

# Notat

Baggrund for nye fosforgødskningsvejledninger	Ansvarlig	CAL
	Oprettet	06-12-2023
Projekt: 2553, AP1: Optimeret fosforudnyttelse i marken	Side	1 af 7

## Baggrund for nye fosforgødskningsvejledninger

Der er i projekt 2553, AP1 "Optimeret fosforudnyttelse i marken" lavet to vejledninger omkring vurdering af jordens fosforstatus og fosforgødskningsstrategier.

- 1) Vejledning til fosforgødskning.
- 2) Foreløbig tolkningsvejledning for P-CaCl<sub>2</sub>-analyser til vurdering af jordens fosforstatus.

I dette notat er samlet baggrundsmaterialer for de to vejledninger:

### 1) Vejledning til fosforgødskning – baggrundsmaterialer

Vejledningen samler SEGES' anbefalinger vedrørende fosforgødskning. Herunder blandt andet vurdering af fosforbehov, fosforgødninger, tildelingsmåder samt bortførsler og anbefalinger for de enkelte afgrøder.

Herunder er samlet en række baggrundsmaterialer for vejledningen i tillæg til de baggrundsmaterialer, som allerede er nævnt i artiklen.

#### Merudbytter og fosfortal

- Lemming 2023: [Arealer med overset fosforbehov: Forsøg og baggrund \(landbrugsinfo.dk\)](#), se afsnittet 'Resultater af 129 landsforsøg med vårbyg 1987-2017.

#### Betydning af indholdet af organisk stof for kritisk værdi af fosfortal

- Syers, Johnston and Curtin 2013: [Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use](#). FAO Fertilizer and plant nutrition bulletin. S. 12, table 1.

#### Valg af P-CaCl<sub>2</sub>-analyse til vurdering af fosforbehov på arealer med overset fosforbehov

- [Lemming 2022: Fosfor til vårbyg på særlige arealer. Landsforsøgene 2022](#), s. 209-249 (fig. 21).
- [Pedersen og Rubæk 2022: Vurdering af sandjorders evne til at sikre afgrøders fosforbehov med fokus på arealer i Nordjylland med moderate og høje fosfortal](#), s. 37-43.

#### Bladanalyser: udtagningsstrategi og tolkning af målt indhold

Baseret på:

- [Szemeitat, Carstensen og Husted 2017: Betydningen af kortvarig fosformange i vårbyg. I Oversigt over landsforsøgene 2017](#), s. 227-231.
  - Kritisk grænse, udtagningstidspunkt, udtagningsmetode.
- [Pedersen og Rubæk 2022: Vurdering af sandjorders evne til at sikre afgrøders fosforbehov med fokus på arealer i Nordjylland med moderate og høje fosfortal](#), s. 67-79.
  - Kritisk grænse, udtagningstidspunkt, udtagningsmetode (hel-plante vs. blad).
- [Lemming 2022: Fosfor til vårbyg på særlige arealer. Landsforsøgene 2022](#), s. 209-249.

## Undersøgelse af sideskud og sammenhæng med fosformangel

- [Szemeitat, Carstensen og Husted 2017: Betydningen af kortvarig fosformangel i vårbyg. I Oversigt over landsforsøgene 2017, s. 227-231.](#)
- [Lemming 2022: Fosfor til vårbyg på særlige arealer. Landsforsøgene 2022, s. 209-249 \(fig. 20\).](#)

## Kerneanalyser og sammenhæng til fosformangel i sæsonen

- [Lemming 2022: Fosfor til vårbyg på særlige arealer. Landsforsøgene 2022, s. 209-249 \(fig. 20\).](#)

## 2) Foreløbig tolkningsvejledning for P-CaCl<sub>2</sub>-analyser – baggrundsmaterialer

Nedenfor er samlet de baggrundsmaterialer, som er undersøgt ved udarbejdelsen af den foreløbige tolkningsvejledning til P-CaCl<sub>2</sub>-analyser i jord.

### A) Pedersen et al. 2023: Additional phosphorus intensity analysis needed to identify phosphorus requirement on acid sandy soils with high Olsen-P.

