



Institut for Jordbrug og Økologi



Jordens næringsstofressourcer

- i økologisk jordbrug efter
udfasning af konventionel husdyrgødning



Lars Stoumann Jensen
Professor (mso)
Jordfrugtbarhed, Planteernæring,
Husdyrgødnings- og Affaldsanvendelse



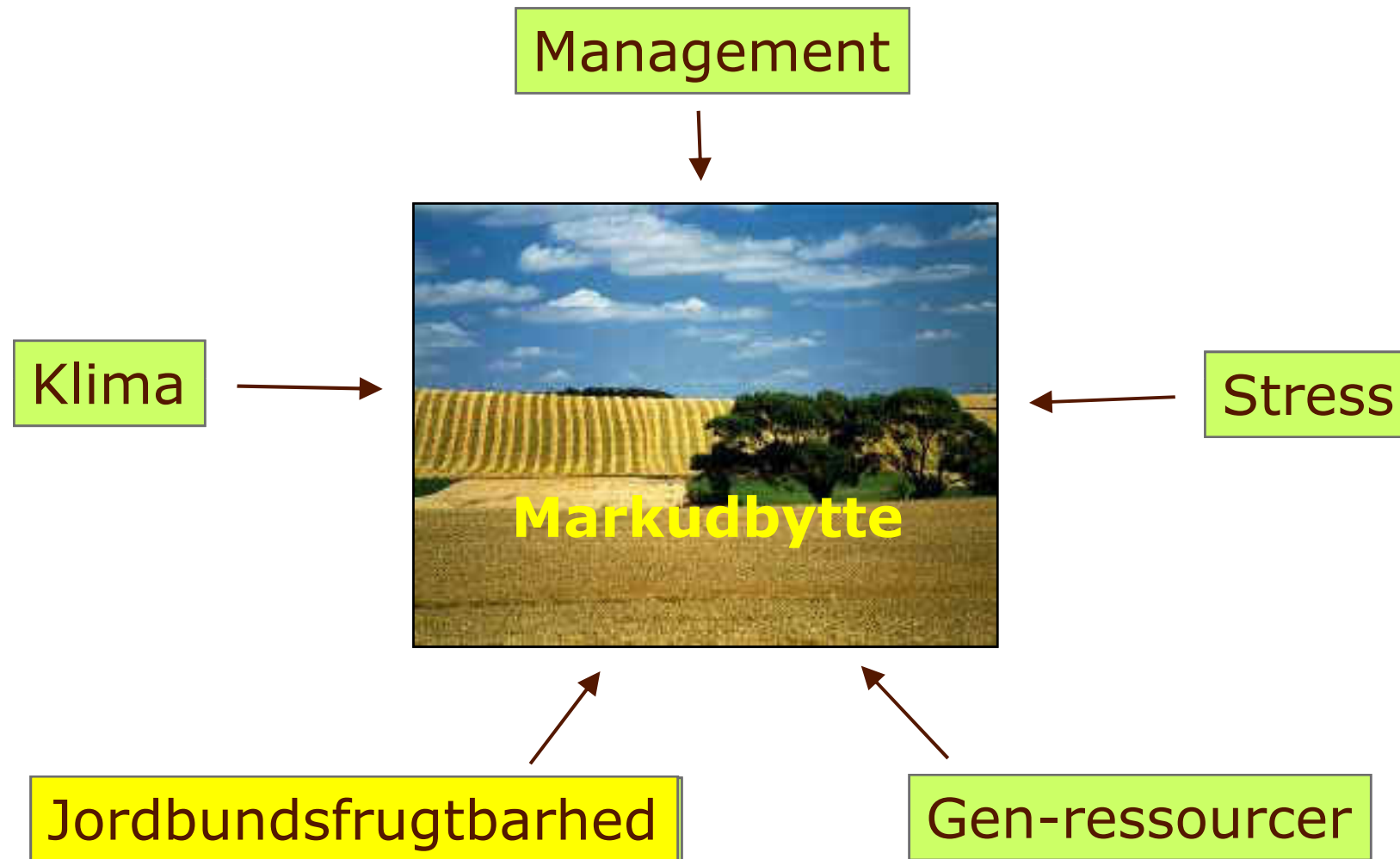
Hvad vil jeg fortælle om....



- Jordens frugtbarhed?
 - Planteproduktivitet og frugtbarhed
 - Hvad kan vi påvirke?
 - Hvor meget betyder det organiske stof?
- Jorden indeholder en masse næringsstoffer
 - Hvilke næringsstoffer kan frigives fra jorden?
 - Hvordan får vi fat i de mindre tilgængelige næringsstoffer i jorden?
 - Kan vi anvende nogle alternative kilder?
 - Hvad sker der hvis vi udpiner jorden?
- Spørgsmål & diskussion



Planteproduktivitet



Jordens frugtbarhed?

- hvad mener vi og hvilke faktorer påvirker det...

Naturgivne faktorer:

Tekstur

Mineralogi

Definition:

Jordens evne til at virke som vækstmedie for planter, inklusiv dens egen evne til at forsyne plantevæksten med de nødvendige nærings-stoffer i tilstrækkelige mængder og i passende indbyrdes forhold

Påvirkelige faktorer:

Vandstatus

Reaktionstal (pH)

Næringsstofindhold

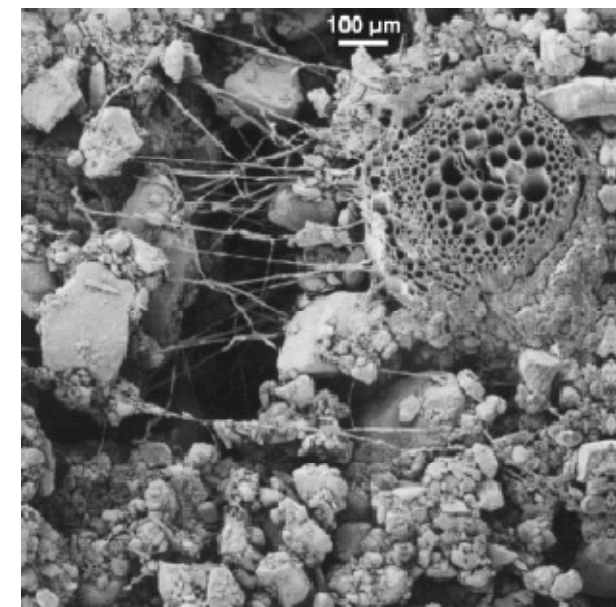
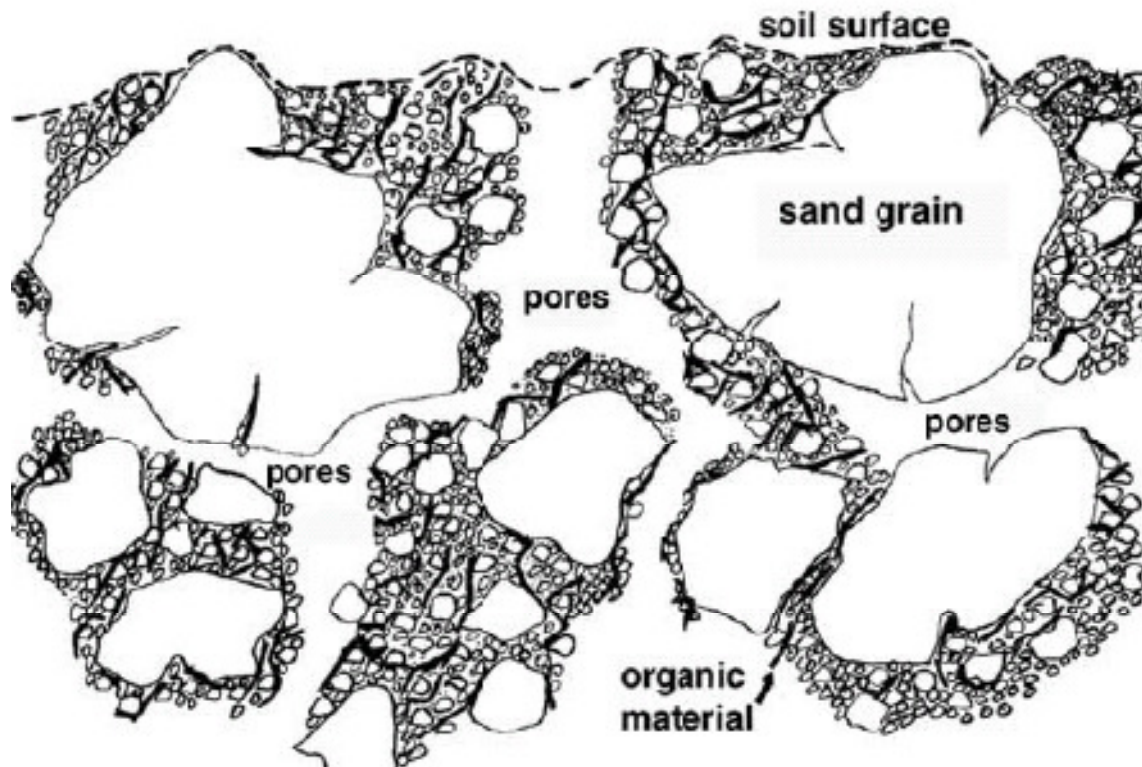
Humus / org. stof



Betydningen af organisk materiale for jordens frugtbarhed og kvalitet

Betydning for fysiske egenskaber

- Aggregatdannelse, jordstruktur
- Indflydelse på vandholdende evne
- Indflydelse på beluftning og temperatur



Betydningen af organisk materiale for jordens frugtbarhed og kvalitet

Betydning for fysiske egenskaber

- Aggregatdannelse, jordstruktur
- Indflydelse på vandholdende evne
- Indflydelse på beluftning og temperatur

Betydning for kemiske egenskaber

- Binding og frigivelse af næringsstoffer
- Kationbytningskapacitet
- Virker som pH buffer
- Tilgængelighed af mikronæringsstoffer
- Filtrering

