

Fosforreserven i danske jorde

The reserve of phosphor in Danish soils

J. Dissing Nielsen

Resumé

12 jordtyper er ved karforsøg undersøgt for deres indhold af plantetilgængeligt fosfor (P). Gennem 9 vækstsæsoner blev jordene dyrket med græs uden tilførsel af P.

I løbet af forsøgsperioden fandtes der næsten ingen ændring i jordenes indhold af organisk bundet P. P-optagelsen hidrørte fra den uorganiske del, og kunne især henføres til P(A1) og P(Fe), medens P(Ca) kun var af betydning for P-optagelsen i jorde med $R_t > 7$. Det blev på grundlag af forsøgsresultaterne beregnet, hvor stor P-optagelsen var, inden jordenes P-indhold blev mindre end 6 for Ft og 3 for Pt, som er grænseværdi for P-manglende jorde. Med de nævnte grænser varierede P-optagelsen fra 0 til 375 kg P/ha.

Jordenes P-reserver ved anvendelse af den biologiske grænseværdi, P-indhold i græstørstof $< 0,2\%$, var noget mindre, end hvor Ft og Pt grænseværdien blev brugt. Det beregnedes, at P-reserven i jorden var fra 0 til 300 kg P/ha, når den biologiske grænseværdi blev brugt.

Nøgleord: Fosfor, jord, planter.

Summary

12 soil types have been investigated in pot experiments for their content of plant available P. The soils were cropped with grass for 9 growth periods and no P was added to the soils.

During the experiment only few changes were found in the content of organic P in soil. The P-uptake came from the inorganic fraction and could mainly be traced as P(A1) and P(Fe) but P(Ca) was only important for soils with $pH_{H_2O} > 7$.

The P-uptake if Ft and Pt should not be lower than 6 and 3 respectively was calculated from the experimental results. The soil reserves of P were also calculated using the biological limit that P-content in dry matter should not be lower than 0.2%. The P-reserves estimated by the biological limit were lesser than for Ft and Pt limits. The calculated P-reserves in various soils were from 0 to 300 kg P/ha if the biological limit was used.

Definition of soil analytical figures:
 Ft: 3 mg P/100 g soil (0.2 N H₂SO₄)
 Pt: 1 mg P/100 g soil (0.5 N NaHCO₃, pH 8.5)
 P-resin: 1 mg P/100 g soil
 Rt: pH (0.01 M CaCl₂) + 0.5
 Kt, Mgt, Nat: mg K, Mg, Na/100 g soil (0.5 N NH₄ acetate)
 Lt: Electrical conductivity.

Key words: Phosphor, soil, plant.

Indledning

En status over fosfor (P) tilførsel til og bortførsel fra danske jorde viser, at der gennem en årrække er tilført mere P, end der er fjernet. Landbrugsstatistikken viser, at der årligt i gennemsnit er en mertilførsel på ca. 20 kg P/ha. For en periode af 25 år bliver det 500 kg P/ha. Til trods for mertilførslen er der ingen nedvaskning af P, men jordbearbejdning og plantevækst bringer en del P ned under pløjelaget. Der er i danske jorde oparbejdet en P-reserve, som kun delvis bliver målt ved Ft og langt mindre ved blidere P-jordanalyser f.eks. Pt.

Akkumuleringen af P i jorden er et normalt forhold i forbindelse med moderne landbrugsmetoder (1, 6, 8, 9, 15). De samme kilder påpeger, at jord-fosforets opløselighed bliver mindre desto længere tid, det ligger i jorden. Dette er også påvist ved laboratorieforsøg (12) med 2 lerjorde. Den opsamlede P-reserve i jorden har dog en virkning, som kan påvises såvel ved dyrkningsforsøg som i jordanalysetal. De stigende priser på P og diskussionen om P-mineralernes begrænsning

har øget interessen for en bedre udnyttelse og anvendelse af P-gødningerne.

Formålet med denne forsøgsserie var at undersøge tilgængeligheden for planterne af den i jorden oparbejdede P-reserve.

Metode

12 jordtyper med forskellig tekstur og P-indhold blev brugt til karforsøg. I tabel 1 og 2 er vist nogle jordanalysetal og teksturanalyser for de undersøgte jorde. De er i alle tabeller placeret i rækkefølge, efter aftagende Ft ved anlæg. Jordene blev optimalt gødet med planteneringsstoffer; P blev ikke tilført. I forsøgsperioden blev jordene tilsat CaCO₃ for såvidt muligt at bibeholde deres Rt.

Forsøgskarrene indeholdt 3 kg jord/sand 1:1, og de var placeret i voliére. Vækstperioden var fra ca. 1. april til 1. oktober. Jordene blev hvert forår tilsået med alm. rajgræs, som høstedes 4 til 6 gange i løbet af vækstperioden. De blev i vækstperioden dagligt vandet med destilleret vand til markkapacitet skiftevis fra oven og fra bunden. Karrene tømtes om efteråret, og der blev udtaget prøver af den tørrede jord. Der var 3 fælleskar for hver jordtype, og jordene fra de 3 fælleskar blev slået sammen ved tørringen og prøveudtagningen.

Næste forår fyldtes rodmængden fra den foregående vækstperiode sammen med jord/sand i karrene, og der blev igen sået græs, og jordene

Tabel 1. Kemiske analyser af jorde fra forsøg.
Chemical analysis of the soil before the experiment.