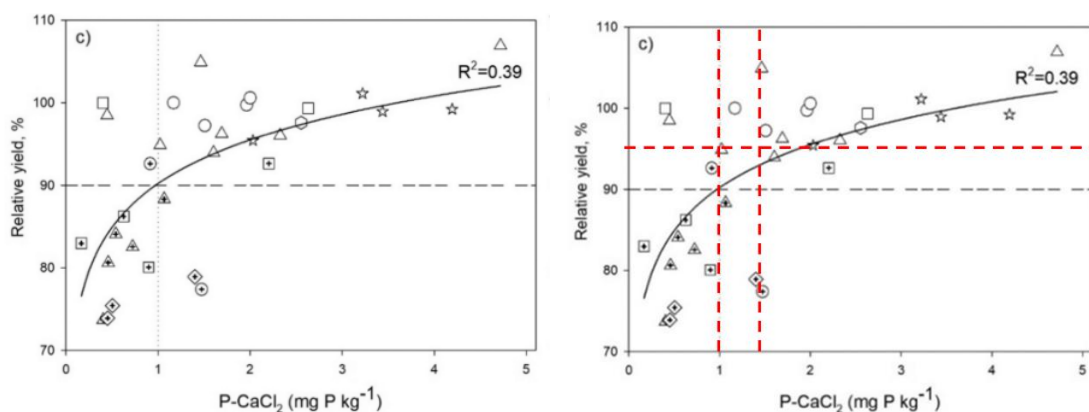


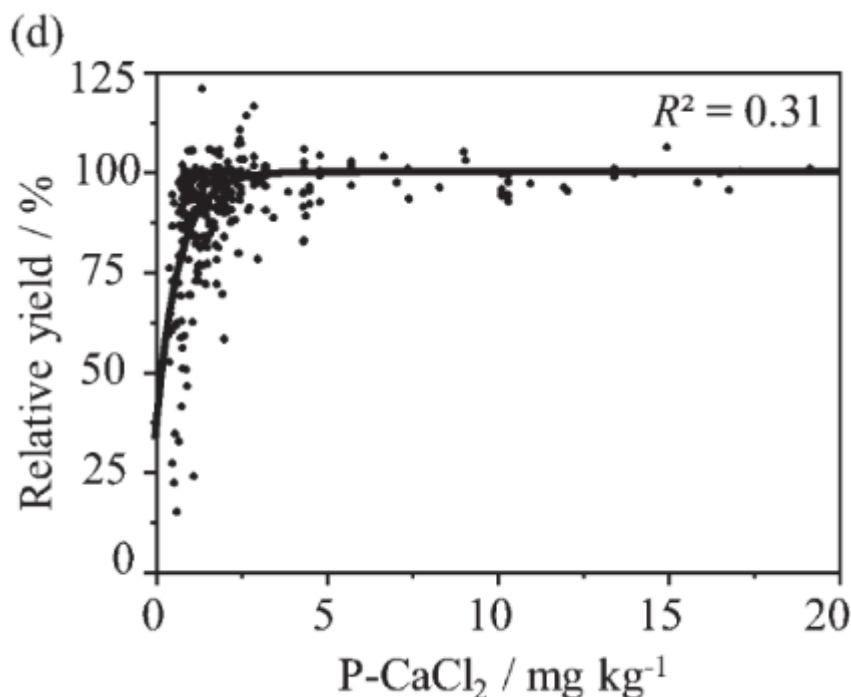
Fig. 3. Relative yield related to a) Olsen-P content, b) P-water, c) P-CaCl<sub>2</sub> and d) P-CaCl<sub>2</sub>-Olsen-P ratio. Symbols with crosses (+) represent sites where P fertilization had a significant effect on grain yield according to the linear mixed effects model (LMM) and fitted well to the Mitscherlich model ( $n = 14$ ). Curves represent the regression lines from linear regression with a logarithmic explanatory variable.

Til højre har SEGES Innovation med rødt indsat en 95 %-relativt-udbytte-linje samt de kritiske P-CaCl<sub>2</sub>-grænser, som er anvendt i den foreløbige tolkningsvejledning.

### B) Pedersen og Rubæk 2022: Vurdering af sandjorders evne til at sikre afgrøders fosforbehov med fokus på arealer i Nordjylland med moderate og høje fosfortal.