Betydning for biologiske egenskaber

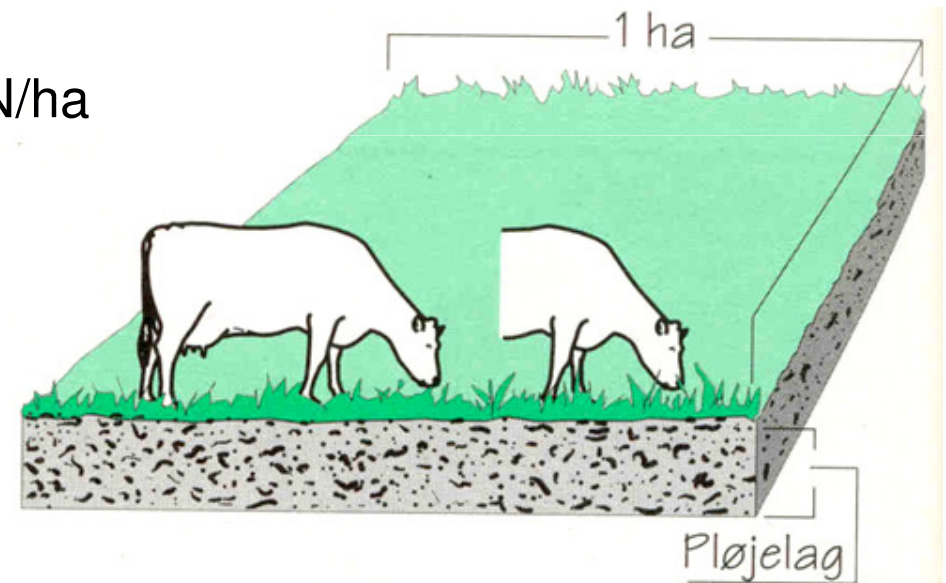
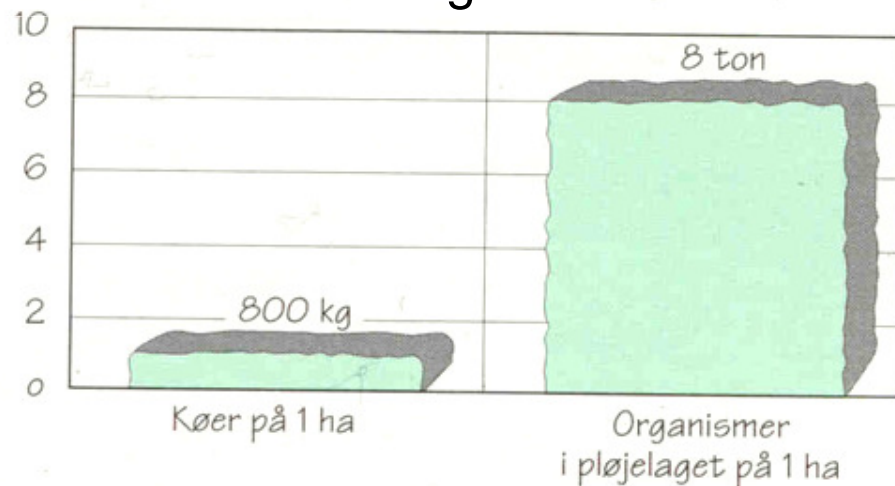
- Energi til mikroorganismer og nedbrydere
- Frigivelse af organisk bundet N, P, S
- Rodudvikling



Jordens frugtbarhed - den biologisk aktive jord...?

Der er flere "husdyr" under end over jordoverfladen!
typisk mere end 10-20 X større mikrobiel biomasse end
husdyr biomasse på en græsmark.

- ◆ 8-16 t/ha = 2-4 t ts/ha
= 900-1800 kg C/ha = 150-300 kg N/ha



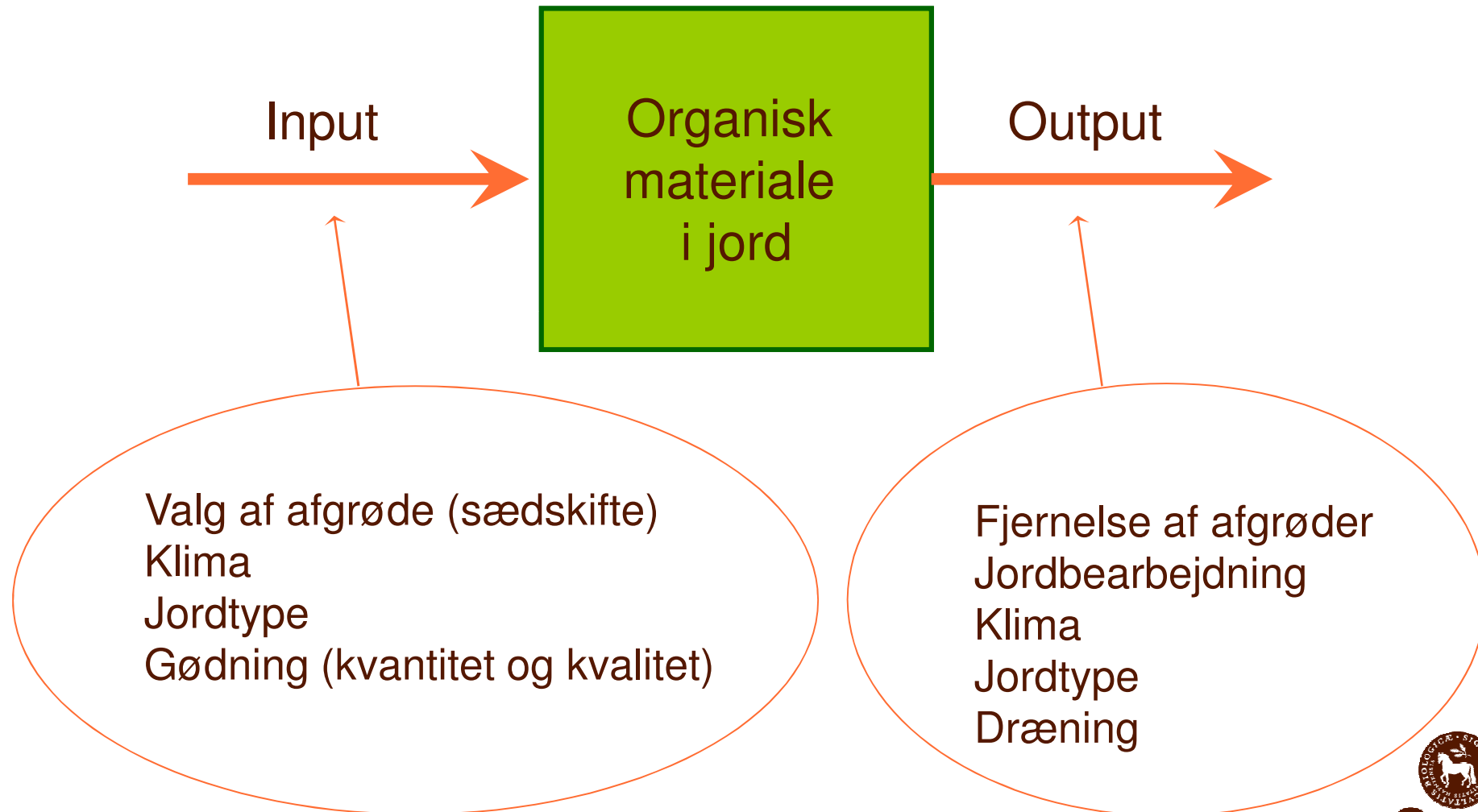
Hvorfor er det vigtigt at opretholde indholdet af organisk stof i jord

- Organisk materiale hjælper med at opretholde en række af jordens funktioner så som frugtbarhed, filtreringsevne, potentiale for nedbrydning af organisk stof og fremmedstoffer, evne til at undgå erosion o.s.v.
- Der er bundet C i det organiske materiale, og dermed bindes det så det ikke udledes som CO_2



Jordens indhold af organisk materiale

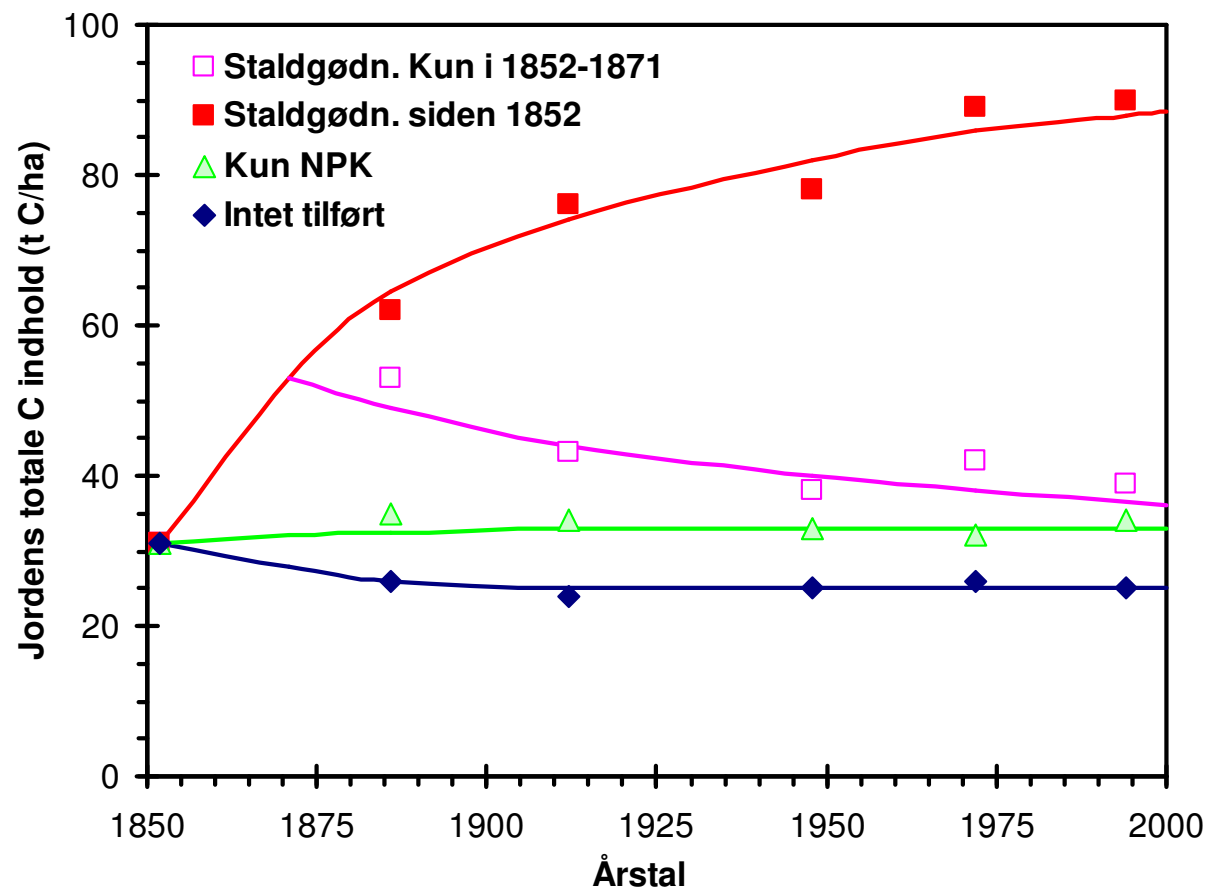
- en balance mellem input og output....