	FT	Pt	P-resin	Rt	Kt	Mgt	Nat	Lt	Total-P mg/100 g jord mg/100 g soil	Total-N
Tylstrup	14,0	6,6	6,5	6,5	11,6	3,7	1,0	0,31	71,4	12,6
Askov	10,5	7,7	7,4	6,3	20,0	3,5	1,6	0,36	57,6	13,2
Ødum	10,0	5,2	5,6	5,8	18,6	2,6	2,2	1,10	60,0	13,7
Borris	9,2	10,1	6,8	5,7	10,2	3,3	2,3	0,25	45,6	13,4
Højer	7,8	2,6	3,7	7,4	18,7	26,2	5,3	0,58	42,6	22,4
Lundgård	7,7	7,8	4,8	5,5	8,0	3,7	1,3	0,18	48,6	10,4
Roskilde	7,5	5,5	6,7	6,8	18,0	3,6	2,0	0,34	55,2	13,5
Rønhave	7,1	5,0	3,0	7,3	9,2	4,1	2,7	0,67	42,6	13,6
Blangstedgd. gødet	6,4	4,3	5,7	6,2	19,7	6,8	2,3	0,71	38,2	11,4
Blangstedgd. ugødet	4,0	4,4	3,7	5,8	8,8	10,3	3,3	0,42	28,2	10,6
Sdr. Omme	3,7	4,8	1,7	5,7	8,8	3,2	1,5	0,35	18,0	11,3
Jørlunde	3,3	1,8	2,0	5,5	13,6	4,4	1,2	0,22	33,6	13,5

Tabel 2. Teksturanalyse og ombytningskapacitet i forsøgsjorde fra karforsøg.
Texture and exchange capacity for the soils before the experiment.

	JB nr.	Ler Clay	Silt	Finsand Fine Sand	Grovsand Coarse Sand	Humus	CEC mækv/100 g jord meq/100 g soil
				%	%		
Tylstrup	2	2,8	5,8	80,7	7,8	2,9	4,0
Askov	5	10,0	13,6	45,9	28,2	2,3	9,3
Ødum	6	10,3	15,8	50,6	21,3	2,0	11,3
Borris	2	3,4	6,3	22,4	63,9	4,0	9,4
Højer	7	17,8	20,7	57,5	0,5	3,5	24,1
Lundgård	1	4,2	5,5	31,7	56,0	2,6	7,7
Roskilde	7	15,3	24,2	39,3	18,8	2,4	13,5
Rønhave	6	13,2	17,3	49,1	18,1	2,3	13,7
Blangstedgd. gødet	5	14,0	18,0	38,9	27,1	2,0	13,0
Blangstedgd. ugødet	6	13,1	17,4	40,0	27,4	2,1	12,4
Sdr. Omme	1	2,7	3,7	23,3	65,5	4,8	9,7
Jørlunde	1	6,1	16,3	48,4	26,6	2,6	7,0

blev vandet til markkapacitet. Undersøgelsen er foregået over 9 vækstperioder, og forsøgene fortsattes.

Der blev hvert år udført de almindelige jordanalyser for P (Ft, Pt) og Rt (10), og før forsøgets anlæg bestemtes tekstur og andre jordanalysetal samt P-resin (14). *Chang & Jacksons* (2) metode anvendtes til fraktionering af jordens uorganiske P-forbindelser i ombytteligt-P; aluminium-P, P(A1); jern-P, P(Fe) og kalcium-P, P(Ca). Total-P blev bestemt ved foraskning af jordprøver

(600°C) og ekstraktion med 0,2 N H₂SO₄. Organisk bundet P fås som forskellen mellem total-P og uorganisk-P (P bestemt ved ekstraktion med 0,2 N H₂SO₄). P i plantetørstof blev bestemt efter tørforaskning ved 600°C eller vådforaskning med perchlorsyre.

Resultater og diskussion

Tørstofudbytte, P-optagelse og jordanalysetal

Udbyttetallene og P-indholdene for de enkelte slæt

Tabel 3. Udbytte af græstørstof.
Dry matter yield of grass.

År Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum
	g/100 g jord g/100 g soil									
Tylstrup	2,91	2,33	1,39	1,43	0,70	0,93	1,01	0,65	0,55	11,90
Askov	2,88	2,52	1,39	1,39	0,56	0,82	0,86	0,59	0,44	11,44
Ødum ¹⁾	3,10	1,87	1,22	0,48	0,57	0,91	0,67	0,51		9,32
Borris	2,69	2,15	1,17	1,28	0,42	0,58	0,68	0,55	0,36	9,89
Højer	1,69	0,80	0,88	0,47	0,54	0,46	0,50	0,65	0,30	6,29
Lundgård	2,54	2,02	1,13	1,31	0,46	0,56	0,67	0,55	0,31	9,54
Roskilde	2,80	1,95	1,22	0,74	0,42	0,57	0,50	0,57	0,37	9,14
Rønhave	2,54	2,04	1,10	0,85	0,46	0,60	0,62	0,57	0,29	9,07
Blangstedgd. gødet	2,58	1,15	0,93	0,38	0,42	0,60	0,67	0,51	0,38	7,63
Blangstedgd. ugødet	1,76	0,49	0,40	0,36	0,28	0,36	0,67	0,43	0,27	5,01
Sdr. Omme	2,24	1,31	0,37	0,20	0,35	0,19	0,26	0,16	0,15	5,23
Jørlunde	1,56	0,75	0,56	0,41	0,29	0,49	0,56	0,50	0,27	5,39

¹⁾ Resultater fra 8 forsøgsår

Tabel 4. Optagelse af P.
Uptake of P.