Ud fra data i nærværende rapport synes en grænseværdi for PCaCl<sub>2</sub> på 1 mg P/kg jord at være fornuftig (Fig. 23 øverst) og den er ikke langt fra den grænseværdi på 1,2 mg P/kg jord, som foreslås af Nawara et al. (2017). Tolv jorder havde et indhold af PCaCl<sub>2</sub> på mindre end 1 mg P/kg, og ni af disse steder responderede signifikant på P-tildeling. De to ikke-responderende steder med et PCaCl<sub>2</sub> indhold på 1 eller mindre var Klokkeholm\_20 og Hjørring\_20 (Tabel 3). Hermed faldt forsøgene Klokkeholm\_20 og Hjørring\_20 "forkert" ud i begge intensitetstest. Kun to forsøg (\*Brovst\_21 og \*Arentsminde\_21) havde et højere indhold af PCaCl<sub>2</sub> end 1 mg P/kg, men responderede alligevel på P-tilførsel. Hermed synes ekstraktion af P med CaCl<sub>2</sub> ift. vand at være bedre til at identificere jorder med udbytterespons efter P-tildeling.

C) Nawara et al. 2017: A comparison of soil tests for available phosphorus in long-term field experiments in Europe.



**Table 6** Crop-dependent critical P values ( $P_{crit}$ ) and mean values for all crops per test among locations and years combined

Soil P test	Critical P value (at 95% relative yield)						
	Mean	Wheat <sup>a</sup>	Flax <sup>b</sup>	Potato <sup>b</sup>	Sugar beet <sup>a</sup>	Barley <sup>a</sup>	Maize <sup>a</sup>
Ox / mg kg <sup>-1</sup>	310	310	340	<b>400</b>	280	310	<b>120</b>
AL / mg kg <sup>-1</sup>	73	69	140	<b>200</b>	77	75	<b>46</b>
Olsen / mg kg <sup>-1</sup>	19	<b>18</b>	<b>40</b>	<b>76</b>	23	22	18
CaCl <sub>2</sub> / mg kg <sup>-1</sup>	1.7	1.7	2.3	<b>7.8</b>	1.2	1.2	<b>1.2</b>
DGT / μg l <sup>-1</sup>	33	<b>28</b>	<b>134</b>	<b>940</b>	44	38	32
N <sub>obs</sub>	317	176	18	4	28	31	60
N <sub>trial</sub>	33	23	1	1	2	3	3

<sup>a</sup>Significant differences were determined from the 95% confidence interval of the crop-specific dummy variables.

<sup>b</sup>Critical values determined without the crop-specific dummy variables. The values are the trial-specific critical soil P values because both flax and potato were cultivated in one trial only (see Table S2, Supporting Information). Significant differences of  $P_{crit}$  between potato or flax and the mean response were determined from the 95% confidence interval of both critical values.

Values in bold denote that the crop has a significantly different critical value compared with the mean response.

N<sub>obs</sub>, number of individual observations included per crop; N<sub>trial</sub>, number of trials included per crop. Ox, ammonium oxalate; AL, ammonium lactate and acetate; DGT, diffusive gradient in thin film.