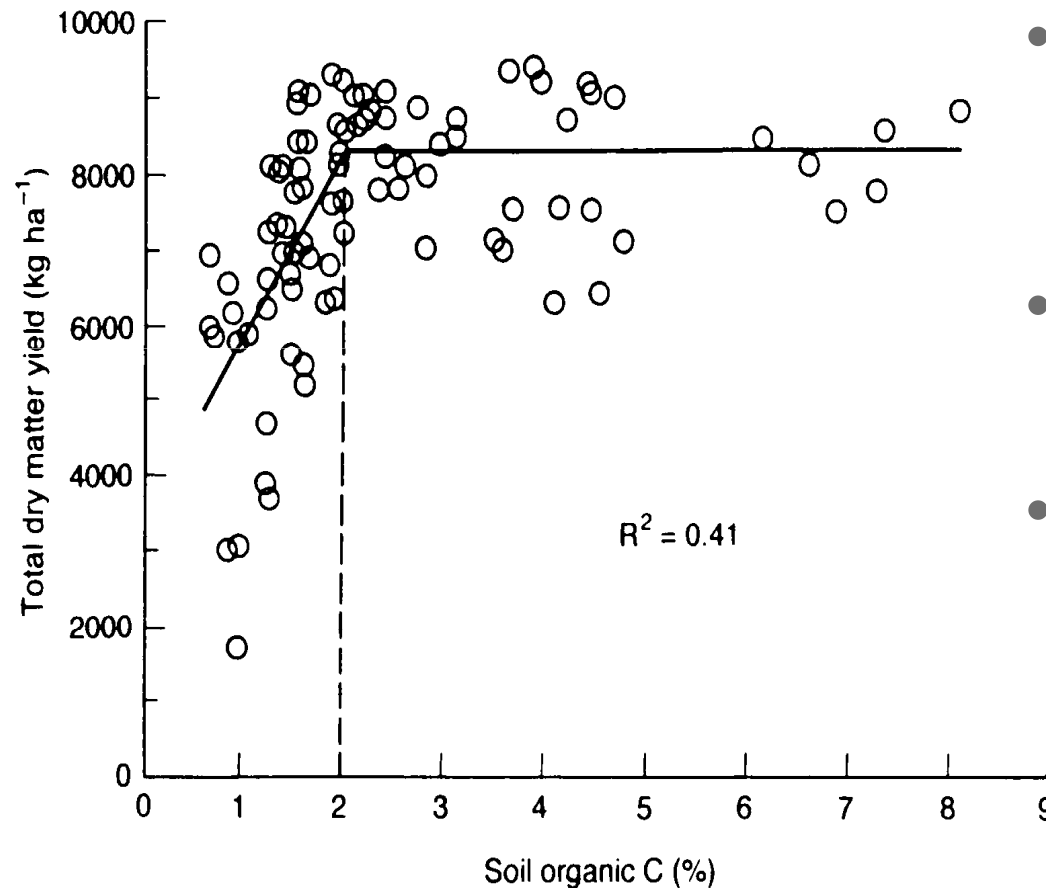
Indholdet af organisk stof i jord ændrer sig relativt langsomt

Broadbalk vedvarende hvedeforsøg 1852-2000

(Rothamsted Exp. Station, UK, jordtype: 25% ler, 57% silt.)



Hvor lavt kan det organiske stof kan blive før jordens frugtbarhed reduceres kraftigt?



- En tærskelværdi ville angive det C indhold hvorunder det potentielle udbytte falder
- Meget svært at fastsætte en kritisk grænse i de fleste tilfælde!
- Figuren viser et af de få studier hvor der kunne vises en kritisk grænse på ca. 2% C for en bestemt jordtype

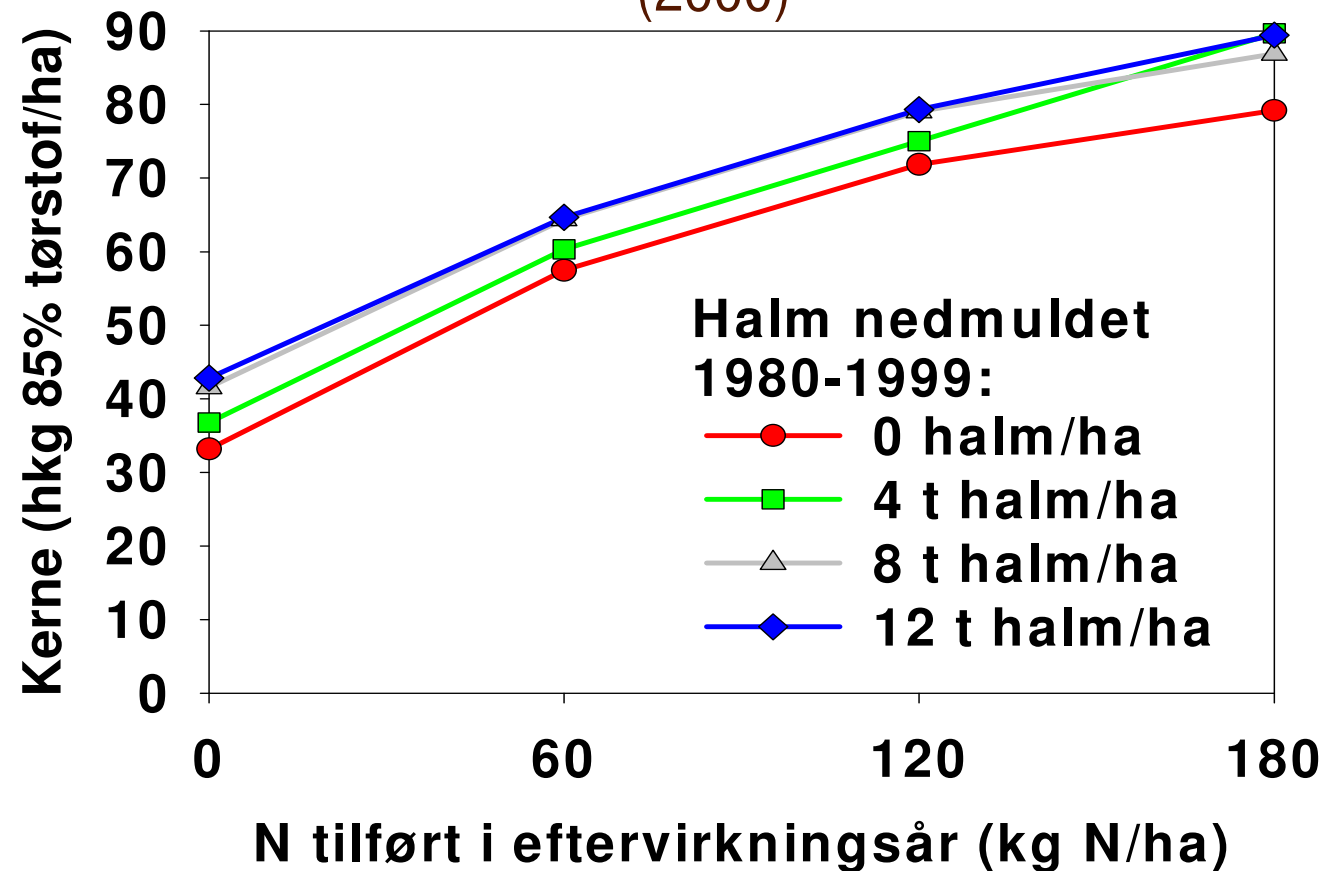
(H.H. Janzen et al., 1992)



Betydning af organisk materiale

- Effekten af halmnedbuldning

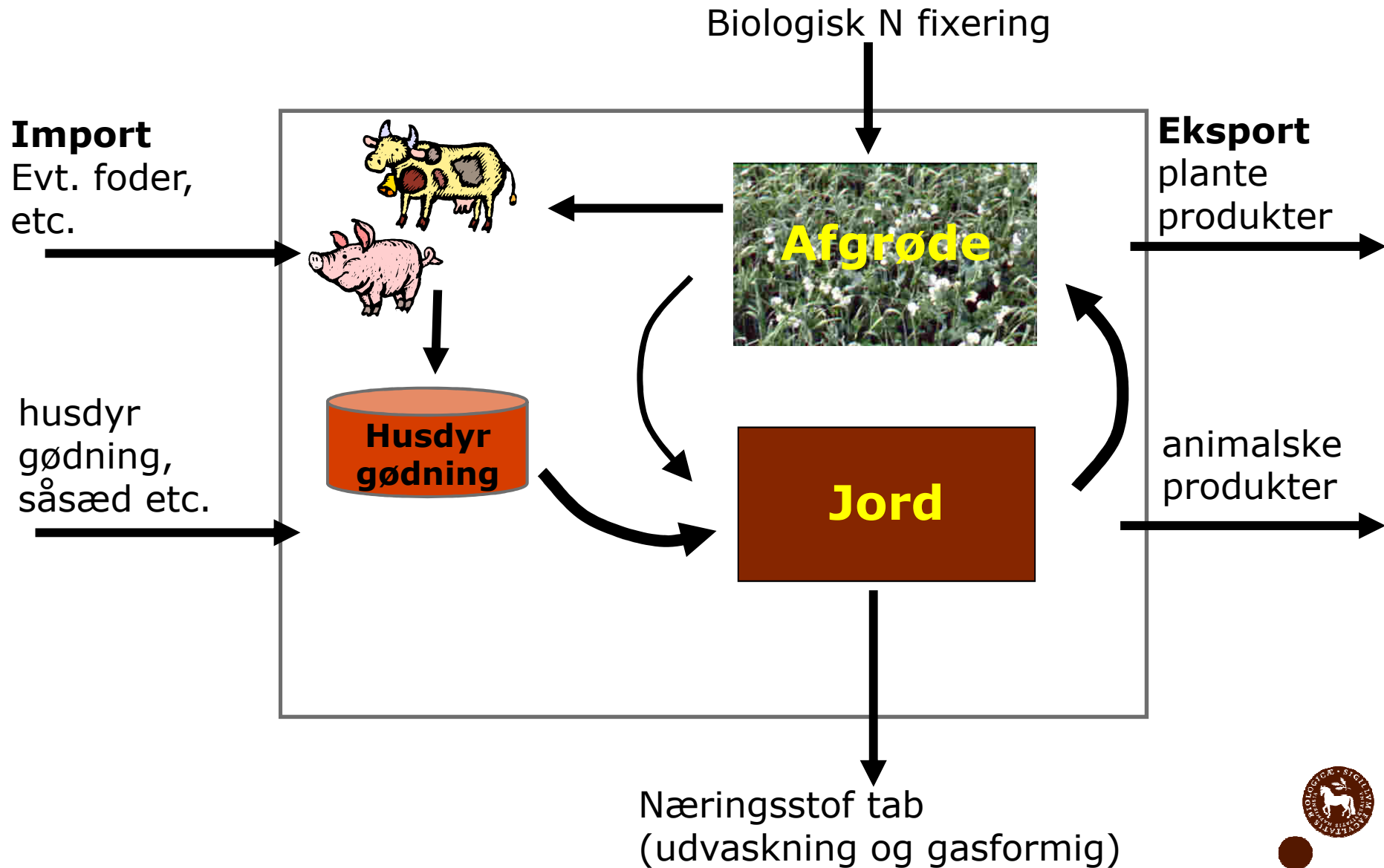
Vinterhvede, kerneudbytte
1. eftervirkningsår
(2000)