År <i>Year</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum
					mg/100 g jord mg/100 g soil					
Tylstrup	6,92	4,29	2,47	1,37	0,99	1,39	1,09	0,73	0,33	19,58
Askov	7,32	4,37	2,33	1,20	0,72	0,64	0,88	0,57	0,23	18,27
Ødum ¹⁾	6,19	2,73	0,86	0,55	0,91	0,97	0,51	0,29		12,96
Borris	6,09	3,90	1,94	1,33	0,55	0,65	0,73	0,41	0,17	15,77
Højer	2,24	1,16	0,79	0,33	0,71	0,55	0,47	0,35	0,16	6,77
Lundgård	5,03	2,93	1,49	1,30	0,53	0,68	0,69	0,43	0,16	13,25
Roskilde	6,08	3,11	1,56	0,52	0,51	0,75	0,51	0,33	0,20	13,57
Rønhave	4,84	3,67	1,43	0,66	0,58	0,49	0,56	0,44	0,15	12,85
Blangstedgd. gødet	4,50	1,42	0,85	0,30	0,52	0,82	0,68	0,31	0,20	9,61
Blangstedgd. ugødet	2,26	0,47	0,34	0,32	0,17	0,55	0,62	0,29	0,16	5,17
Sdr. Omme	4,01	1,60	0,69	0,15	0,16	0,19	0,23	0,08	0,09	7,20
Jørlunde	1,78	1,03	0,60	0,26	0,38	0,48	0,59	0,33	0,13	5,58

¹⁾ Resultater fra 8 forsøgsår

og kar er ikke anført i beretningen, men de findes i hovedtabeller, som kan fås hos forfatteren.

I tabellerne 3 og 4 er vist det gennemsnitlige tørstofudbytte og P-optagelsen pr. 100 g jord. De første år følger tørstofudbyttet og P-optagelsen P-jordanalysetallene. Derefter er P-optagelsen de

næste år omtrent den samme for årene, men noget forskellig for jordtyperne. De sidste 2 forsøgsår er P-optagelsen igen aftagende og nærmer sig det, som tilføres med udsæden, 0,1 til 0,2 mg P/100 g jord.

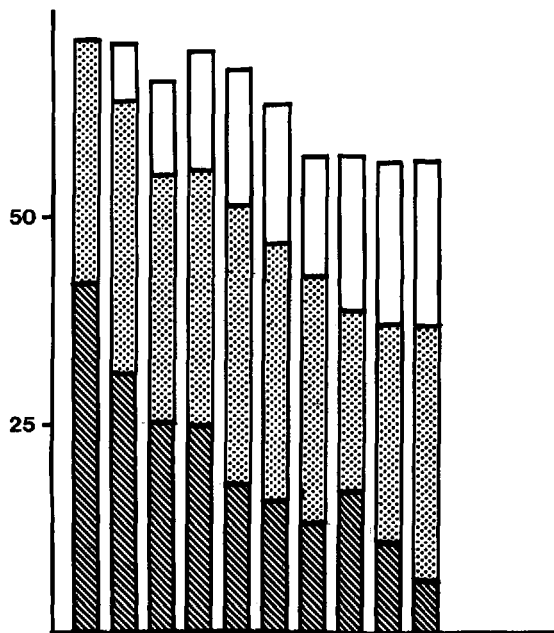
Tabel 5. Korrelation R^2 mellem P-optagelse og jordanalysetal før P-udpiningen.
Correlation R^2 between P-uptake and P-soil figures before the experiment.

	Ft	Pt	P-resin
1. slæt, 1. år, 1st harvest, 1st year	0,32	0,77	0,59
1. år, 1st year	0,64	0,58	0,65
2	0,66	0,61	0,58
3	0,68	0,61	0,59
4	0,70	0,65	0,59
5	0,73	0,62	0,60
6	0,77	0,60	0,62
7	0,78	0,60	0,63
8	0,79	0,59	0,63
9	0,80	0,60	0,63

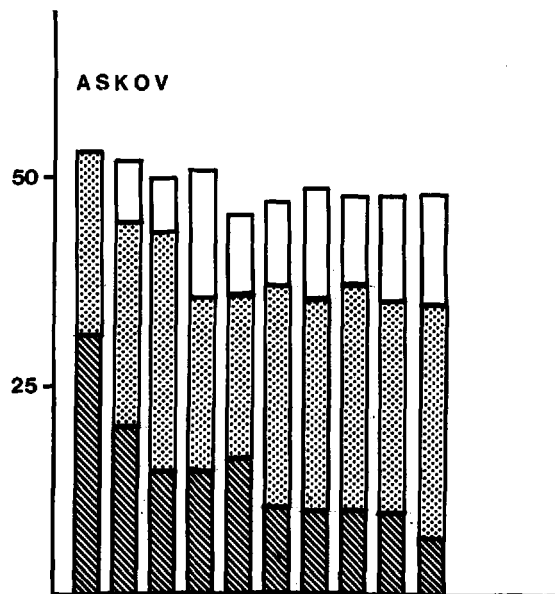
I tabel 5 er vist sammenhængen mellem P-optagelsen og nogle P-jordanalysetal. Korrelationen mellem Ft og P-optagelsen stiger i løbet af forsøgsperioden fra 0,32 til 0,80, medens korrelationen mellem P-optagelsen og de 2 andre P-jordanalysetal er næsten den samme gennem hele forsøgsperioden. Ved bestemmelse af jordens P-tilstand med 0,2 N H_2SO_4 - Ft-metoden - opløses 5

gange mere P end ved de 2 andre metoder. Efter 1. slæt har den optagne P-mængde i gennemsnit for alle jorde været ca. 1-2% af P-mængden bestemt ved Ft. Efter 9 år var der optaget ca. 50% af P-mængden bestemt ved Ft. For de 2 andre jordanalyser var den tilsvarende optagelse efter 1. slæt ca. 20% for Pt og P-resin. Efter 9 år var der optaget omtrent det dobbelte af P-mængden bestemt ved Pt

