



Styring af fosfor og kalium i planteproduktionen. Mulighed for recirkulering af næringsstoffer fra enge, byer og industrier.

Margrethe Askegaard
Jørgen E. Olesen,
September 2014



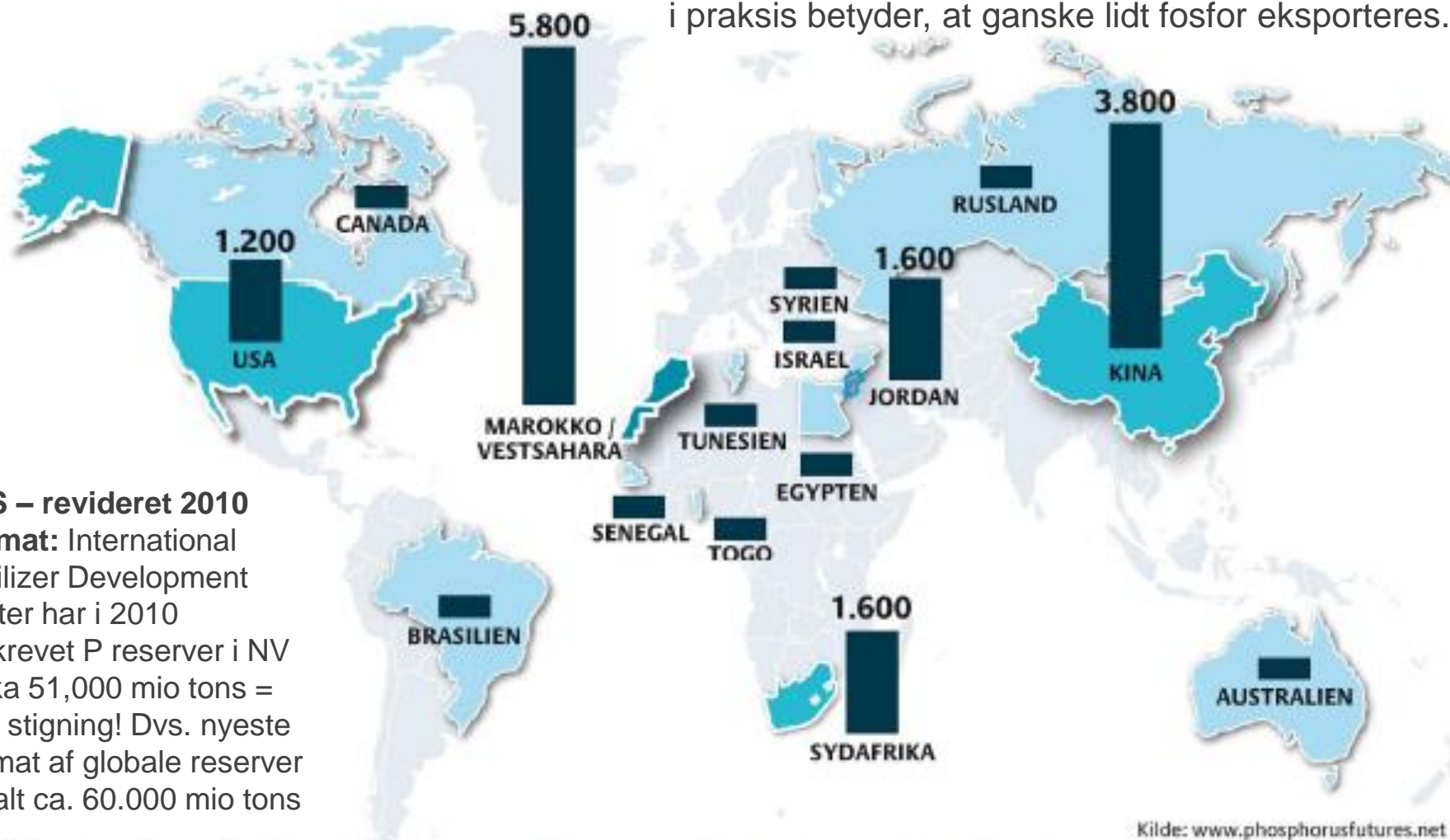
Indhold:

- Forsyning med fosfor
- Forsyning med kalium
- Hvor skal P og K komme fra, når der ikke er mere at hente fra jorden og fra konventionel husdyrgødning?



Fosfor

Der er eksporttold på fosfor fra Kina på 180%, som i praksis betyder, at ganske lidt fosfor eksporteres.



