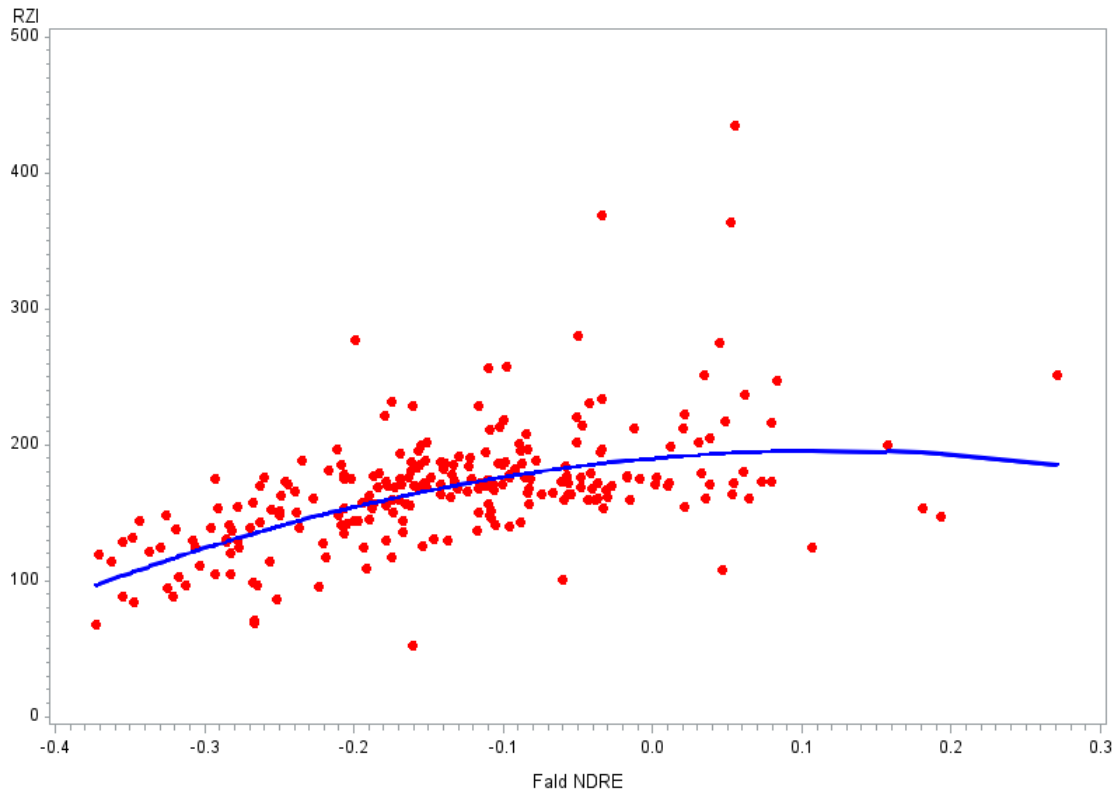


Figur 5. Model med både zoneinddeling og lineær sammenhæng mellem satellitbaserede tørkevariabel og den aggregerede rodzonekapacitet til 1 m dybde ud fra jordprøver.

4.3 Sammenhæng mellem den satellitbaserede tørkevariabel og rodzonekapacitet i 10 østjyske vinterhvedemarker

Data er, som nævnt, logaritmetransformeret på begge sider af modellen, således at parameterværdierne ikke skal tilbagetransformeres. Som nedenstående figur 6 og SAS-analyseudskriften viser, kan et anden-gradspolynomium beskrive sammenhængen mellem den satellitbaserede tørkevariabel og den aggregerede rodzonekapacitet i de ti marker.

Hele datasættet, kvadratisk regression i PROC NLIN, log-transformeret på begge sider



Figur 6. Sammenhæng mellem den satellitbaserede tørkevariabel i vinterhvede og den aggregerede rodzonekapacitet (røde punkter), samt den beregnede model (blå linje).