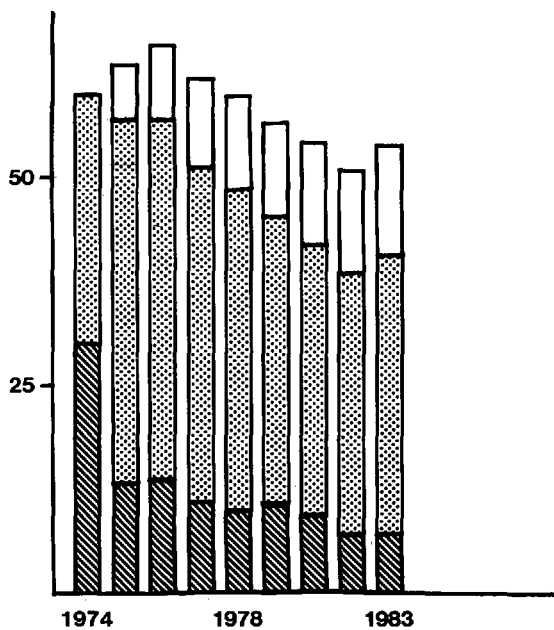
TYLSTRUP



ASKOV



ØDUM



BORRIS

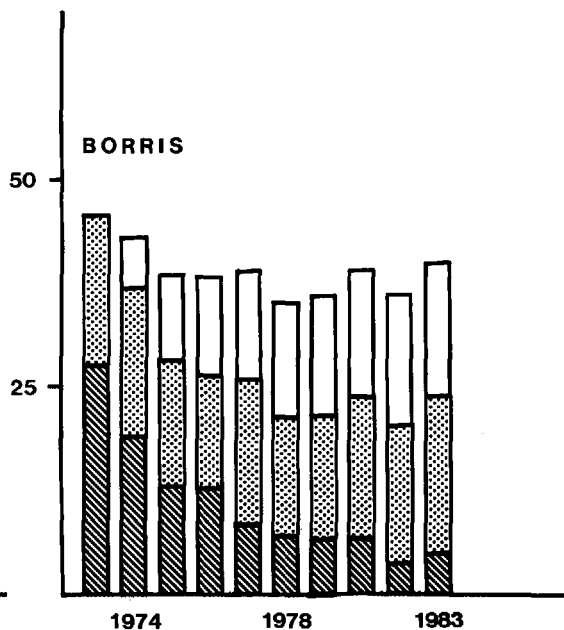






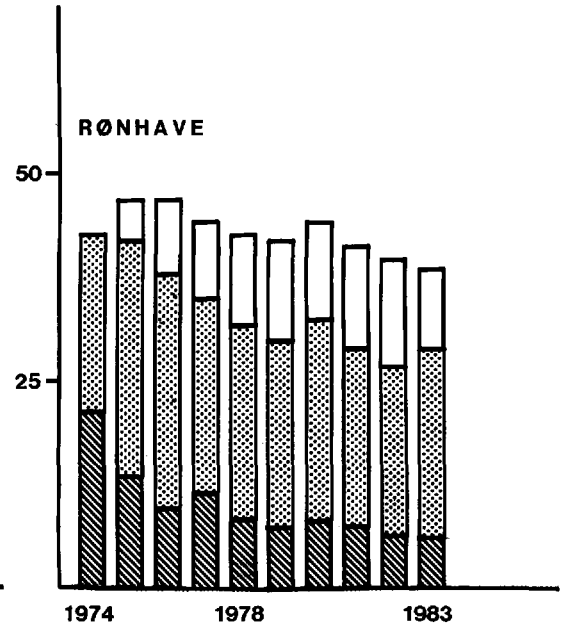
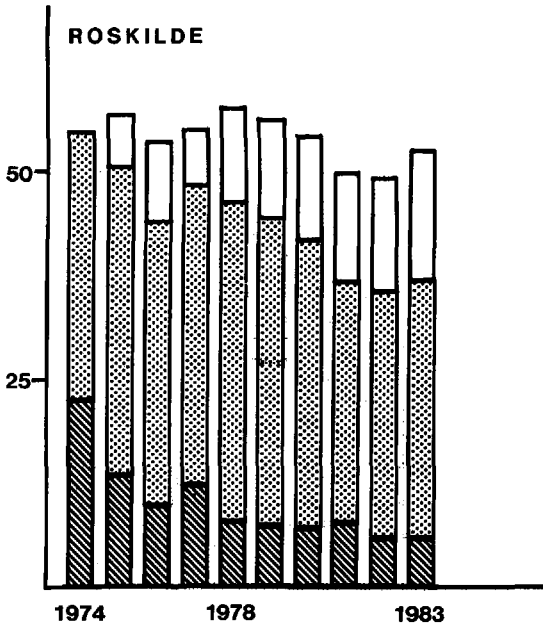