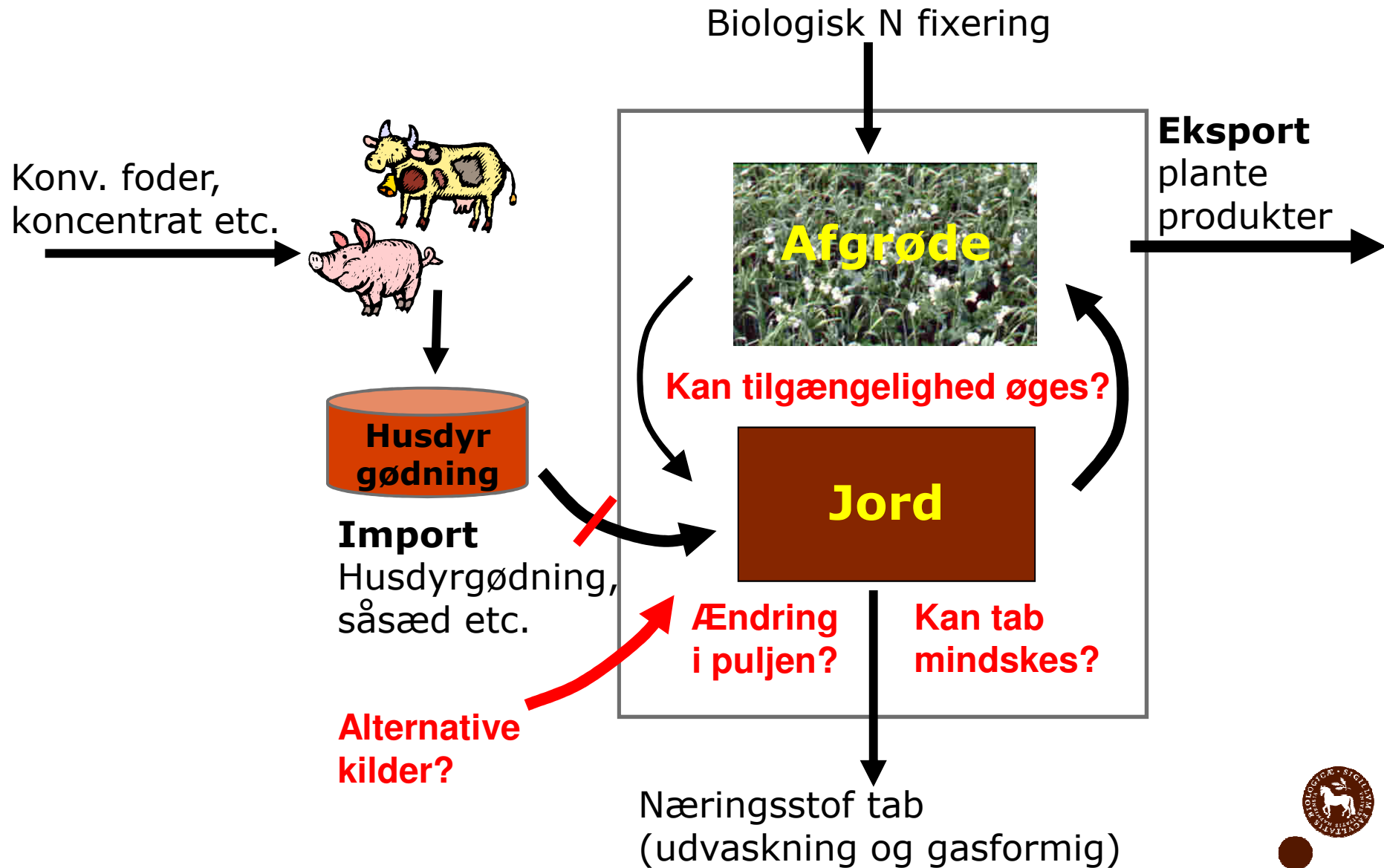
(Thomsen et al., 2003)



Næringsstof balancer



Næringsstof balancer - økoplanteavl



Hvordan er næringsstofferne kemi og biologi forskellig?

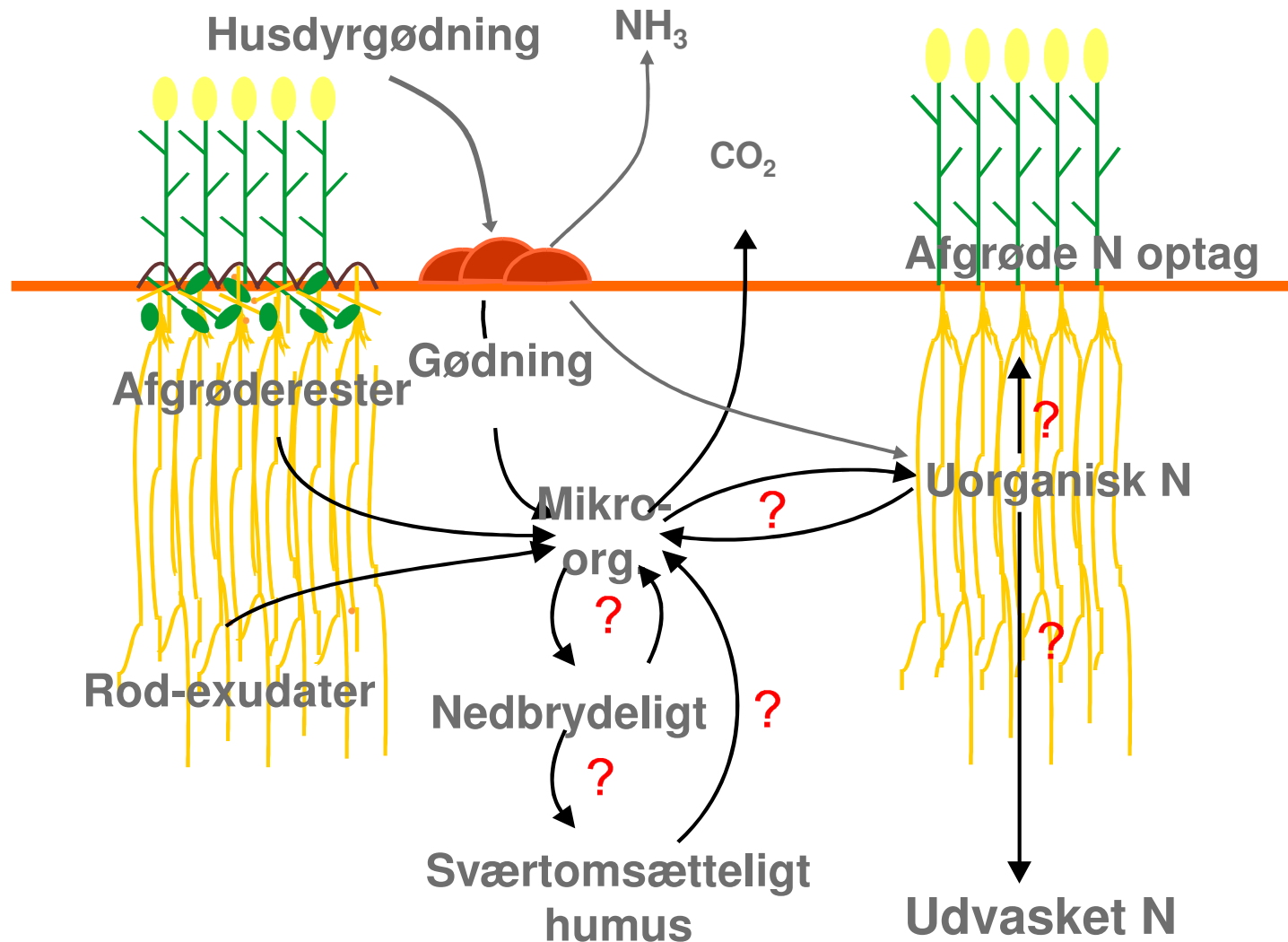
Kvælstof (N) og svovl (S) er bundet i organisk stof

- Biologisk omsætning af jordens organiske stof og uorganiske puljer er derfor den altdominerende faktor
- Tilførsel af organisk materiale samt jordens temperatur, fugtighed, og luftskifte kontrollerer den biologiske aktivitet
- Plantetilgængelige former (ammonium, nitrat, sulfat) omdannes hurtigt i jorden under iltrige, varme og tilpas fugtige forhold – høj mobilitet
- **Udfordringen for økologisk jordbrug er ikke at få tilstrækkeligt plantetilgængeligt N, men at sikre N forsyningen uden at det indebærer store tab**



Omsætning af organisk bundet N

- mange komplicerede sammenhænge



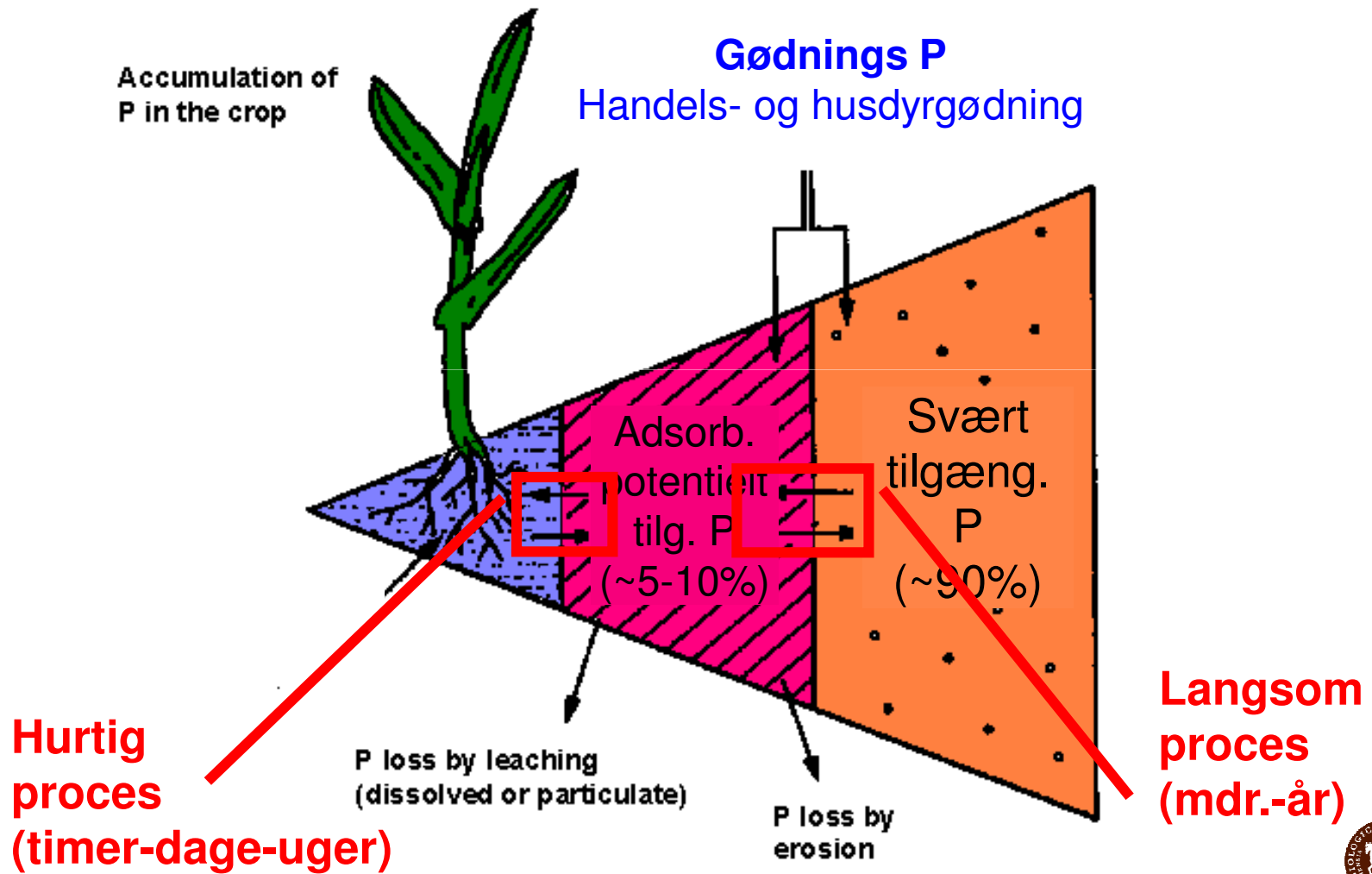
Hvordan er næringsstoffernes kemi og biologi forskellig?