Udskrift fra SAS-analysen:

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Approx Pr > F
Model	2	6,1306	3,0653	68,95	<,0001
Error	246	10,9361	0,0445		
Corrected Total	248	17,0666			

Parameter	Estimate	Approx Std Error	Approximate 95% Confidence Limits	
b0	190,1	3,8	182,7	197,6
b1	96,8	36,9	24,2	169,4
B2	-411,5	111,4	-630,8	-192,1

Rodzonekapaciteten kan derfor beregnes ud fra følgende formel (den blå linje i figur 6):

$$y = 190,1 + 96,8 \cdot x - 411,5 \cdot x^2$$

hvor responsvariablen y er den aggregerede rodzonekapacitet og x er den satellitbaserede tørkevariabel.

4.4 Krydsvalidering.

For at undersøge om ovenstående model kan bruges på arealer, som ikke indgik i jordprøveundersøgelsen, er hhv. mark 8 og mark 9 taget ud af datasættet, således at beregnede rodzonekapacitet for disse marker alene er baseret på sammenhængen mellem den satellitbaserede tørkevariabel og jordprøver på de ni andre marker, som indgik i undersøgelsen.

Krydsvalidering, mark 548182-76_41-0 pillet ud ved modelfitning

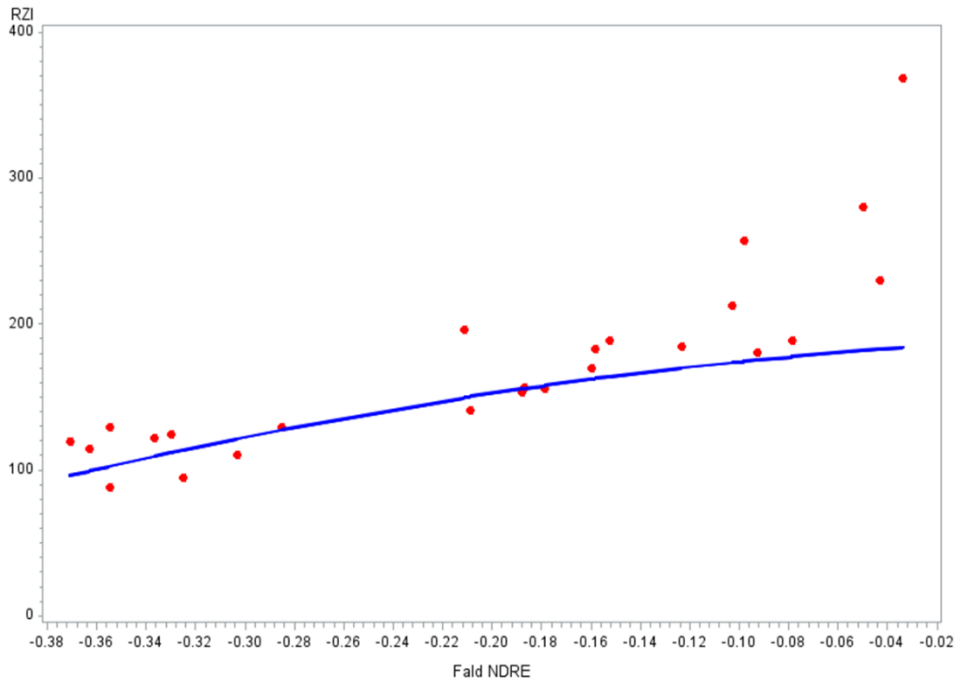


Fig 7. Prædiktion (blå linje) af rodzonekapaciteten i mark 8 (røde punkter) ud fra sammenhæng mellem jordprøve og satellitdata på de ni andre marker