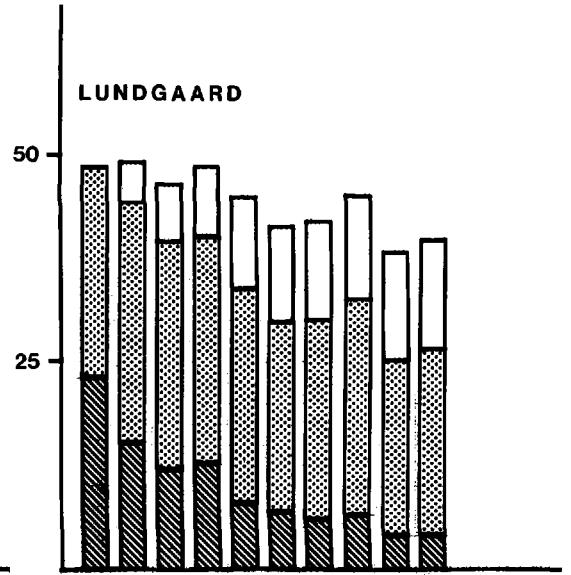
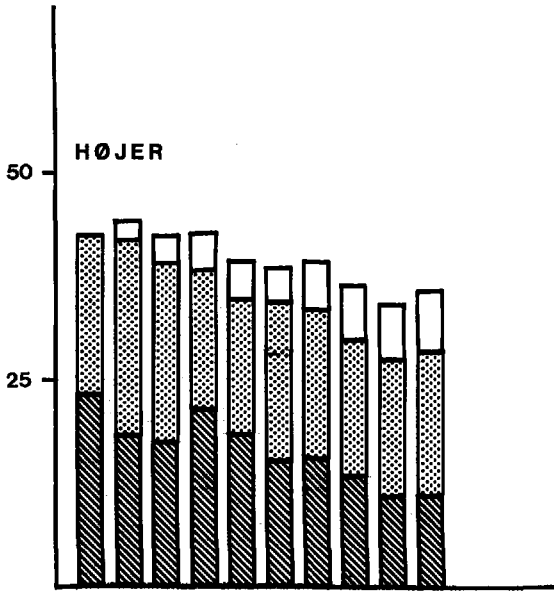
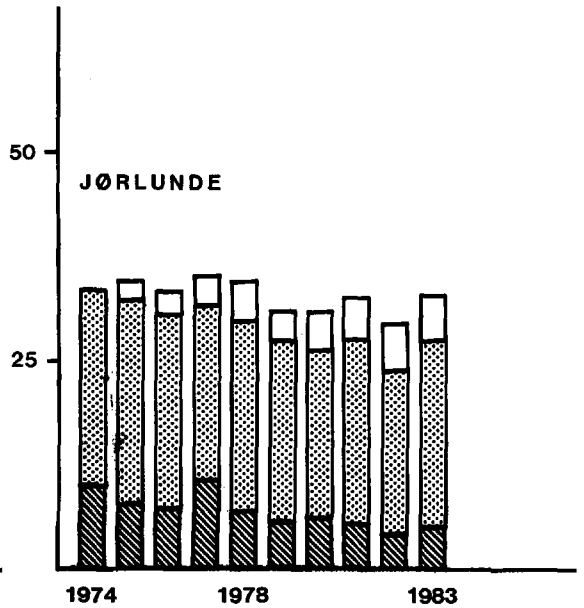
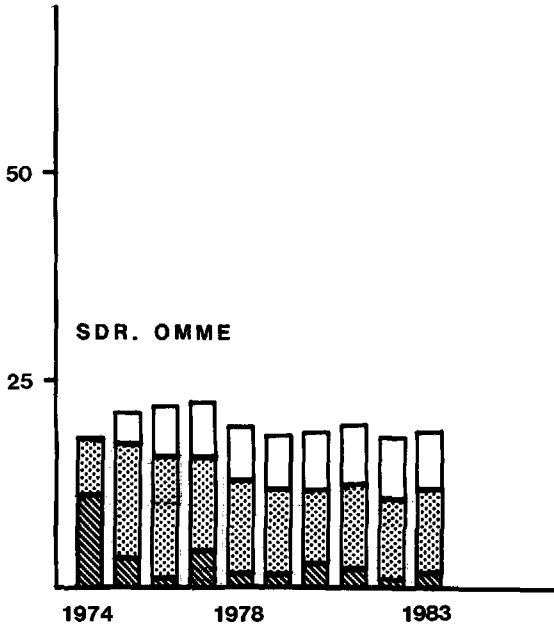
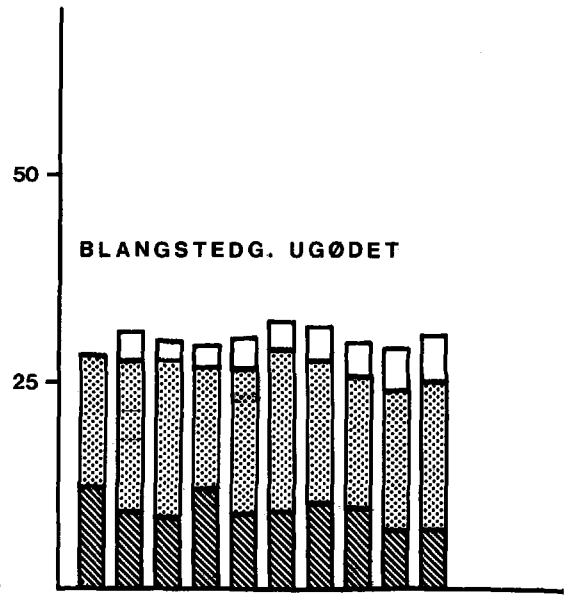
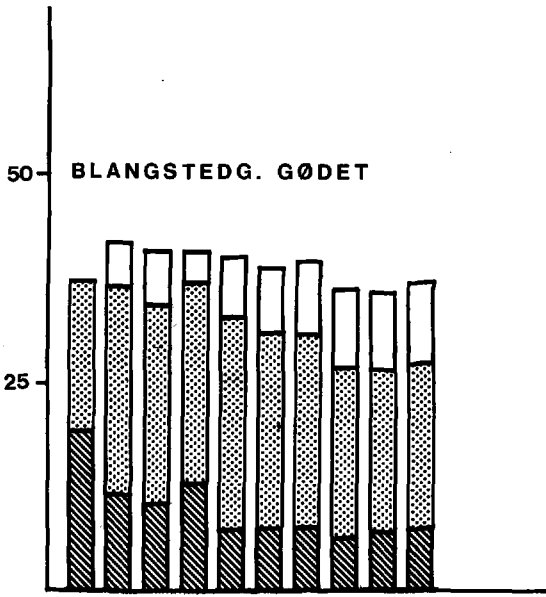