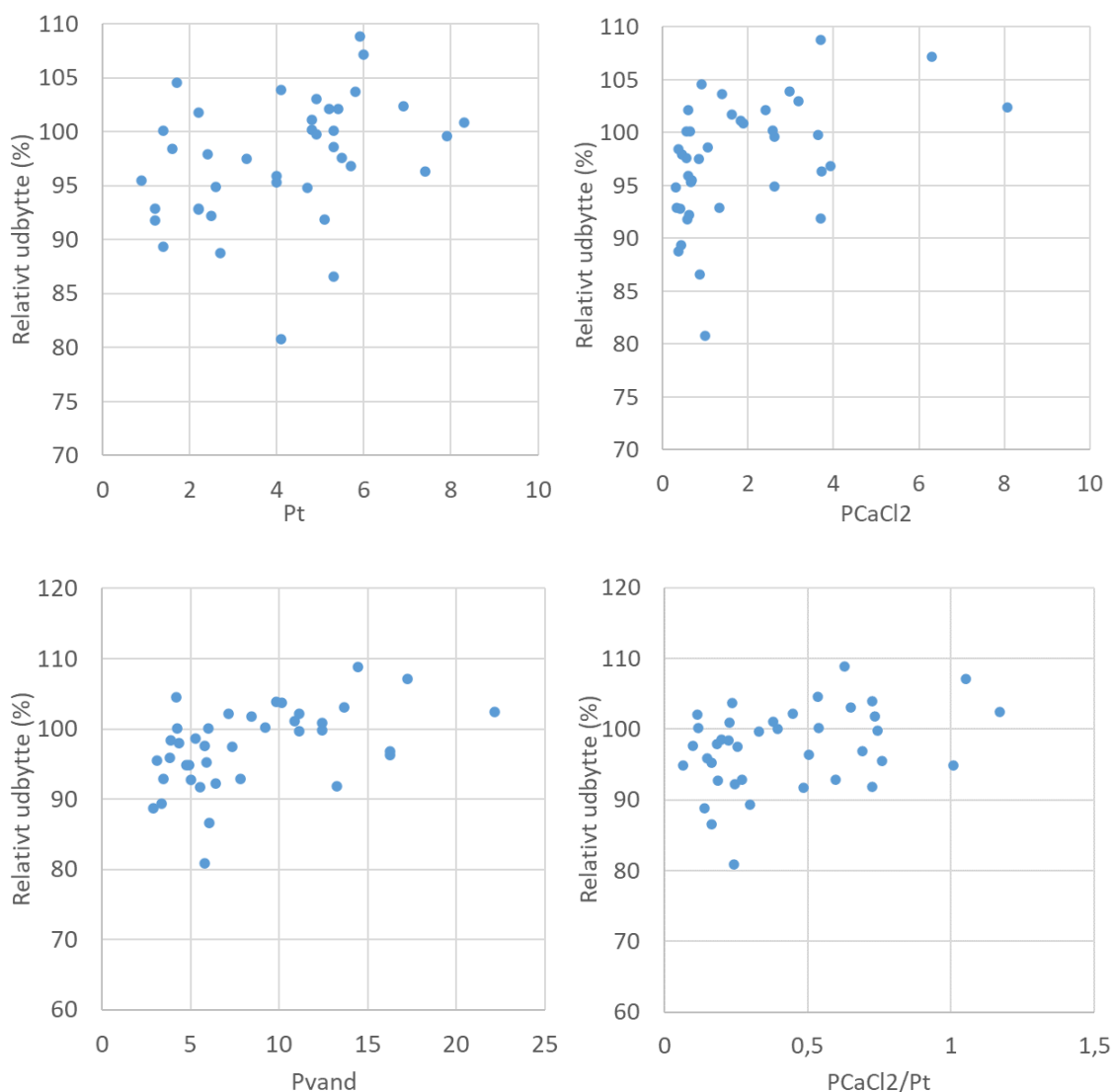
**Table 7** Critical soil P values for wheat yield from 16 trials (different locations, fertilizer histories or years) and coefficient of variation (CV) among soils sorted by soil test

	Ox / mg kg <sup>-1</sup>	AL / mg kg <sup>-1</sup>	Olsen / mg kg <sup>-1</sup>	CaCl <sub>2</sub> / mg kg <sup>-1</sup>	DGT / μg l <sup>-1</sup>
$P_{crit}$ , range	150–290	27–120	8.3–46	0.8–2.7	6.1–110
$P_{crit}$ , CV / % (= C)	20	45	56	44	106
Soil tests, CV (Table 5) / % (= A)	45	69	70	120	190
$P_{crit}$ , relative uncertainty (= C/A × 100)	45	65	80	<u>37</u>	56

The relative uncertainty is calculated per soil P test as the ratio of CV  $P_{crit}$  for each soil test to the general CV of the test values (Table 5). The smallest value (most consistent value) is underlined. Detailed critical soil P values per trial are given in Table S2 in the Supporting Information. Results for crops other than wheat are listed in Table S3 in the Supporting Information because three or fewer trials only were included in the analysis. Ox, ammonium oxalate; AL, ammonium lactate and acetate; DGT, diffusive gradient in thin film.