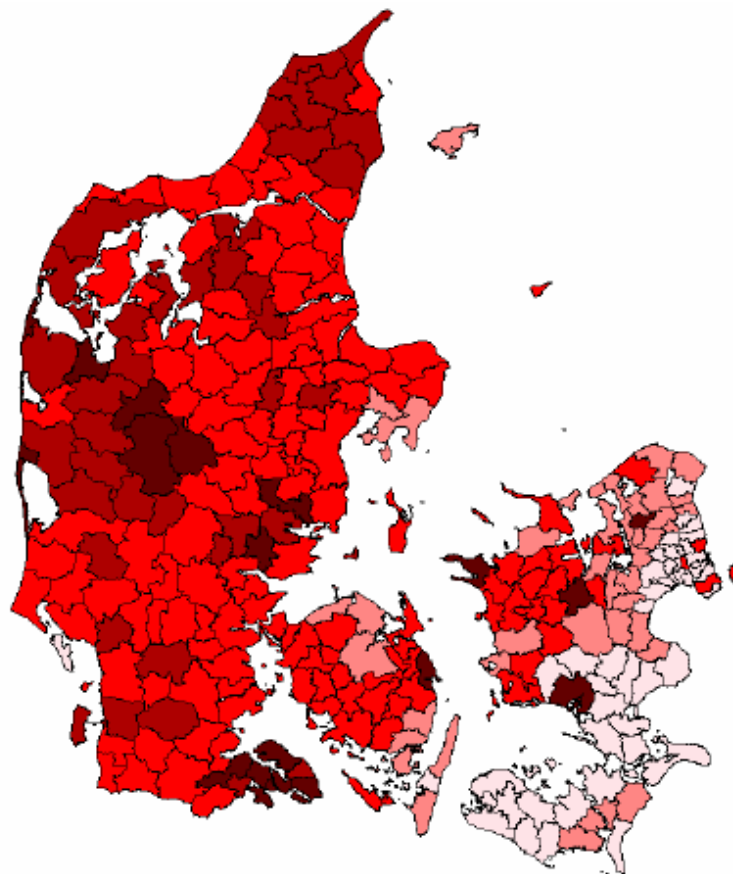
OBS – revideret 2010 estimat: International Fertilizer Development Center har i 2010 opskrevet P reserver i NV Afrika 51,000 mio tons = 10 x stigning! Dvs. nyeste estimat af globale reserver er i alt ca. 60.000 mio tons

Kilde: www.phosphorusfutures.net

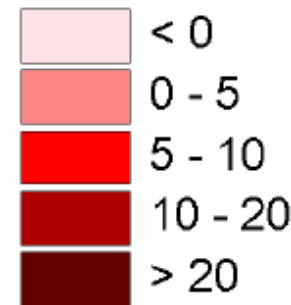
FIGUR 1: ANSLÅET FOSFORRESERVE I MIO. TON RÅFOSFAT BASERET PÅ DATA FRA FORSKNINGS-SAMARBEJDET GPRI (GRAFIK: TROELS MARSTRAND EFTER AFTALE MED HEDESELSKABET)¹

Geografisk fordeling af fosforoverskud

Vi har opsparet 1,4 ton P/ha, men de er uens fordelt, og så er jo også udfasningen der "truer"



P-overskud 2001
(kg/ha landbrugsjord)



(Dalgård m.fl. 2004)

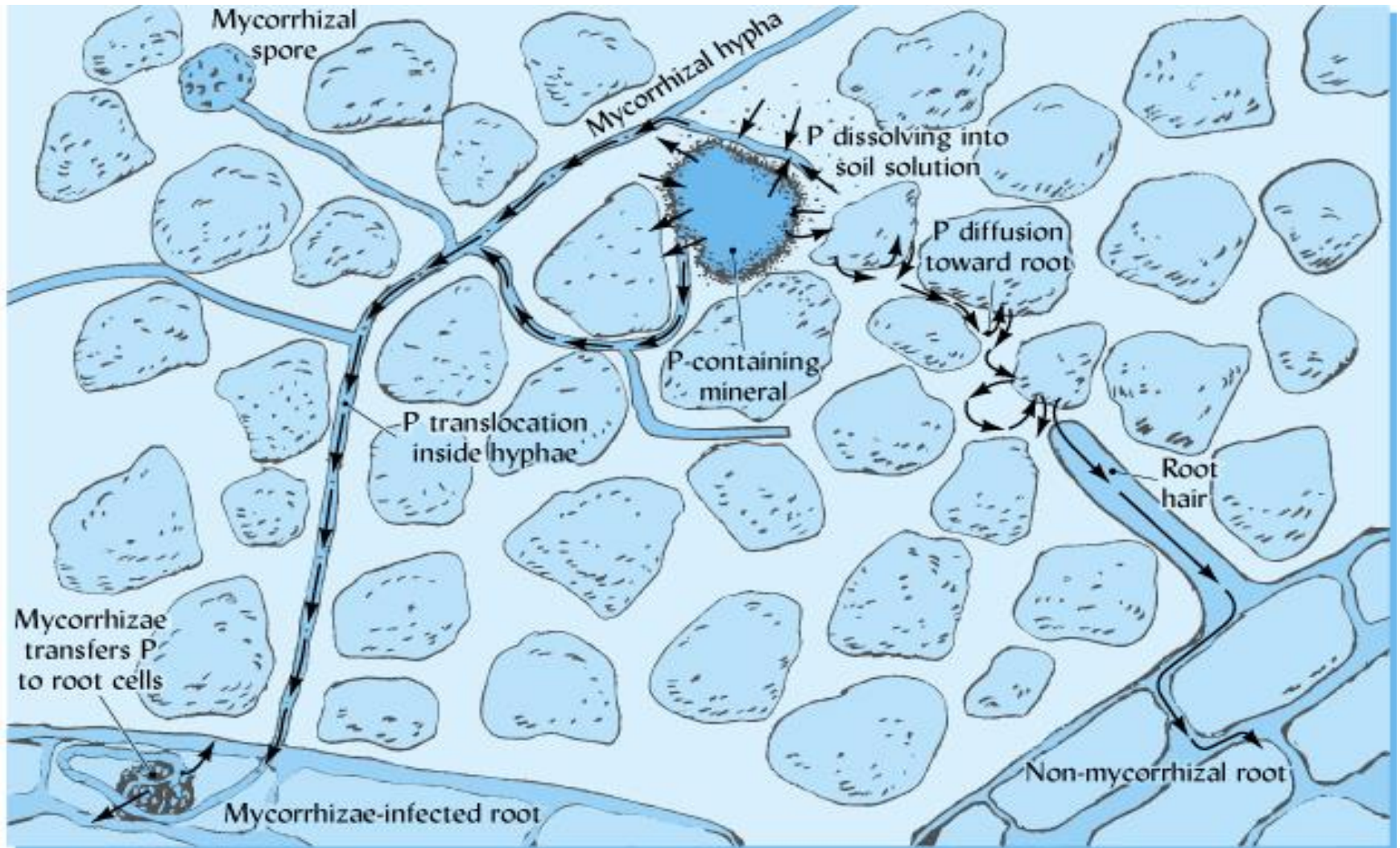
Mobilisering af fosfor i jord og gødning

Der findes fortsat megen bunden fosfor i mange marker, som kan udnyttes.