Fig. 1. Indhold af uorganisk P  , organisk P  og den summerede P-optagelse  . abscisse = år, ordinat = mg P/100 g jord.
 Content of inorganic P  , organic P  and P-uptake  , abscissa = year, ordinate = mgP/100 g soil.





eller resin-metoden. Pt og P-resin som vejledende for jordens P-tilstand bliver derfor dårligere desto flere år, man har mellem udtagning af jordprøver. Ft har ikke stor vejledningsværdi om jordens P-tilstand for et enkelt år; jo flere år man har mellem udtagning af jordprøver, desto bedre klarer Ft sig i forhold til de 2 andre P-jordanalysemetoder.

De organiske P-forbindelser

I fig. 1 er vist et søjlediagram for jordfosforets sammensætning i løbet af forsøgsperioden samt den summerede P-mængde, der er optaget af planterne. 71% af P i jord fra Jørlunde findes i organiske forbindelser, medens det tilsvarende tal for de øvrige jorde er fra 30 til 60%. Det ses, at jordens indhold af organiske P-forbindelser kun har ændret sig

ganske lidt, og der var ingen klare forskelle mellem jordtyperne.

Mængdeforholdet mellem organisk C og organisk P er bestemmende for, om der sker en nettofrigørelse eller fastlægning af P i organiske forbindelser. *Nissen* (11) angiver, at dette forhold for mineraljorde er 100:1 – 200:1 og for tørvejorde 200:1 – 1000:1.

Forholdet C:P i jordens organiske forbindelser er vist i tabel 6. Det er øget betydeligt i løbet af forsøgsperioden. C-indholdet er øget i alle jorde, og for nogle er stigningen større end 100%. Det kan skyldes, at indholdet i jorden af rod- og planterester vokser i løbet af forsøgsperioden. Omsætningen af de P-fattige rod- og planterester sker kun langsomt i P-fattig jord jævnfør undersøgelser i fastliggende gødningsforsøg (3).

Tabel 6. Indholdet af organisk C og P samt mængdeforholdet mellem organisk C: organisk P før og efter 9 års udpining for P.

Content of organic C and P and the relative amounts of organic C: organic P in soils before and after 9 years of exhaustion for P.

	Før forsøget 1975 <i>Before the experiment</i>			1984		
	C mg/100 g jord mg/100 g soil	P mg/100 g jord mg/100 g soil	C:P	C mg/100 g jord mg/100 g soil	P mg/100 g jord mg/100 g soil	C:P
Tylstrup	1700	29,4	58	3874	28,2	137
Askov	1300	26,1	50	3223	28,8	112
Ødum	1200	30,0	40	2847	33,6	88
Borris	2300	18,0	128	2818	19,2	147
Højer	2000	19,2	104	3927	18,9	208
Lundgård	1500	25,5	45	2917	22,5	130
Roskilde	1400	32,7	43	2800	31,2	90
Rønhave	1300	21,3	61	2548	25,2	101
Blangstedgd. gødet	1200	18,0	67	1878	20,1	93
Blangstedgd. ugødet	1200	16,2	74	2577	21,6	119
Sdr. Omme	2800	6,9	405	3000	12,6	238
Jørlunde	1500	23,7	64	2055	26,4	78

Optagelse af P fra uorganiske forbindelser

Der er i løbet af forsøgsperioden høstet fra 3 til 24 mg P/100 g jord, og det fremgår af fig. 1, at det overvejende kommer fra den uorganiske fraktion.

I tabel 7 er det uorganiske jord-P opdelt ved *Chang & Jacksons* (2) fraktionering. P-indholdet er vist ved starten, efter 4 forsøgsperioder, hvor det

antages, at eftervirkningen fra tidligere P-gødskning er ophørt, samt efter 9 forsøgsperioder.

Det ombyttelige P udgør ved forsøgsstarten fra 0 til 2,6 mg P/100 g jord, og denne fraktion er stort set opbrugt efter 4 forsøgsperioder.

En stor del af det uorganiske P findes ved forsøgsstarten i den P-fraktion, som benævnes P(A1).

Tabel 7. Fraktionering af jordens uorganiske P-forbindelser.
Fractionation of the inorganic P-compounds in soil.