**D) Christensen, J. T. (2021): Improved utilisation of phosphorus in soil: Altering soil phosphorus dynamics by liming and use of cover crops. Ph.d.-afhandling, Aarhus Universitet.**

Følgende figurer er ikke taget direkte fra publikationen, men er baseret på data, som også er præsenteret i publikationen. Der indgår data fra 39 landsforsøg med vårbyg udført i perioden 2013 til 2017.



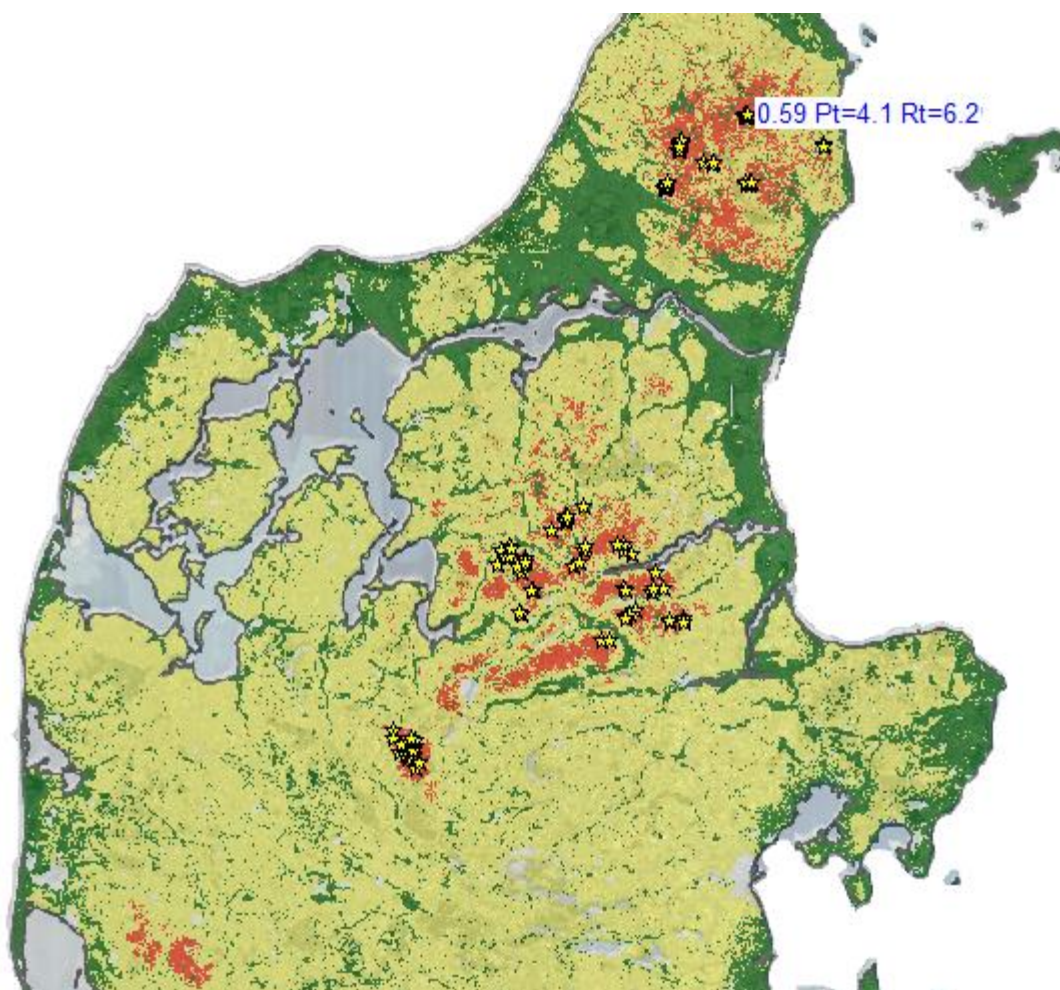
**E) Lemming 2022: [Arealer med overset fosforbehov: Forsøg og baggrund \(landbrugsinfo.dk\)](https://landbrugsinfo.dk)**

**F) Lemming 2023: Projektnotat: Udkomme af P-CaCl<sub>2</sub>-analyser på MAO-jordprøver (og jordprøver fra majsforsøg) (hele notatet er kopieret ind her)**

**Metode**

MAO-prøver (jordprøver, der findes i MarkAnalyseOnline)

Der er analyseret 95 jordprøver, som er indhentet fra Agrolab og OK lab. Prøverne stammer fra kunder hos LandboNord, AgriNord og Fjordland. Prøverne er valgt ud fra kort over forventede Alox-værdier i pløjelaget fra AU. De er valgt i områder med forventede høje Alox-værdier. Stjerneerne på nedenstående kort repræsenterer de steder, hvor prøverne er udtaget.