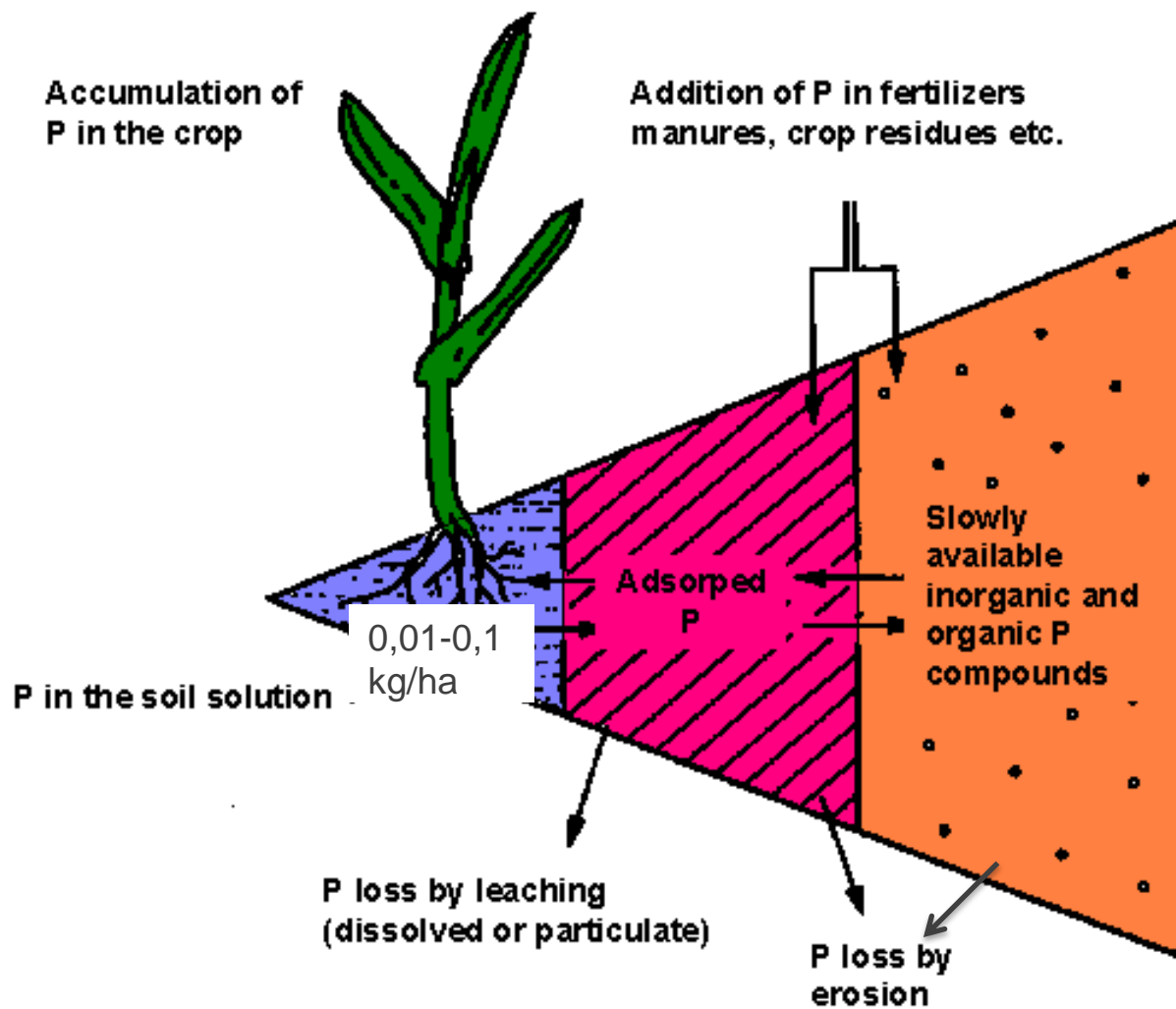
Udvikling af rodnettet: Da mobiliteten af fosfor i jorden er meget lav, er det rødderne ”der skal komme til fosforet” og ikke omvendt. **Jordstruktur!!**

Grøngødning og efterafgrøder: En stor pulje af organisk stof i jorden fra grøngødninger og efterafgrøder er med til at opretholde høj mikrobiel aktivitet og dermed en pulje af organisk P, der kan frigives når mikroorganismene dør.

Korsblomstrede og/eller lupin som efterafgrøder: Korsblomstrede og lupiners evner til, via forskellige mekanismer, at udskille syre fra rødderne kan anvendes til at opløse mineralsk P fra jorden og indbygge det i en letomsættelig organiske pulje.



Roer og korsblomstrede har ikke mycorrhiza!