År Year	1	4	9	1	4	9	1	4	9	1	4	9	1	4	9
	P-omb. P.exch.	P(A1)			P(Fe)			P(Ca)			sum				
	mg P/100 g jord mg P/100 g soil														
Tylstrup	1,92	0,69	0,31	19,01	9,41	6,53	18,16	7,18	5,19	5,76	4,42	8,64	44,85	21,70	20,69
Askov	0,90	0,46	0,46	17,09	3,24	2,50	11,97	6,19	5,33	2,31	4,42	3,84	32,27	14,30	15,98
Ødum	1,09	0,46	0,46	13,94	3,46	1,15	12,93	7,98	5,19	3,25	3,84	5,45	31,20	13,24	12,65
Borris	0,62	0,61	0,30	20,73	4,61	3,07	7,58	2,99	3,59	0,77	1,54	1,73	29,70	9,75	8,70
Højer	0,31	0,31	0,23	3,27	1,92	0,57	5,59	3,79	3,79	14,68	15,29	7,87	24,84	21,31	12,47
Lundgård	0,82	0,54	0,46	20,50	4,42	3,65	9,18	4,39	5,99	1,15	2,50	1,54	31,65	11,84	11,63
Roskilde	1,54	0,15	0,31	9,79	1,54	0,77	15,56	5,79	4,79	9,60	4,22	5,21	36,44	11,70	11,07
Rønhave	1,75	0,39	0,15	10,26	1,92	0,96	10,57	3,99	3,19	6,53	5,57	5,19	29,10	11,87	9,49
Blangstedg. gødet	0,54	0,31	0,23	6,91	1,92	1,54	8,38	4,39	2,99	8,83	7,30	4,80	24,66	13,92	9,65
Blangstedg. ugødet	1,31	0,46	0,37	3,46	1,73	0,87	5,99	4,19	2,93	4,61	6,72	5,78	15,31	13,10	9,95
Sdr. Omme	2,62	0,30	0,40	9,99	2,50	2,22	1,80	1,20	1,47	0,38	1,15	0,90	14,78	5,23	4,49
Jørlunde	0,08	0,46	0,37	3,84	1,54	1,54	5,39	4,19	4,39	3,46	4,92	3,46	12,76	10,61	9,77

Denne består af A1-fosfater; men især fra de jorde, som gødes med P, ekstraheres der sammen med A1-fosfater også en del lettere opløselige Ca-fosfater. Størst er P(A1)-fraktionen i let sure til neutrale sandjorde, medens kalkholdige lerjorde indeholder mindst P(A1). En stor del af P(A1) må antages at være dannet ved gødskning gennem en årrække med større mængder P, end planterne har fjernet. For de undersøgte jorde er størstedelen af P(A1)-fraktionen høstet efter 4 vækstperioder. Fra den 4. til den 9. vækstperiode er der dog stadig nogen frigørelse af P(A1) især fra jorde, som ved starten havde et ret højt indhold af P(A1).

P(Fe) består overvejende af Fe-fosfater og P adsorberet til overfladen af Fe-oxider. Det fremgår af tabel 7, at især for sandjorde er P(Fe)-fraktionen mindre end P(A1)-fraktionen ved forsøgets start. I lerjordene er størrelsen af de 2 fraktioner omtrent ens. Efter 4 vækstperioder er P(Fe)-fraktionen mindre end ved starten af forsøget, og en del af eftervirkningen fra P-gødskningen må antages at komme fra P bundet til Fe-forbindelser. Efter 9 vækstperioder er der i alle jorde bortset fra Tylstrup og Sdr. Omme et større indhold af P(Fe) end P(A1). Dette er i overensstemmelse med resultaterne fra *Find Poulsens* karforsøg (13), som viste, at P(A1)-fosfater har større gødningsværdi end

P(Fe)-fosfater, og det gælder især, når gødningsfosfaterne har ligget i jorden nogen tid.

P(Ca) består af forskellige apatiter, som opløses ved ekstraktion med stærke syrer (0,2 N H₂SO₄). Bortset fra kalkholdige jorde (Højer) samt nogle lerjorde er indholdet af P(Ca) mindre end af P(A1) og P(Fe). P(Ca) ændrer sig kun lidt de 4 første vækstperioder, og eftervirkningen fra tidligere P-gødskning kan ikke tilskrives P(Ca). En kraftig P-udpining af jorden ekstraherer en del P(Ca) især fra de jorde, som i forvejen har et relativt højt indhold af P(Ca); men forsøgene viser dog, at den del af det uorganiske jord-P, som findes i P(Ca)-fraktionen, generelt har en ringe gødningsværdi. Dette er i overensstemmelse med laboratorieforsøg (4), som viser, at råfosfater først opløses ved ekstraktion med stærke syrer.

Størrelsen af jordens P-reserve

Ved jordens P-reserve forstås her den P-mængde, som planterne kan optage fra jorden før, der viser sig mangelsymptomer for P og/eller væsentlige fald i udbytterne. I praksis anvender man Ft <6 og Pt <3 som grænseværdier for P-manglende jorde; man får næppe større udbyttedgang på grund af P-mangel, når P-jordanalysetallene er større end de i praksis anvendte nedre grænseværdier. I tabel 8 er

Tabel 8. Optagelse af P fra forsøgsjorde ved Ft >6,0, Pt >3,0 og % P i græstørstof >0,2.
Uptake of P from the soils used in the experiment at Ft >6.0, Pt >3.0 and % P in dry matter of grass >0.2.