Kort: de røde områder viser forventede høje Alox-værdier. Stjerne angiver de anvendte jordprøver.

#### Prøver fra majsforsøg:

Alle arkiverede jordprøver fra majsforsøg med startgødning (03011-serien) er fundet frem, i alt syv stk.

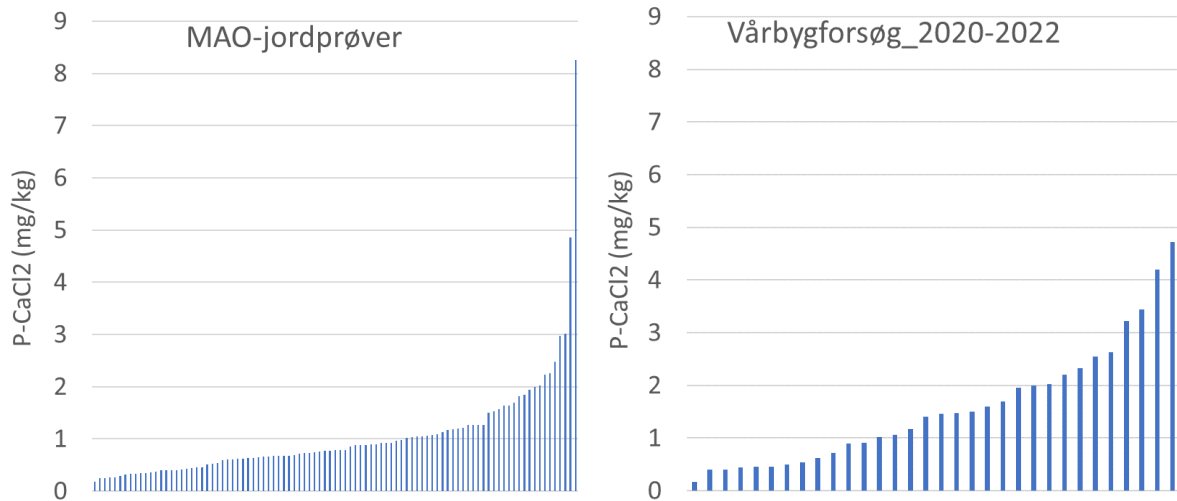
#### Jordanalyse:

Jordprøverne er analyseret for P-CaCl<sub>2</sub> hos AU. Der er lavet dobbeltbestemmelse på hver tiende prøve. Der er indhentet resultater på Pt og Rt fra MarkAnalyse Online (MAO).