Forskkel på afgrøders følsomhed over for lave fosfortal

Meget følsom	Majs, roer, kartofler
Følsom	Vårsæd, og vårbyg er sandsynligvis den mest følsomme
Middel	Vintersæd, kløver, ært, hestebønne, vinterraps
Hårdfør	Lupin, boghvede, cikorie

Der er yderligere forskel på sorterens evner til P-optagelse

Vejledende tilførsel af fosfor

Fosfortal	Handling
Større end 4	Tilførsel af fosfor i gødning kan i de fleste tilfælde undlades.
2–4	Ved dyrkning af ”middel” og ”hårdføre” afgrøder kan udpiningen af jorden fortsætte, til fosfortallet er nede på ca. 2 på lerjord og 2,5–3 på sandjord. Dette kan tage 10–20 år. ”Meget følsomme” afgrøder gødes derimod med samme mængde fosfor, som de bortfører.
1–2 på lerjord 1,5–2,5 på sandjord	Flere planteavlere dyrker afgrøder i dette interval og måske også uden udbyttetab. Succes forudsætter dog, at afgrøderne er ”middel” til ”hårdføre” og at de har mulighed for god rodudvikling. Risikabelt at dyrke ”meget følsomme” afgrøder, da en etårig tilførsel af P-holdig gødning næppe vil kunne dække deres P-behov.

Tommelfingerreglen der siger, at én enhed i Pt svarer til 25 kg fosfor pr. ha passer ikke ved lave Pt.

Table 1. Soil and climate characteristics for the three experimental sites. The soil data is for the top 25 cm (Olesen et al., 2000). The temperature and precipitation statistics are for the period 2005 to 2008. The Olsen P data is for 2008 and were taken as average for different fertilizer treatments within each rotation.

	Jynde vad	Foulum	Flakkebjerg
Clay (g kg ⁻¹)	45	88	155
Organic C (g kg ⁻¹)	11.7	22.9	10.1
Organic N (g kg ⁻¹)	0.85	1.75	1.07
pH (CaCl ₂) + 0.5	6.1	6.5	7.5
Mean temperature (°C)	9.5	8.6	9.2
Annual precipitation (mm)	861	668	548
Olsen P (mg kg ⁻¹)			
O2/-M	33.8	29.4	18.6
O2/+M	31.4	33.1	20.3
O4/-M	29.8	32.8	17.1
O4/+M	31.9	34.1	22.1
C4/+M	34.9	34.3	31.9

Table 3: Estimates of P_{fix} from fababean using a mixed model with fixed effects of site (Location), rotation (Organic:O4,Conventional:C4), manure application (Manure,+/-) and catch crop(Catch crop,+/-).

Cropping system	Jyndevad	Foulum	Flakkebjerg
O4/-M/+CC	0.82 ^b	0.61 ^c	0.67 ^{ab}
O4/+M/-CC	0.95 ^a	0.73 ^{ab}	0.81 ^a
O4/+M/+CC	0.91 ^a	0.64 ^{bc}	0.82 ^a
C4/+M/-CC	0.91 ^a	0.74 ^a	0.71 ^{ab}
C4/+M/+CC	0.90 ^a	0.74 ^a	0.60 ^b

Values with the same letter within a column are not significantly different ($P < 0.05$).

Produkt	Total- kvælstof (N)	Total Fosfor (P)	Total Kalium (K)	Total Svovl (S)	Magnesi- um (Mg)	
	Kg pr. ton					
Biogrow	100	30	10	-	-	
Blødt formalet råfosfat	-	12–14	-			
Protamylasse	18	5	55	8	4	
Komposteret haveparkaffald	5,6	1,3	27	4	1,1	
Kartoffelfrugtsaft	1	0,3	3,6	0,6	0,17	
Slagtekyllingedybstrøelse	16,3	6,5	12	-	-	
Kvægdybstrøelse	9,4	1,5	11,1	-	-	
Slagtesvinegylle	4,9	1,1	2,6	0,5	0,5	
Kvæggylle	5,6	0,9	5,2	0,4	0,3	

Indhold og bortførelse af fosfor (P) i høstet korn, frø, halm og kartofler

		Pct. P i tørstof ¹⁾	Omregnet til P i handelsvare	Normaludbytte (ton pr. ha)	Bortførelse (kg P pr. ha)			
					-25 pct.	Normaludbytte	+25 pct.	
Korn	Kerne	0,4	3,4	kg pr. ton	4	10	14	17
	Halm	0,1	0,9		2,2	1	2	2
Markært	Frø	0,5	4,3	kg pr. ton	3,5	11	15	19
Hestebønne	Frø	0,6	5,1	kg pr. ton	4	15	20	26
Lupin	Frø	0,8	6,8	kg pr. ton	3	15	20	26
Kløver	Frø	0,4	0,4	kg pr. hkg	0,25	1	1	1
Rajgræs	Frø	0,5	0,4		1,0	3	4	6
	Halm	0,4	3,4	kg pr. ton	3	8	10	13
Vinterraps	Frø	0,9	8,2	kg pr. ton	2,5	15	20	26
	Halm	0,1	0,9		2,2	1	2	2
Spisekartofler	Knolde	0,2	0,4	kg pr. ton	20	6	8	10

Indhold og bortførelse af fosfor (P) i høstet kløvergræs, lucerne og majs

	Pct. P i tørst of ¹⁾	Omregnet til kg P pr. 1000 fe	Normal- udbytte (1000 fe pr. ha)	Bortførelse (kg P pr. ha)		
				-25 pct.	Normal- udbytte	+25 pct.
Kløvergræs (30–50 pct. kløver)	0,37	4,6	8	28	37	46
Kløvergræs (over 50 pct. kløver)	0,37	4,5	8	27	36	45
Lucerne	0,3	3,9	8	23	31	39
Silomajs	0,26	3,0	8	18	24	30