	Ft >6,0	Pt >3,0	% P >0,2
Tylstrup	370-380	320-330	85-95
Askov	320-330	335-345	220-230
Ødum	205-215	180-190	125-135
Borris	240-250	300-310	280-290
Højer	85-95		
Lundgård	145-155	240-250	110-120
Roskilde	195-205	170-180	80-90
Rønhave	170-180	170-180	85-95
Blangstedgd. gødet	110-120	105-115	20-30
Blangstedgd. ugødet	35-45	45-55	5-15
Sdr. Omme		95-105	55-65
Jørlunde			10-20

vist, hvor store mængder P, der ved karforsøgene er optaget, før Pt og Ft er mindre end de oven for angivne grænseværdier. P-optagelsen ved nævnte grænser varierer fra 0 til 375 kg P/ha, og der er selvfølgelig en sammenhæng med P-jordanalysetallene før forsøget. P-reserven bestemt ud fra de 2 jordanalysemetoder er i størrelsesorden de samme. Ved anlægget af forsøget var Ft større og Pt mindre i jorden fra Tylstrup end i jorden fra Borris og Lundgård, og P-reserven i Tylstrup-jorden er lidt større for Ft end Pt. Det omvendte fandtes for de øvrige sandjorde og humusjorde. For lerjorde var P-reserven den samme for Ft- og Pt-grænseværdierne.

Endvidere er der i tabel 8 vist P-reserven, ud fra den biologiske grænseværdi, når P-indholdet i græstørstof skal være større end 0,2%. Denne værdi angives hos (5) at være grænseværdien for mangelsymptomer og fald i udbytte. P-reserven er da noget mindre, end når jordanalysetallenes grænseværdi er brugt som minimum. For alle jorde, bortset fra Tylstrup, er der dog en god sammenhæng mellem størrelsen af P-reserven bestemt ved P-jordanalysetallene og græssets P-indhold. Tabel 8 viser, at der er optaget fra 0 til ca. 300 kg P/ha før græssets P-indhold er mindre end 0,2%.

Under markforhold optages der en del P fra de dybere jordlag. Bidraget herfra er for forskellige kornarter angivet til ca. 20% af P-optagelsen (7). Medtages denne post, bliver P-reserverne under markforhold lidt større.

Ved en bortførsel med afgrøden af 20 kg P/ha og år vil P-reserven udgøre fra 0 til 15 års forbrug, når den biologiske grænseværdi (P% <0,2) sættes som nedre grænse for et acceptabelt P-indhold.

Det skal slutteligt understreges, at man i karforsøg opnår langt højere tørstofproduktion og dermed langt hurtigere P-udpining end under markforhold. Såvel tørstofudbytte som P-optagelse er således 2-7 gange større i karforsøgets første år end gennemsnit for en græsafgrøde dyrket i marken.

Konklusion

1. En stor del af den i jorde oparbejdede P-reserve kan optages af planterne.
2. Det optagne P kommer fra uorganiske forbindelser.
3. Resultaterne fra karforsøgene tyder på, at for jorde med middel og høje jordanalysetal for P kan P-gødsningen begrænses til vedligeholdelsesgødsning.
4. Man kan dog ikke direkte overføre resultater fra karforsøg til markforhold. Men det må antages, at de fundne forhold mellem de undersøgte jordes P-leverende evne vil være de samme.

Litteratur

1. *Bowmann, R. A.; Olsen, S. R. & Waianabe, F. S.* 1978. Greenhouse evaluation of residual phosphate by four phosphorus methods in neutral and calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 451-454.

2. *Chang, S. C. & Jackson, M. L.* 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.*, 84, 133–144.
3. *Christensen, H. R.* 1927. Jordbundsundersøgelser i Forbindelse med fastliggende Gødningsforsøg. *Tidsskr. Planteavl* 33, 197–411.
4. *Dissing Nielsen, J.* 1983. Gradient elution of soil columns. *Tidsskr. Planteavl* 87, 129–140.
5. *Finck, A.* 1968. Grenzwerte der Nährelementgehalte in Pflanzen und ihre Auswertung zur Ermittlung des Düngerbedarf. *Z. Pfl. und Bodenkunde* 119, 197–208.
6. *Fotyma, M. & Gosek, S.* 1977. Utilization of soil phosphorus reserves accumulated due to fertilization during a period of many years. *Pol. J. of Soil Sci.* 10, 139–146.
7. *Haak, E.* 1978. Studier af stråsåds rotutvecling og mineralåmnesupptag. B. Matjordens och alvens bidrag till vårsådesgrödors upptag av Ca, P, och K under svenska fältbetingelser. Rapport Sveriges Lantbruksuniversitet IRB 44, 1–80.
8. *Hahlin, M. & Ericsson, J.* 1981. Fosfor och fosforgödsling. Aktuellt från Lantbruksuniversitetet Uppsala 294, 1–21.
9. *Kick, H. & Minhas, R. S.* 1972. Die Verfügbarkeit der durch langjährige Düngung im Boden angeereicherten Phosphate. *Landwirtschaftliche Forschung Sonderheft* 27, 184–191.
10. *Landbrugsministeriet* 1972. Fælles arbejdsmetoder for jordanalyser. Landbrugsministeriet, København III nr. 1–24.
11. *Nissen, T. Vincents* 1978. Mikroorganismernes rolle i fosforkredsløbet. *Ugeskr. f. Agronomer* 123, 864–866.
12. *Olsen, R. & Larsen, S.* 1979. Ekstraherbarhed af gødningsfosfor akkumuleret i jord. *Tidsskr. Planteavl* 183, 469–477.
13. *Poulsen, Find J.* 1948. Studier over forskellige fosfaters gødningsværdi. Om nogle ferri- og aluminiumsfosfaters gødningsværdi. *Tidsskr. Planteavl* 51, 616–639.
14. *Sibbesen, E.* 1979. Anionbytter-resin metoden til ekstraktion af jordfosfat. *Tidsskr. Planteavl* 83, 478–484.
15. *Uhlen, G. & Steenberg, K.* 1982. The residual effects of phosphorus fertilizers as measured by an isotopic method and by chemical soil tests. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole* 61, 1–9.

Manuskript modtaget den 9. maj 1985.