Fosfor (P) findes både uorganisk og organisk bundet

- Fosfor på uorganisk form bindes relativt hårdt i jorden – lille mobilitet
- Koncentration i jordvæsken er ekstremt lav, mængden af opløst fosfor fornyes mere 50 gange på en vækstsæson
- Biologiske/kemiske processer, specielt i det rodnære miljø (rhizosfæren), er betydningsfulde for opløsning af P
- **Hovedudfordringen i økologisk jordbrug er at udvikle dyrkningsmetoder / afgrøder der er bedre i stand til at udnytte jordens sværttilgængelige P puljer**



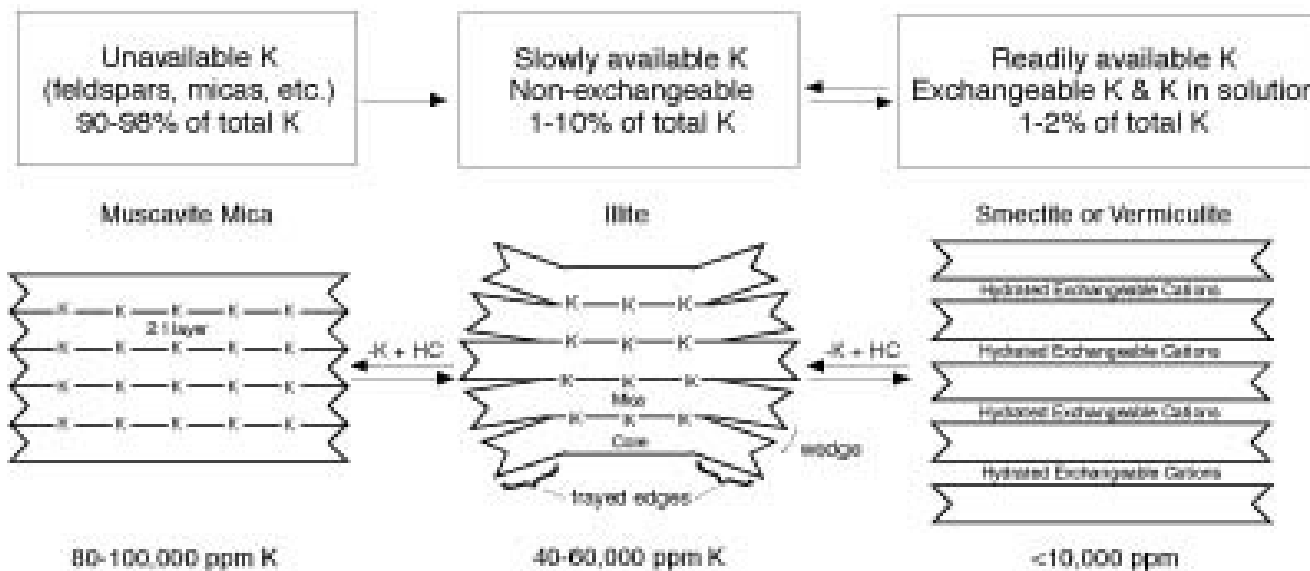
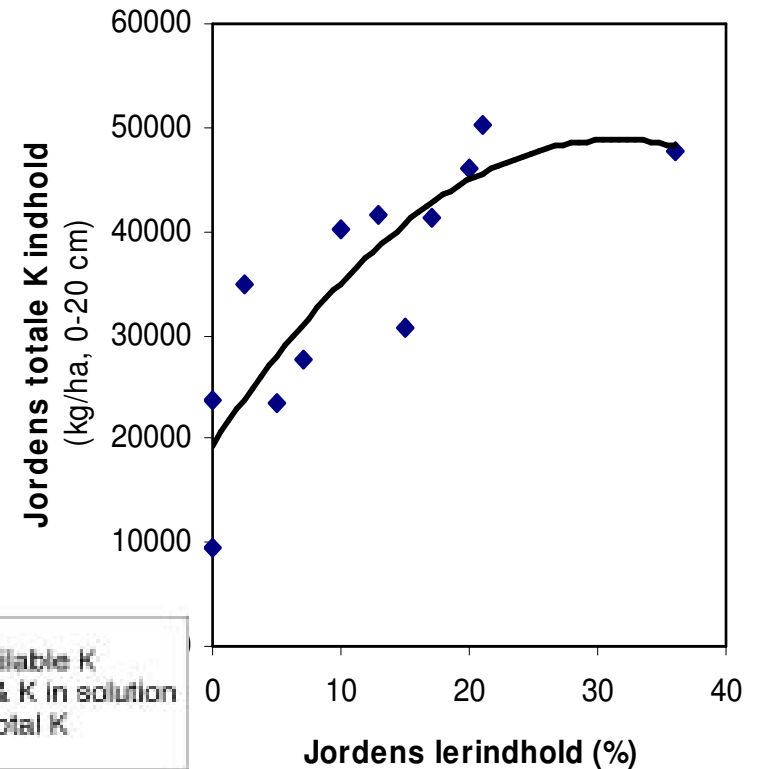
P puljer og ligevægte i jord – teori



Hvordan er næringsstoffernes kemi og biologi forskellig?

Kalium (K) findes kun på uorganisk form

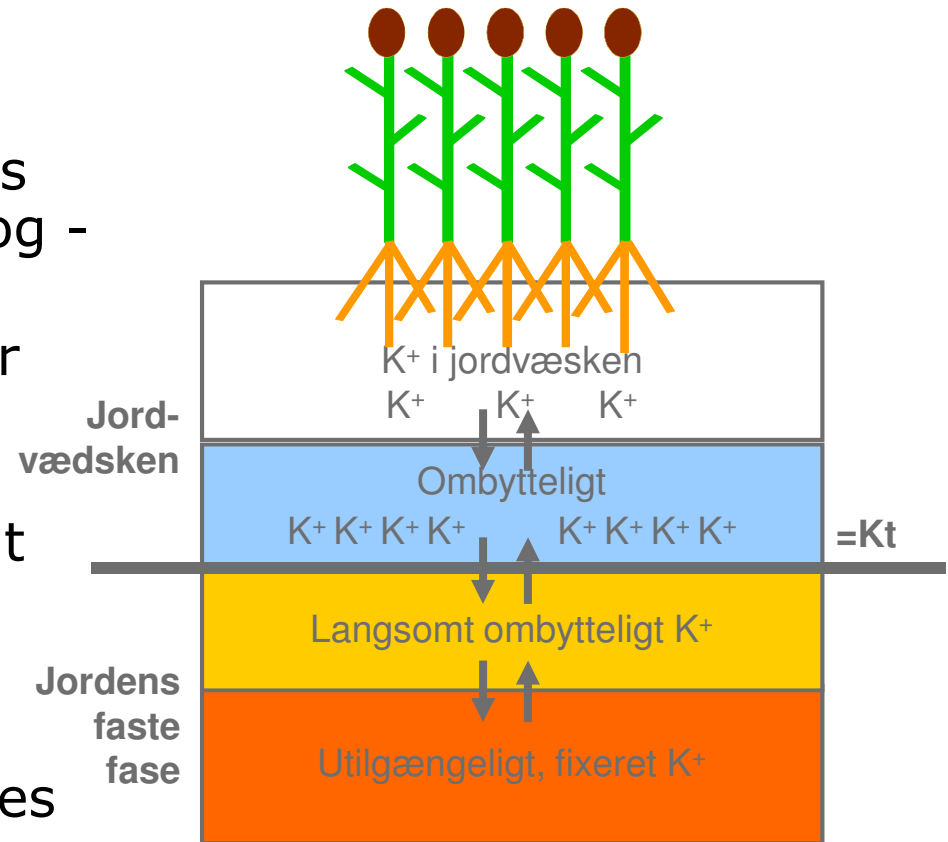
- Hovedsalig bestemt af jordens sammensætning (lerindhold og -mineralogi)
- Forvitring af lerminerallerne er vigtigste naturlige kilde



Hvordan er næringsstofferne kemi og biologi forskellig?

Kalium (K) findes kun på uorganisk form

- Hovedsaglig bestemt af jordens sammensætning (lerindhold og -mineralogi)
- Forvitring af lermineralerne er vigtigste naturlige kilde
- Biologisk omsætning i jorden betyder til gengæld meget lidt
- Jordens bufferevne er altafgørende for mængden af ombytteligt K
- K har middel mobilitet og tabes derfor i et vist omfang ved udvaskning, lettest på sandjord
- **Hovedudfordringen i økologisk jordbrug er at udvikle nye acceptable/rentable gødningskilder**



K kilder i økologisk jordbrug

- **Sten og mineraler:** biotit, phlogopit, muscovit og nephelin – grønsand (glaucanit). Indhold op til 5% K men kun 0.1% opløselig. Disse kan ikke forsyne afgrøden med tilstrækkelig K når behovet er højt.
- **Naturlige salte**, evt. formalet uden yderligere bearbejdning eller oprensning: K-Mg sulfat (langbeinit), K sulfat og K chlorid (Sylvinite). Opløselige (delvist) former af K. Kan indeholde forureninger og kan øge salinitet. Nogle er også en god S kilde.
- **Tang og søgræs** - højt saltindhold og kan indeholde forureninger.
- **Bioaske** - højt pH 9-13, stærkt basisk og kan indeholde uønskede tungmetaller, afh. af kilde.
- **Husdyrgødning og kompost** - K er på opløselig og plantetilgængelig form.

Skal der arbejdes på
at sikre et marked for
økologiske kilder?



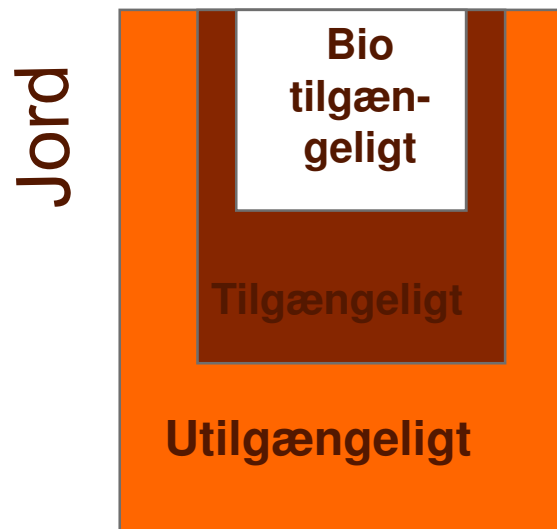
Hvordan er næringsstofferne kemi og biologi forskellig?

Mikronæringsstofferne (f.eks. Mn, Cu, B) findes overvejende på uorganisk form

- Forvitring af jordens mineraler og oxider er vigtigste naturlige kilde
- Jordens iltningstilstand og mængden af organiske ligander er de mest afgørende faktorer – meget lille mobilitet
- Biologisk omsætning i jorden kan derfor betyde noget både via opløst org. stof og via virkning på iltningstilstand
- Jordbearbejdning og -pakning kan have afgørende indflydelse på tilgængeligheden
- **Hovedudfordringen i økologisk jordbrug er at sikre den biologisk aktive jord samt god forståelse for specifikke mangler**



Hvad betyder et næringsstofs "biotilgængelighed" ?