Resultater fra langvarige P-gødningsforsøg med udpining ved statens forsøgsstationer

Afgrøde	JB nr.	Mindre end 10 år fra forsøgsstart					10 år eller mere fra forsøgsstart				
		Antal forsøg	0 P	15 P	30 P	Rel. yield	Antal forsøg	0 P	15 P	30 P	Rel. yield
		Udbytte, hkg pr. ha					Udbytte, hkg pr. ha				
Vårbyg	1-4	18	35,9	2,9	2,9	93	25	36,6	5,1	5,5	86
Vårbyg	5-8	21	48,5	0,9	0,4	99	26	48,9	1,5	1,5	98
Vinterhv.	6-8	4	68,5	0,9	1,5	98	4	64,7	5,3	5,3	90
Roer	1-8	5	144,2	0,5	3,8	97	6	141,4	12,0	13,5	92
Kartofler	1-3	3	113,3	0,0	1,6	99	2	150,0	11,8	7,1	96
Græs	1-8	7	146,2	6,1	6,1	96	3	94,5	14,9	17,6	84

P-gødningseffekter afhænger af N-tilførslen!



Totalt mængder af fosfor i organisk affald

Kilder	ton P/år
Dagrenovation	800
Handel og service	100
Industri (bl.a. kødbenmel)	3000
Spildevandsslam	4000
Have/park-affald	500
I alt	10000

Ved årsskiftet 2011/12 er genanvendelse af slam til jordbruget nu på **77%**.

Kilde: Faktaark fra folketingets høring om organisk affald som ressource, 2011

Heraf **7 %** til økologisk landbrug = 4,5 kg P pr. ha



Nu – før udfasning

Import af N, P og K i konventionel husdyrgødning, husdyrintensitet og total øko-areal fordelt på regioner

Næringsstof	Sjælland	Fyn	Øst- jylland	Vest- jylland	Nord- jylland	Born- holm	DK
	kg pr. ha omlagt øko-areal						
N	28	40	37	28	22	21	29
P	7	9	9	7	5	5	7
K	16	22	21	16	12	12	16
DE pr. ha	0,4	0,4	0,5	0,9	0,9	0,7	0,7
Ø-areal (1000 ha)	19	5	28	74	28	1	154



PK-balancer før og efter udfasning ved planteavl på lerjord

Køb af 70 kg total-N pr. ha	med	uden
Afgrøder	Pct. af sædskiftet	
Kløverfrø	10	10
Kløvergræs	-	20
Vintersæd	30	20
Vårsæd	40	40
Bælgsæd	10	10
Vinterraps	10	-
Balance v. salg af korn og frø	Kg pr. ha	
P	1	-10
K	11	-16



Næringsstoffer høstet fra alle permanente græsarealer fra vandløbsmidte (+ 100 meter) og alene tildelt de økologiske arealer

	N	P	K
	Kg pr. ha		
Sjælland	16	1,7	7,1
Fyn	31	3,3	13,8
Østjylland	13	1,4	5,9
Vestjylland	16	1,7	7,0
Nordjylland	21	2,2	9,2
Bornholm	32	3,4	14,1



Registerdata



Kalium

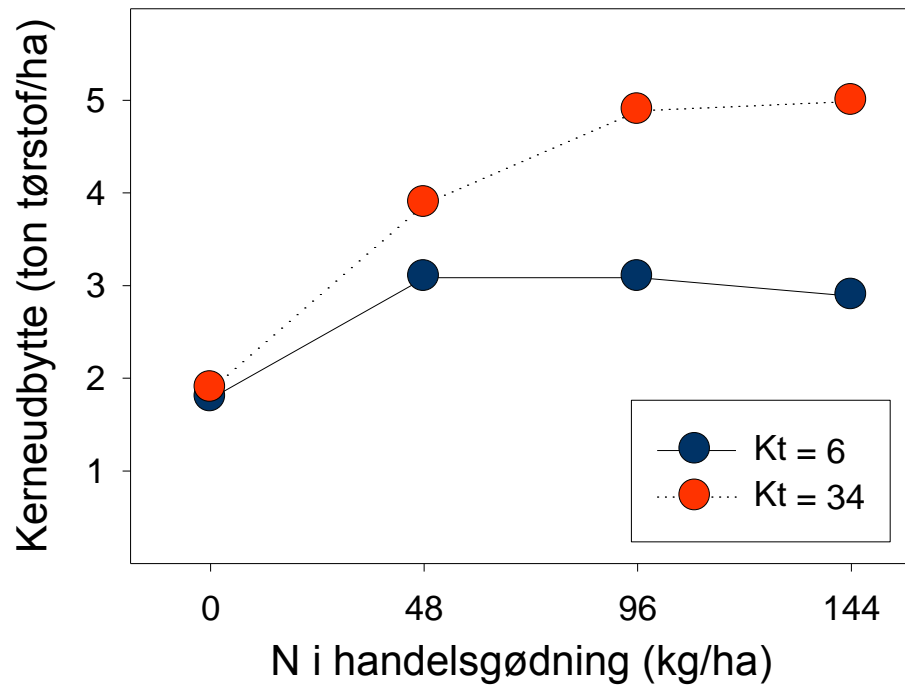
Pløjelaget indeholder 30–60 tons K pr. ha, men størstedelen er bundet i tungtopløselige mineraler. Der er størst risiko for mangel på sand og humusjorde, da de er dårligst til at fastholde det plantetilgængelige kalium.