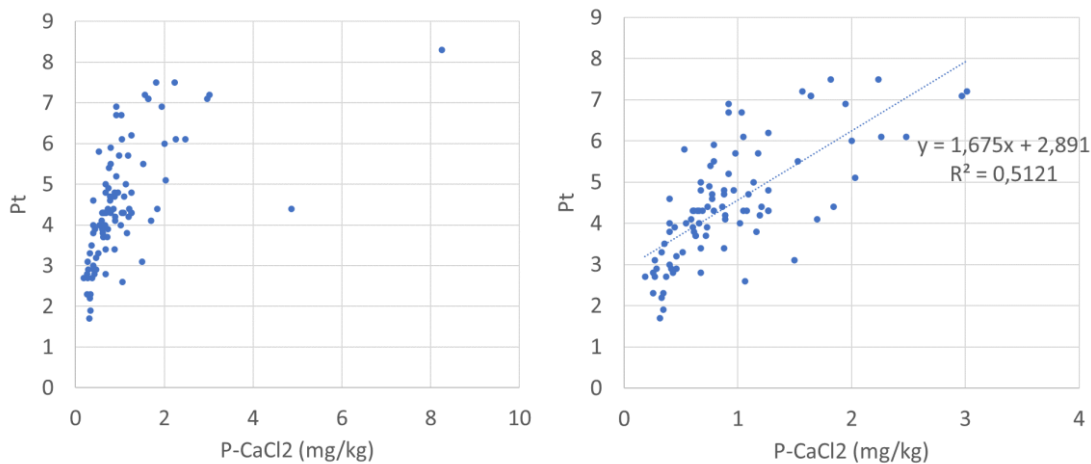
#### **Resultater – MAO-jordprøver**

Analyseresultaterne for P-CaCl<sub>2</sub> varierer fra 0,18 til 8,25 mg pr. ha med et gennemsnit på 1,1. 93 af 95 prøver ligger i intervallet 0,18 til 3 (middel = 0,94 mg/kg). Pedersen og Rubæk (2022) har foreslået en kritisk grænse på 1 mg pr. kg. Hele 61 stk. (64 %) af jordprøverne ligger under denne grænse. Resultaterne af alle jordprøver er sorteret efter størrelse og fremgår af figur 1 (venstre). Til sammenligning fremgår resultater fra 32 vårbygforsøg, udført i 2020-2022, i primært Vendsyssel af figur 1 (højre). Resultaterne fra de to grupper af prøver falder nogenlunde inden for samme interval.

Overordnet ses der en nogenlunde sammenhæng mellem P-CaCl<sub>2</sub>-resultaterne og Pt, dog er der især to meget afvigende prøver med meget høje P-CaCl<sub>2</sub>-værdier (se figur 2, venstre). Udelades disse to værdier, fås en lineær sammenhæng med R<sup>2</sup>=0,51 (se figur 2, højre). Sammenhængen mellem Pt og P-CaCl<sub>2</sub> er meget stejl, og der er mange prøver, hvor P-CaCl<sub>2</sub>-analysen giver en lav værdi (<1), mens Pt-analyse giver en moderat/høj-værdi (>3). I alt ligger 61 af prøverne under foreslåede kritiske grænse på P-CaCl<sub>2</sub>, mens kun to prøver ligger under den klassiske Pt-grænse på 2. Anvendes der en lidt højere kritisk grænse for Pt, Pt = 3, som har været foreslået for sandjord, ligger 15 af prøverne herunder.



**Figur 1.** Fordeling af 95 P-CaCl<sub>2</sub>-målinger af MAO-jordprøver (venstre) og prøver fra 32 landsforsøg med fosfor til vårbyg (højre).