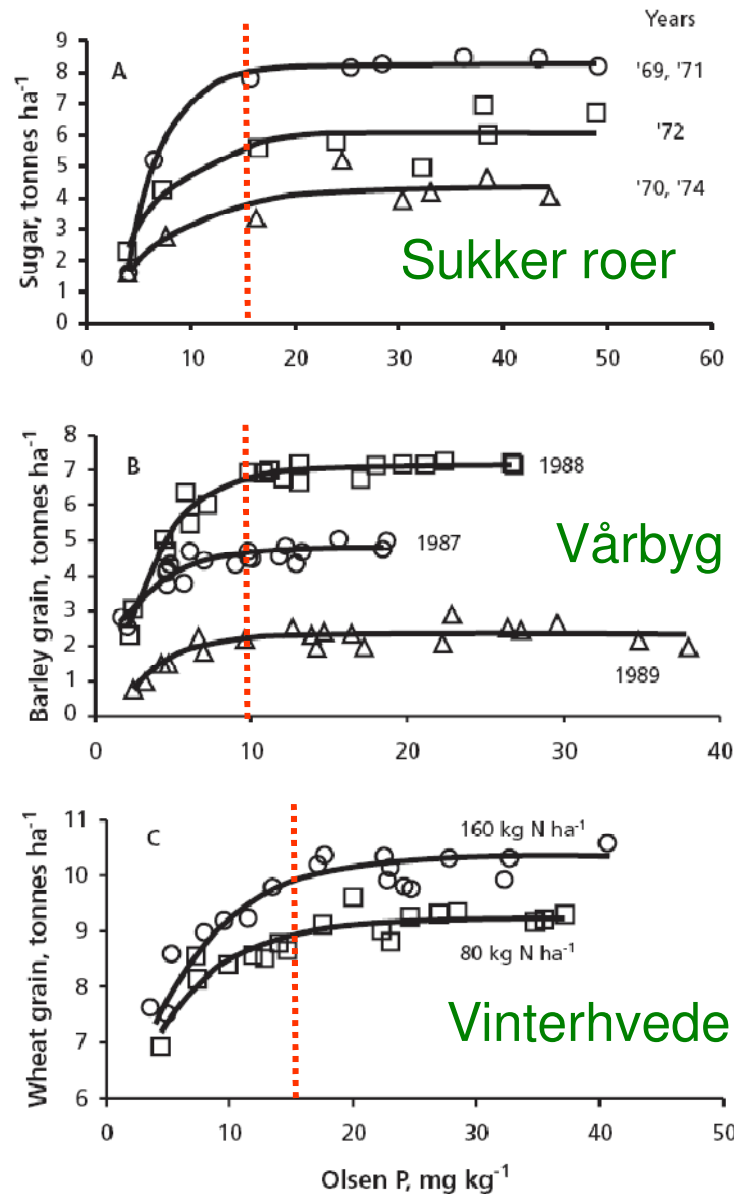
At det er plante-tilgængeligt og kan optages af en plante indenfor en vækstsæson.

Afhænger af:

- Almen tilgængelighed (analysetal)
- "Bevægelighed" (diffusion og jordvand)
- Afgrødens rodudvikling (**rodtype, rodhårddannelse og vækstsæsonens længde**)



Tærskelværdien for Pt



Kan også være sortsspecifik

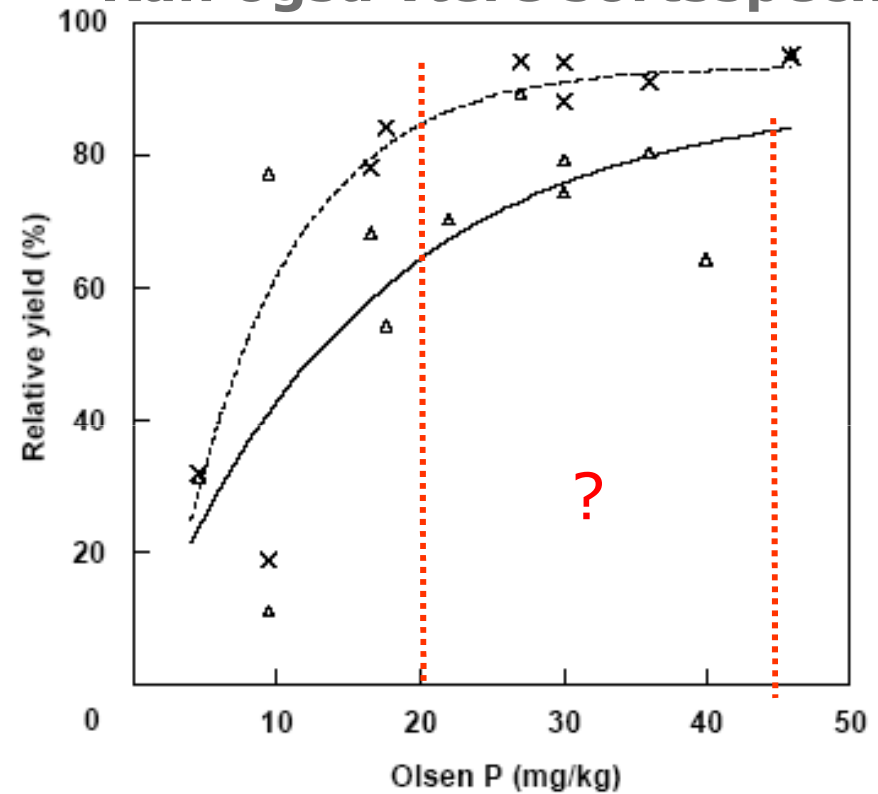


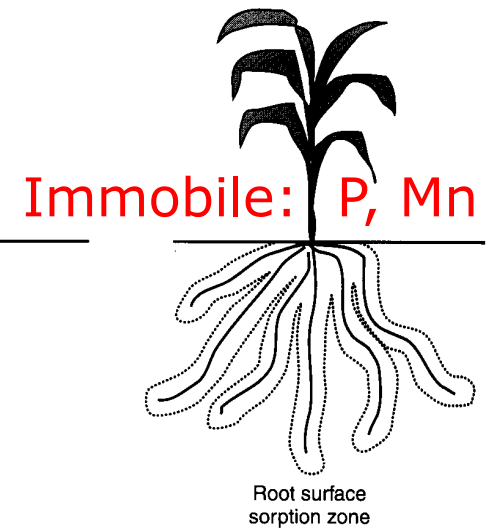
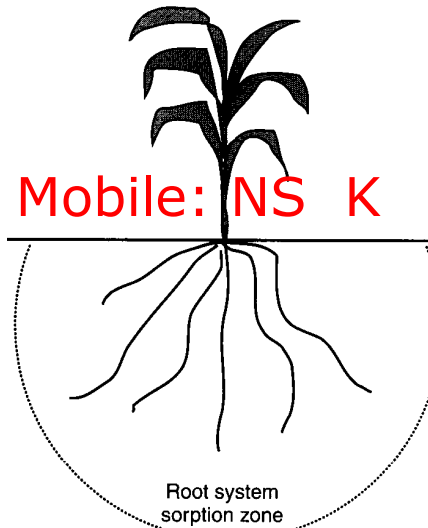
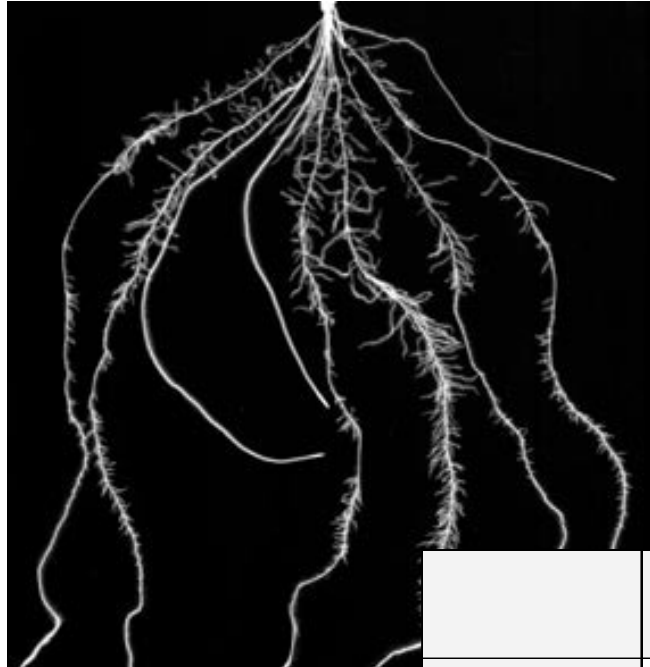
Figure 1. Effect of Olsen P on the relative yields of cvv. Russet Burbank (Δ) and Kennebec (x). Regression equations for relative

Freeman et al. (1998).

(Johnston 2005)



Rodtæthed og næringsstofoptagelse



	Plantealder (dage)	Jorddybde (cm)	Rodtæthed (km m ⁻³)
Majs	100	0-15	77
		15-30	27
		30-60	6
		60-90	1
Byg	90	0-20	82
		20-40	19
		40-60	12
		60-80	2
		80-100	0,1

Næringsstoffernes biotilgængelighed

Biotilgængelighed i % af tilgængeligt næringsstof

Næringsstof	Vand-indhold*	Rodlængde (km rod pr.m ³ jord)		
		< Middel (10)	> Middel (50)	Høj (100)
NO₃-N	høj	100%	100%	100%
	lav	43%	100%	100%
K, Na, NH₄-N	høj	66%	100%	100%
	lav	8%	38%	76%
Ca, Mg	høj	10%	50%	100%
	lav	3%	13%	26%
P, Mn,	høj	3%	16%	31%
	lav	2%	8%	15%
Fe, Cu	høj	2%	8%	17%
	lav	1%	6%	13%