Tommelfingerreglen der siger, at én enhed i Kt svarer til 25 kg kalium pr. ha passer ikke ved lave Kt.

Hvad sker der hvis planter mangler K?

- Væksten hæmmes
- Større følsomhed over for tørkestress
- Større følsomhed over for frostskaade
- Større modtagelighed over for svampeangreb
- Øget tendens til lejesæd
- Formindsket udnyttelse af N

Dårlig udnyttelse af N hvis K mangler



De langvarige gødningsforsøg, Rothamsted, England

Forskel på afgrøders følsomhed over for lave kalital

Enkimbladede afgrøder har bedre evne til at udnytte jordens K end to-kiembladede. Derfor responderer korn og græsser sjældent på K-tilførsel. Der er dog forskelle inden for grupperne og mellem sorter.

Meget følsom	Kløver
Følsom	Ært, hestebønne
Middel	Hvede
Ret hårdfør	Vårbyg, havre, lupin
Hårdfør	Rajgræs, rug



Det kritiske Kt afhænger af jordtypen



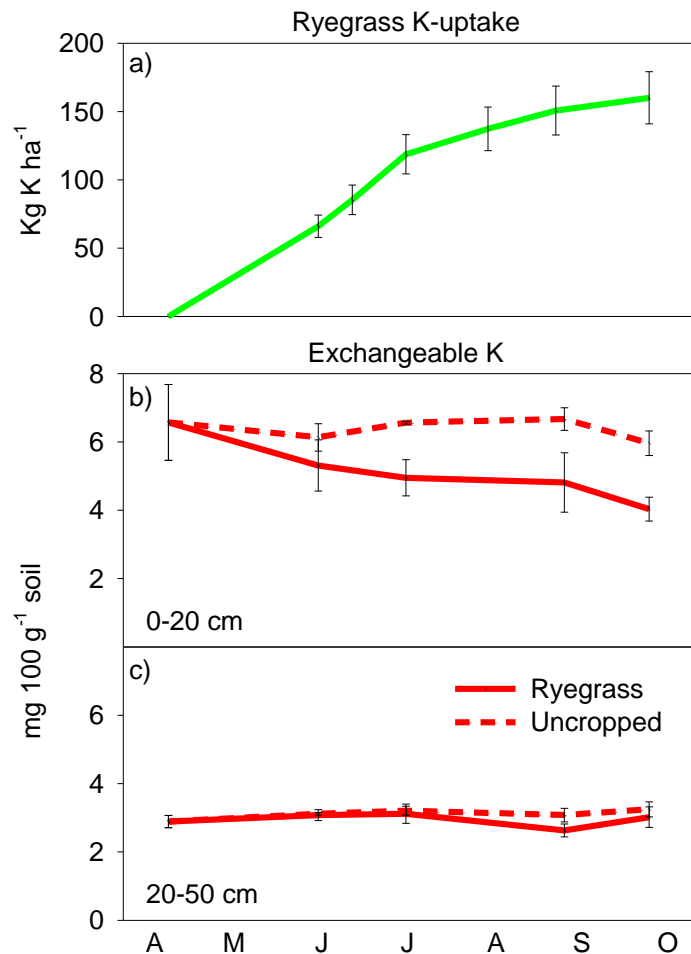
Skalaen giver et forsigtigt bud på det ”kritiske Kt” om foråret, **hvor hårdføre afgrøder som korn stadigvæk kan få dækket deres K-behov alene fra jordpuljen.** Det vil sige, at hvis kaliumtallet ligger over det kritiske niveau, vil kornet normalt ikke give merudbytte for tilførsel af kalium i gødning.

Især på lerjorde kan det kritiske niveau variere, fordi lerets mineralogiske sammensætning har stor betydning for, hvor meget kalium der frigives.

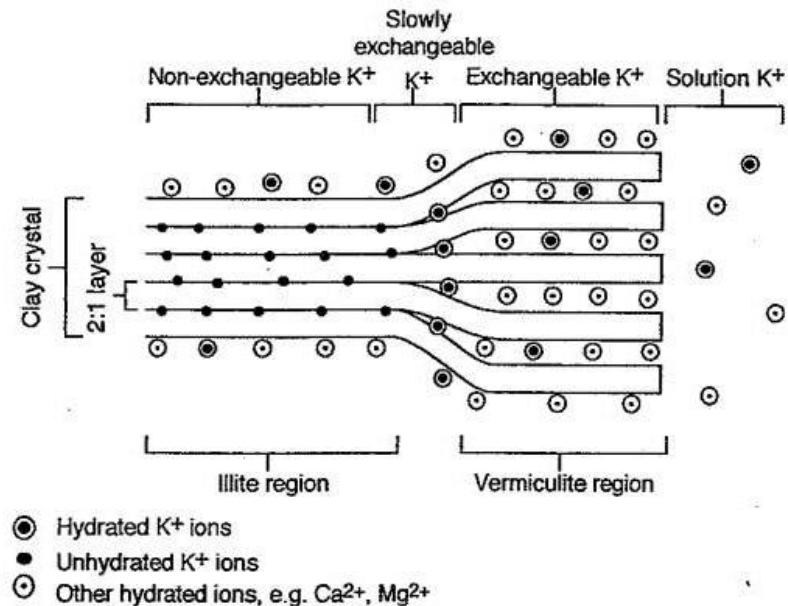
Askegaard 2013. Faktaark om kalium

www.landbrugsinfo.dk/oekologi/planteavl/goedskning/naeringsstoffer/sider/Faktaark_kalium.pdf