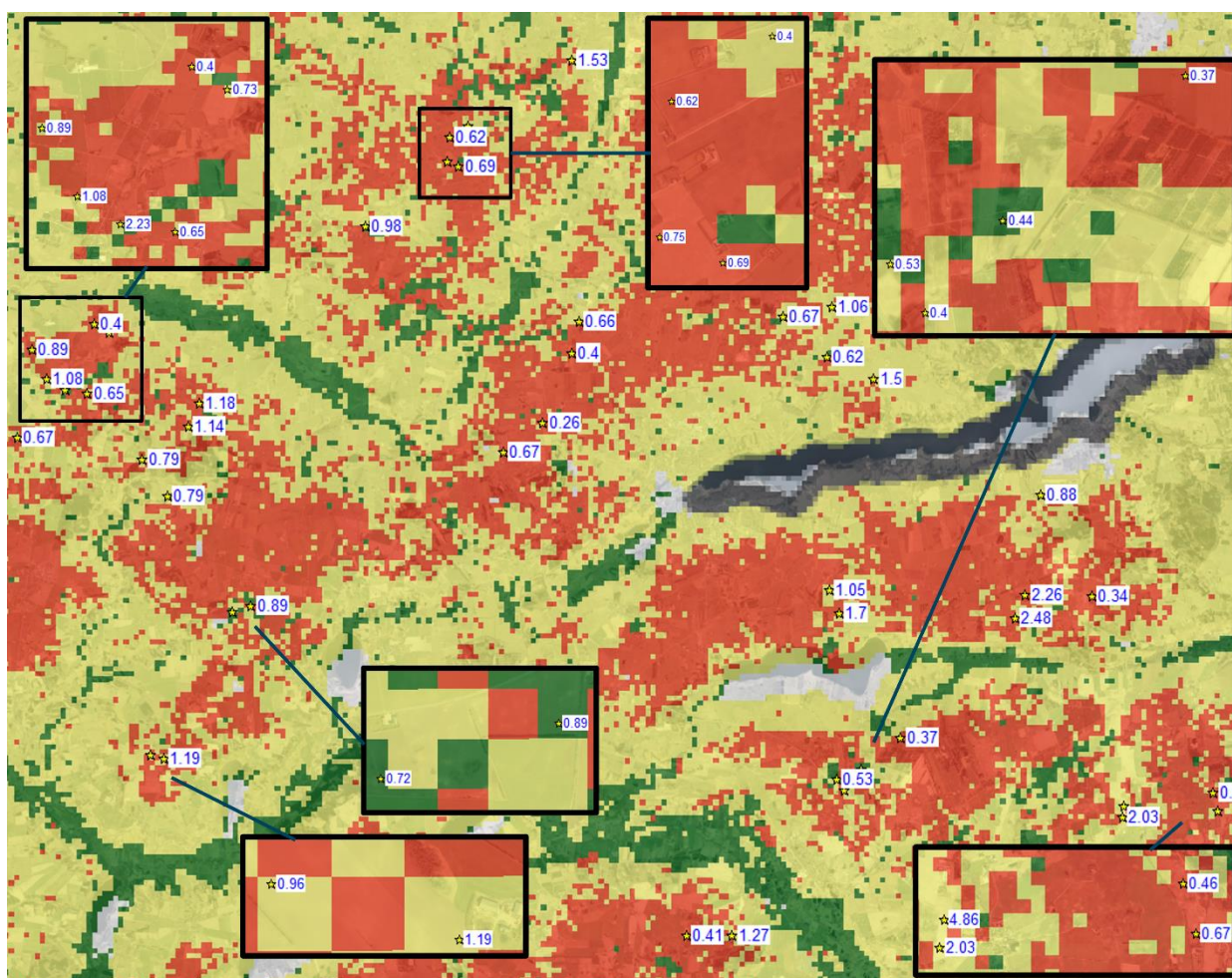


**Figur 2.** Sammenhæng mellem Pt og P-CaCl<sub>2</sub> for 95 MAO-jordprøver (venstre) og uden to jordprøver med meget høje P-CaCl<sub>2</sub>-værdier (højre).

### Geografisk variation i P-CaCl<sub>2</sub>-resultater

I tabel 1 viser gennemsnitlige P-CaCl<sub>2</sub> for forskellige geografiske områder. Den tydeligste tendens er, at prøverne fra området ved Frederiks ligger på et meget lavt niveau. Prøver herfra udgør størstedelen af de allerlaveste værdier og er generelt blandt de laveste i hele datasættet. Der er generelt en vis tendens til, at geografisk tætte prøver ligger i samme niveau (se eks. Himmerland, figur 3), men andre eksempler viser et stort spænd inden for samme mark, f.eks. Mark 6-0 ved Søholtvej (Vendsyssel), hvor tre prøver i samme mark ligger på hhv. 0,52, 0,88 og 1,84 (Pt er hhv. 3,3, 3,4 og 4,4) eller mark 405-0 ved Flauen-skjoldvej (Vendsyssel), hvor to relativt tætte prøver ligger på hhv. 0,36 og 1,64 (Pt er hhv. 3,5 og 7,1).

	Antal	Middel P-CaCl2
Himmerland (AgriNord)	45	1,0
Frederiks (sydvest for Viborg) (Fjordland)	15	0,4
Vendsyssel (LandboNord)		
1_Sæby	2	5,1
2_Øster Brønderslev_2	5	1,5
3_Nord for Jerlsev_Tollestrup Hedevej	6	0,9
4_Mynderupvej 106_Jerslev	5	1,7
5_Hjulskowvej_Jerslev	1	1,0
6_Birkmosevej_Jerslev	2	0,5
7_Flauenskjoldvej_Flauenskjold	5	1,5
8_Nord for Østervrå_Søholtvej	9	0,9



Figur 3. Resultater af P-CaCl<sub>2</sub>-analyser af prøver fra Himmerland.

#### Fremadrettet:

- Analyse for Alox på alle/udvalgte prøver.
- Test i marker med meget lave P-CaCl<sub>2</sub>.
- Ønske om P-CaCl<sub>2</sub>-analyser i "almindelige" områder.