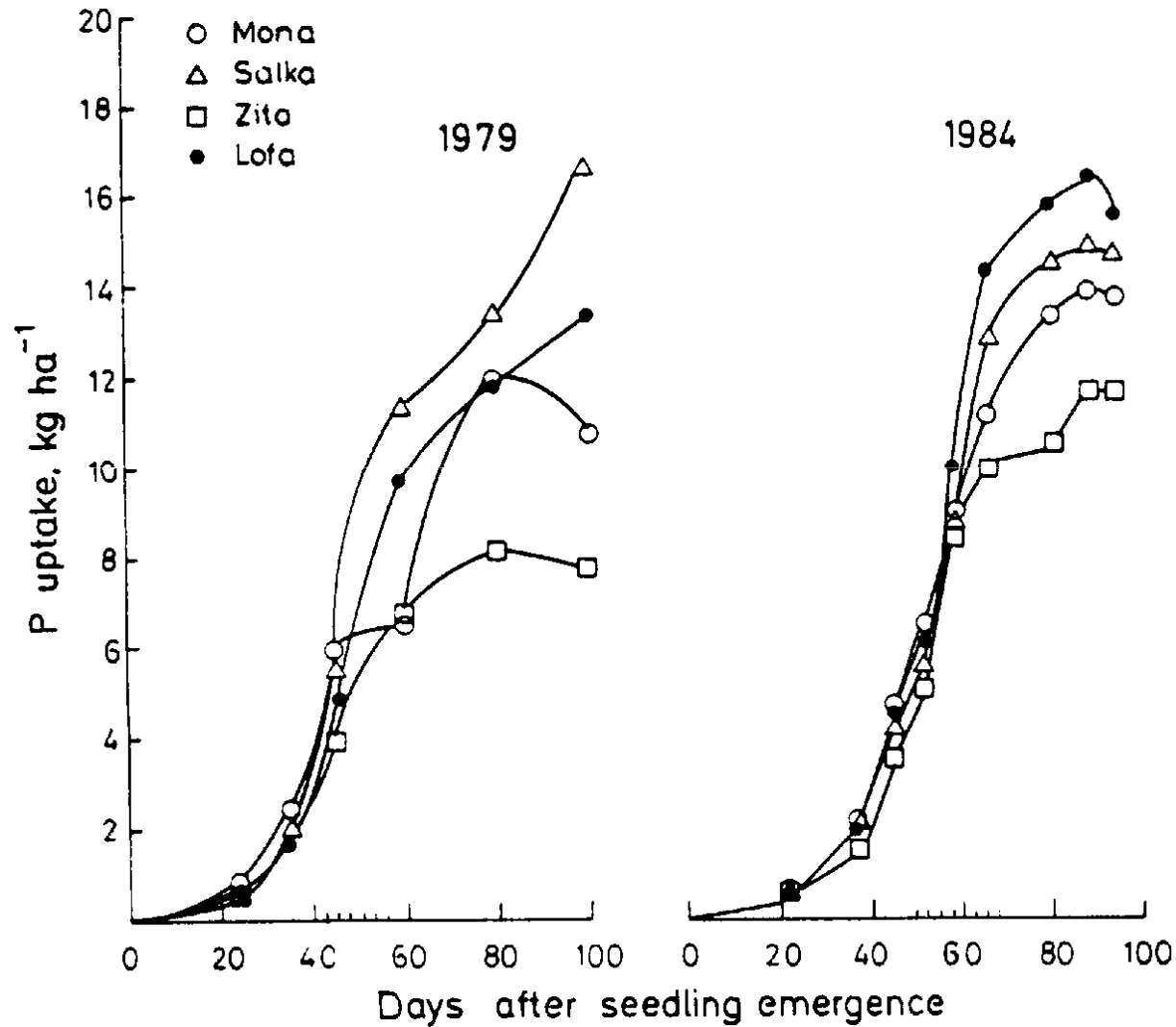
*høj: markkapacitet (40 vol%)

*lav: visnegrænsen (15 vol%)

(Nielsen, 1997)



Sortsforskelle i P optagelsesevne



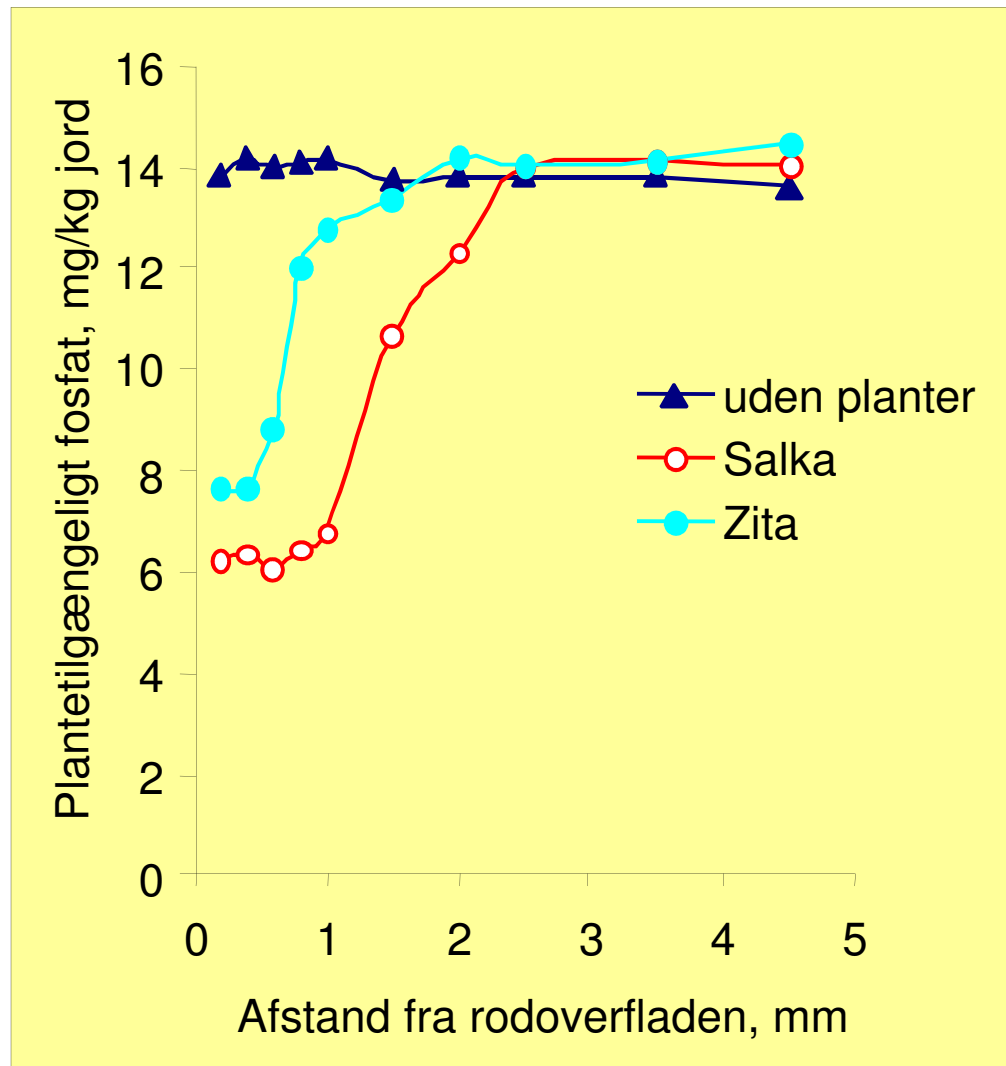
Hvad skyldes det ?
Forskelle i:

- Rodtæthed?
- Roddybde?
- Rodhår?
- Mycorrhiza?
- Rodexudater?

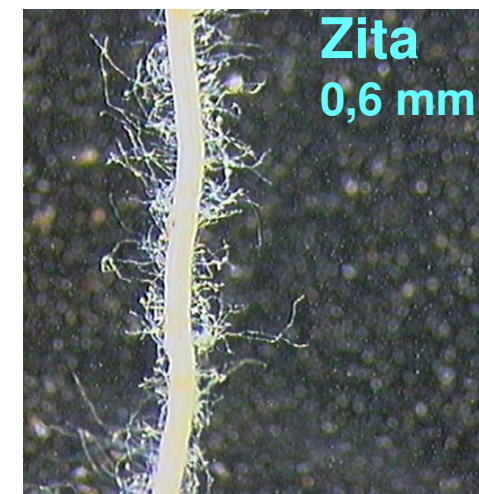
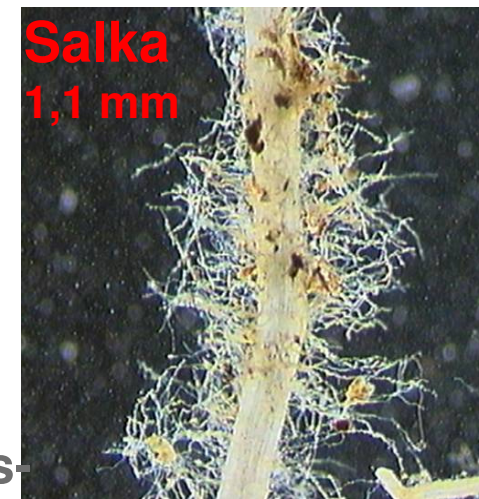
(Schjørring and Nielsen, 1987. Forsøg udført på Udpiningsmarken, uden P tilførsel i 20 år)



Rodhår og udnyttelse af plantetilgængeligt P



Rodhårs-
længde
i jord



P tilførsel gør rod hår kortere

Salka

Zita

Ingen P i 30 år,
(0.45 mmole kg⁻¹
(Olsen-P)



10 kg P ha⁻¹



20 kg P ha⁻¹



Gahoonia et al, 1999



Gælder også for K

- Lav Kt fremmer rodhårslængde & -tæthed

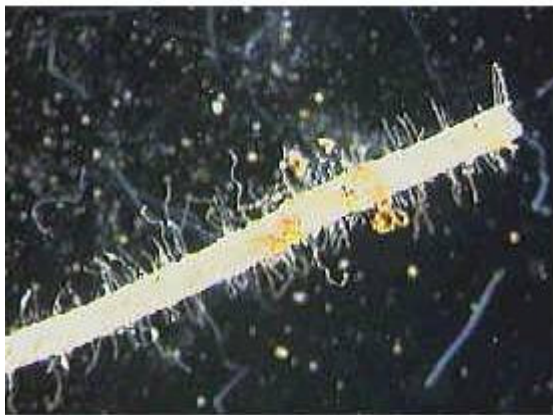
Moderat K (Kt 5,3)

Lav K (Kt 2,4)

Rug



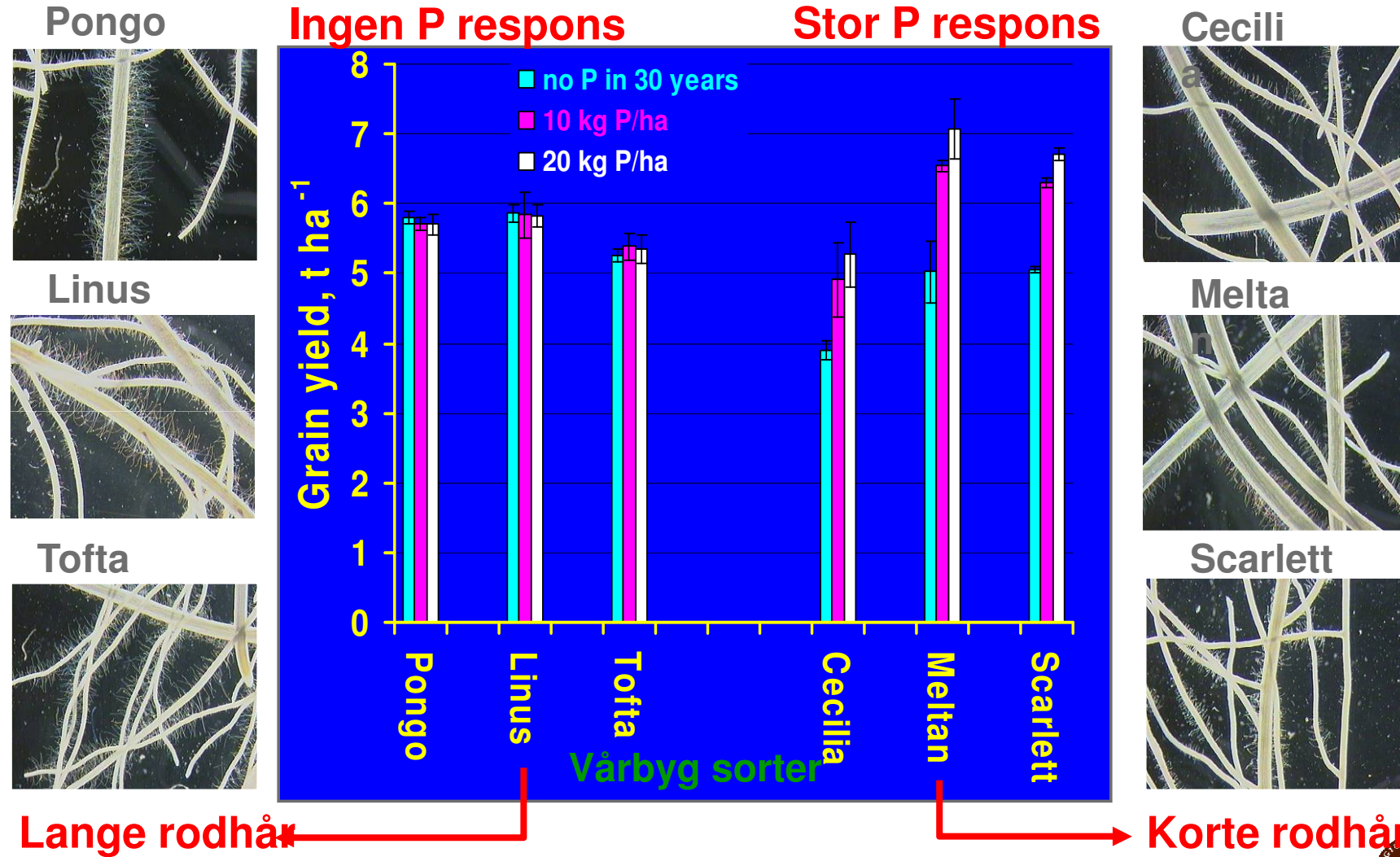
Byg



M. B. Pedersen (2000)



Rodhår og P respons



(KVL's "Udpiningsmarken" markforsøg,
0 P i >30 år: Pt=1,1 10/20 P i sidste 6 år)