Sammenhæng mellem Kt og K-optagelse

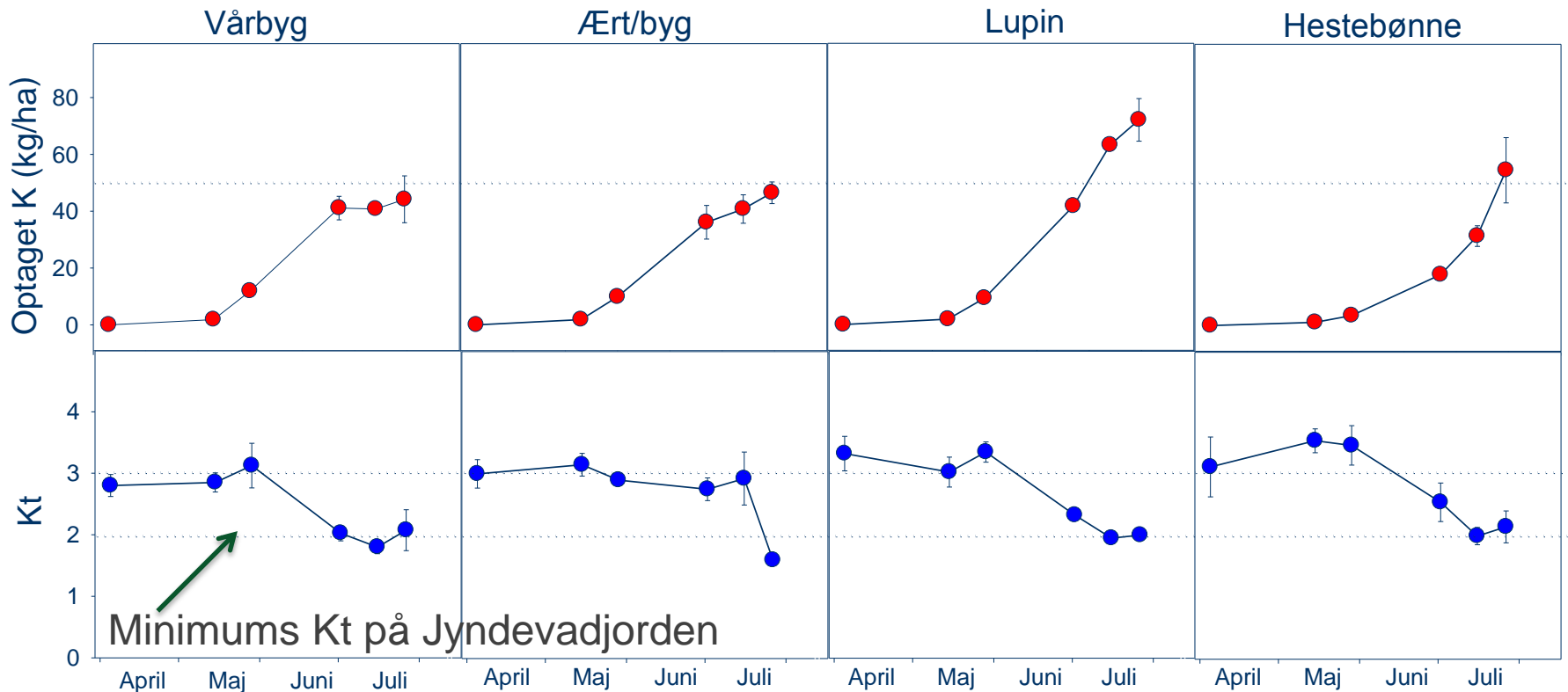


Kaliumoptagelse i rajgræs med fire slæt (a) og tilhørende Kt i rajgræs samt udyrket reference fra april til oktober (b). Foulum, JB4.



Askegaard & Eriksen. 2002. Exchangeable potassium in soil as indicator of potassium status in an organic crop rotation on loamy sand. *Soil Use and Management*, 18, 84-90.

Sammenhæng mellem Kt og K-optagelse (JY, JB1)



Udvaskning af kalium

Grovsandet jord:

20–60 kg K pr. ha pr. år afhængig af kalital (efterladt plantetilgængeligt kalium i jorden) om efteråret, når udvaskningssæsonen starter. En stor del af det kalium, der findes i snittet halm på marken, vil udvaskes, hvis Kt er højere end 3 om efteråret. Efterafgrøder mindsker K-udvaskningen, men ikke helt så effektivt som de mindsker N-udvaskningen.

Lerblandet sandjord:

2–30 kg K pr. ha. pr. år afhængig af tidligere og aktuel K-tilførsel.