Krydsvalidering, mark 549183-83_45-0 pillet ud ved modelfitning

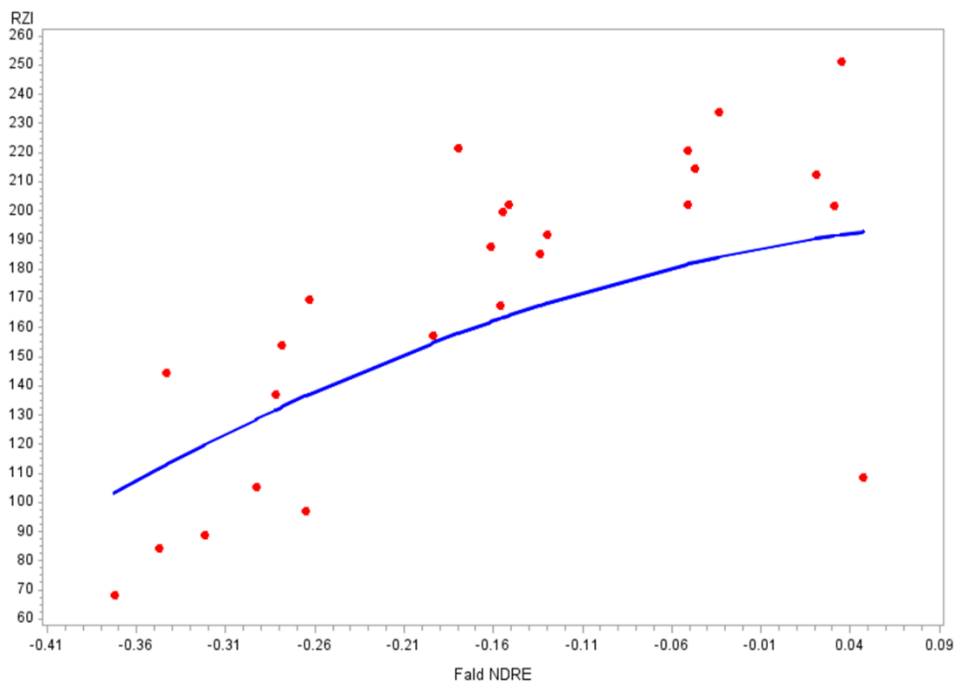


Fig 8. Prædiktion (blå linje) af rodzonekapaciteten i mark 9 (røde punkter) ud fra sammenhæng mellem jordprøve og satellitdata på de ni andre marker.

Som det ses i ovenstående figur 7 og 8, rammer modellen bedst når rodzonekapaciteten ikke overstiger ca. 200. Dette skyldes muligvis, at de pletter i marken, som har en vandholdende evne (rodzonekapacitet) over et vist niveau, i mindre grad har været tørkeprægede, og dermed vil biomassemålingerne fra satellit ikke i samme grad kunne registrere forskellene.

5 KONKLUSION

Undersøgelsen viser, at der er en sammenhæng mellem den satellitbaserede tørkevariabel beregnet ud fra biomassemålinger i vinterhvede i sæsonen 2018 og samme markers rodzonekapacitet beregnet på basis af de analyserede jordprøver.

Den udviklede metode vil sandsynligvis kunne bruges på flere måder:

1. I stedet for at anvende rodzonekapacitet som resultat af beregningen, foreslås det at anvende betegnelsen "tørkefølsomhed", fordi det reelt er det, som er beregnet.
2. Med udgangspunkt i den satellitbaserede tørkevariabel fra 2018 tegnes et 'tørkefølsomhedskort' over marker, hvor markens tørkefølsomhed gradueres hen over markkortet.
3. Ud fra den satellitbaserede tørkevariabel med hjælp af en *clustering* metode genereres et tørkefølsomheds zone-kort, hvor markens tørkefølsomhed klassificeres i fx 3-5 zoner.
4. Med udgangspunkt i sammenhængen (side 9) mellem den satellitbaserede tørkevariabel og rodzonekapaciteten beregnet på basis af jordprøverne, tegnes et rodzonekapacitetskort for marker med tilsvarende egenskaber, som de ti marker, hvor jordprøverne er udtaget (lerholdige morænejorde, hvor der i 2018 blev dyrket vinterhvede).

Metoden har dog endnu sine begrænsninger, dels mangler jordprøveanalysemetoden at blive verificeret af kemiske analyser. Dels er hele undersøgelsen baseret på jordprøver fra et begrænset område i Østjylland, og dels er tørkefølsomhed påvirket af andet end vandholdende evne, f.eks. hældningen i området, begrænsning af roddybde på grund af højt grundvand, dårlig etablering m.v. Disse faktorer vil evt. kunne inddrages i en fremtidig analyse af, hvordan man ud fra satellitdata vil kunne beregne mere præcise kort over danske markers vandholdende evne.



Interreg

Öresund-Kattegat-Skagerrak
European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION

SEGES skaber løsninger til fremtidens landbrugs- og fødevarerhverv. Vi udvikler forretningsmuligheder i tæt samarbejde med vores kunder, forskningsinstitutioner og virksomheder over hele verden. SEGES er en del af Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

Promilleafgiftsfonden for landbrug

SEGES
Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N

+45 8740 5000
info@seges.dk
seges.dk