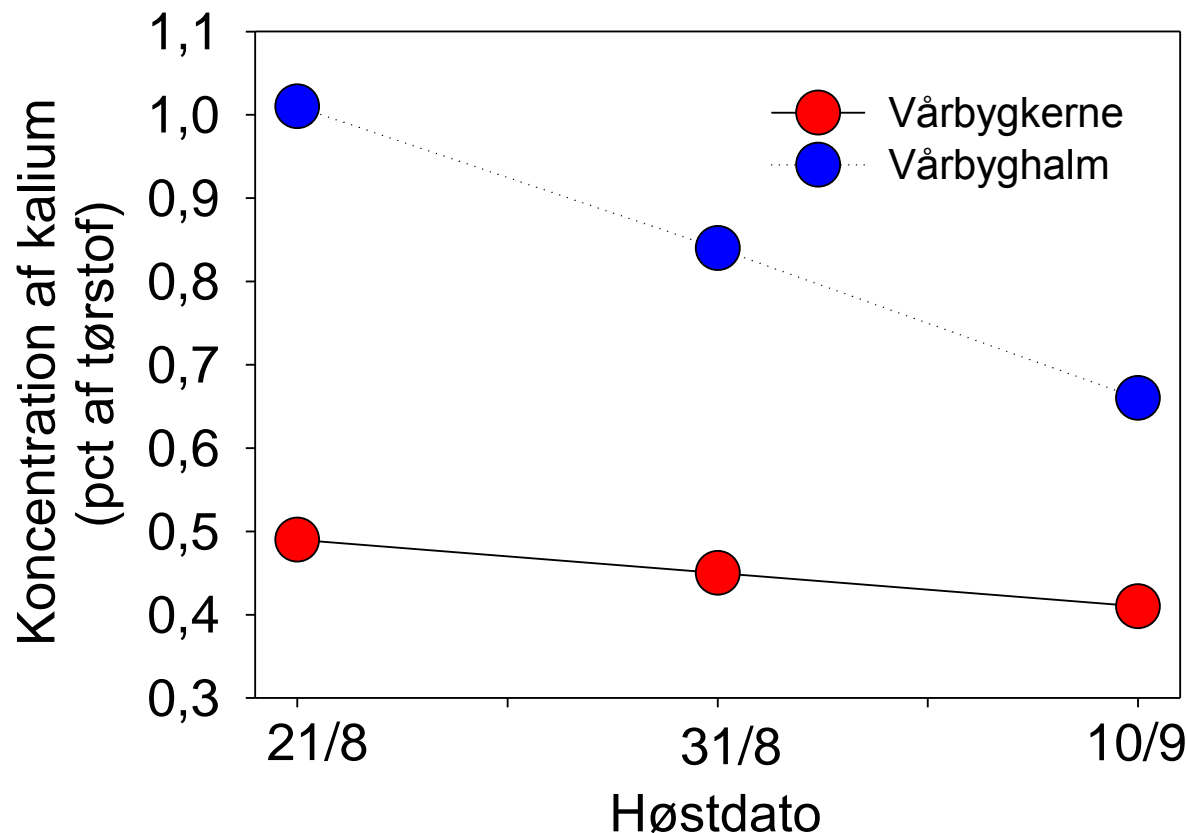
Lerjord:

Omkring 1 kg K pr. 100 mm afdræning pr. år. Det vil sige, at tabet gennem udvaskning er begrænset til nogle få kilo.

Indhold og bortførsel af kalium (K) i høstet korn, frø, halm og kartofler

		Pct. K i tørsstof ¹⁾	Omregnet til K i handelsvare		Normaludbytte (ton pr. ha)	Bortførsel (kg K pr. ha)		
						-25 pct.	Normaludbytte	+25 pct.
Korn	Kerne	0,5	4,3	Kg pr. ton	4	13	17	21
	Halm	1,3	11,0		2,2	18	24	30
Markært	Frø	1,1	9,4		3,5	25	33	41
Hestebønne	Frø	1,2	10		4	31	41	51
Lupin	Frø	1,4	12		3	27	36	45
Kløver	Frø	1,2	1,1	kg pr. hkg	0,25	2	3	3
Rajgræs	Frø	0,8	0,7		1,0	5	7	9
	Halm	2,5	21	3	48	64	80	
Vinterraps	Frø	1,5	14	kg pr. ton	2,5	26	34	43
	Halm	1,6	14		2,2	22	30	37
Spisekart.	Knolde	2,0	6		20	60	80	100

K-koncentrationerne falder ved udsat høsttid



Askegaard 2013. Faktaark om kalium

www.landbrugsinfo.dk/oekologi/planteavl/goedskning/naeringsstoffer/sider/Faktaark_kalium.pdf

Indhold og bortførelse af kalium (K) i høstet kløvergræs, lucerne og majs

	Pct. K i tørst of ¹⁾	Omregnet til kg K pr. 1000 fe	Normaludbytte (1000 fe pr. ha)	Bortførelse (kg K pr. ha)		
				-25 pct.	Normaludbytte	+25 pct.
Kløvergræs (30–50 pct. kløver)	2,8	35	8	208	278	347
Kløvergræs (over 50 pct. kløver)	3,0	37	8	220	293	366
Lucerne	3,1	40	8	242	322	403
Silomajs	1,2	14	8	84	112	140

Askegaard 2013. Faktaark om kalium

www.landbrugsinfo.dk/oekologi/planteavl/goedskning/naeringsstoffer/sider/Faktaark_kalium.pdf

Oversigt over næringsstofindhold i gødninger. Tallene er eksempler, og de kan derfor variere afhængig af leverandør, staldsystem og husdyrgruppe.

Produkt	Totalkvælstof (N)	Fosfor (P)	Kalium (K)	Svovl (S)	Magnesium (Mg)
	Kg pr. ton				
Patent kali	-	-	249	180	60
Kaliumvinasse	4	-	375	200	-
Vinasse (flydende)	32	-	65	18	-
Protamylasse	18	5	55	8	4
Komposteret haveparkaffald	5,4	1,5	27	4	1,1
Biogrow	100	30	10	-	-
Kartoffelfrugtsaft	1	0,3	3,6	0,6	0,17
Slagtekyllingedybstrøelse	16,3	6,5	12	-	-
Kvægdybstrøelse	9,4	1,5	11,1	-	-
Kvæggylle	5,6	0,9	5,2	0,5	0,5
Slagtesvinegylle	4,9	1,1	2,6	0,4	0,3