(Gahoonia & Nielsen 2001)

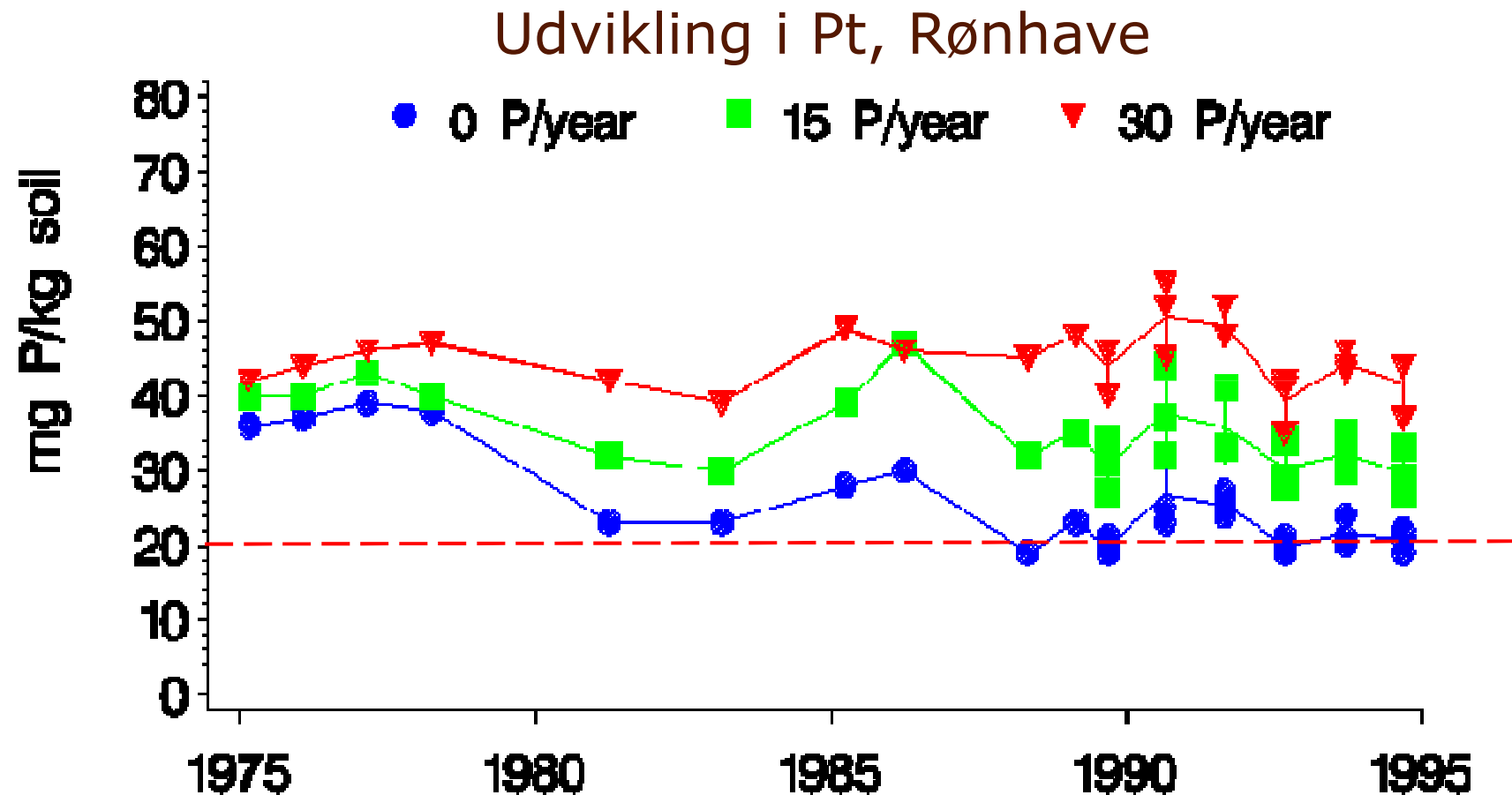


Hvad betyder det her for mikronæringsstofferne?

- P og K er ikke de eneste immobile næringsstoffer
- Stort set alle mikronæringsstofferne er meget immobile
- Mn mangel er f.eks. også ved at dukke op i mange økologiske marker
- På konv. bedrifter med P overskud giver høj P kortere rodhår \Rightarrow måske med til at øge Mn mangel?
- **Hvis bestemte sorter har en bedre P og K effektivitet via f.eks. bedre rodvækst og rodhår, så virker det også for mikronæringsstoffer!**



Hvad sker der hvis vi udpiner jorden for PK?

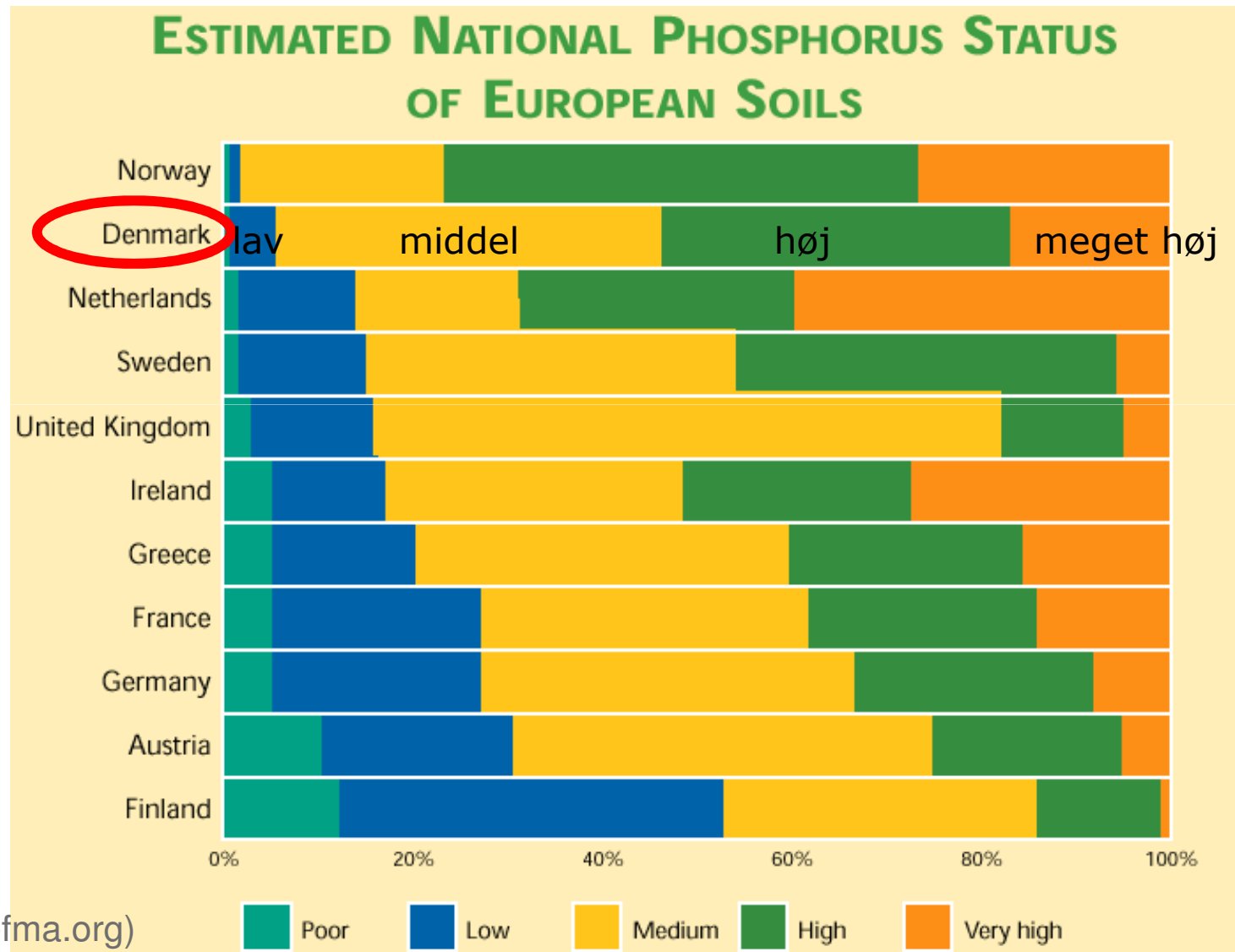


Det tager altså mange år at udpine jorden
(afhængig af jordtype)

Rubæk og Sibbesen, 2000



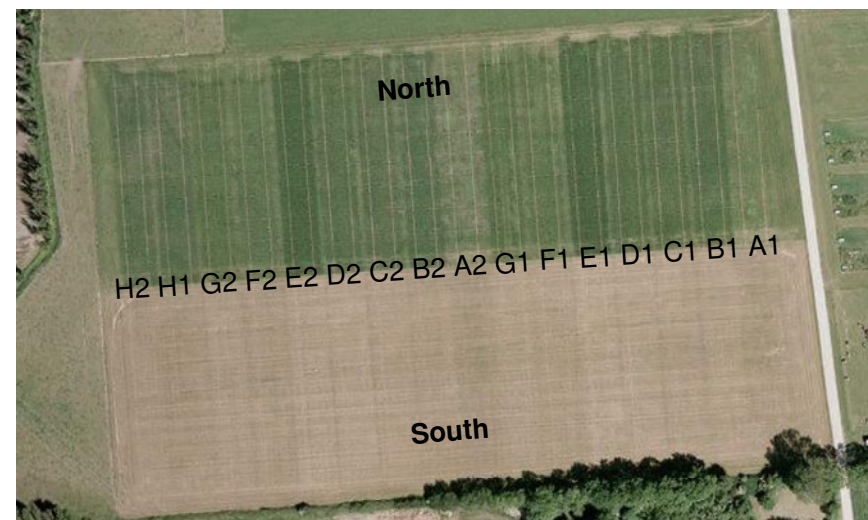
Danske jordes P status ift. Europa



Udpiningsmarken (KU-Life, Rørrendegaard, Taastrup)

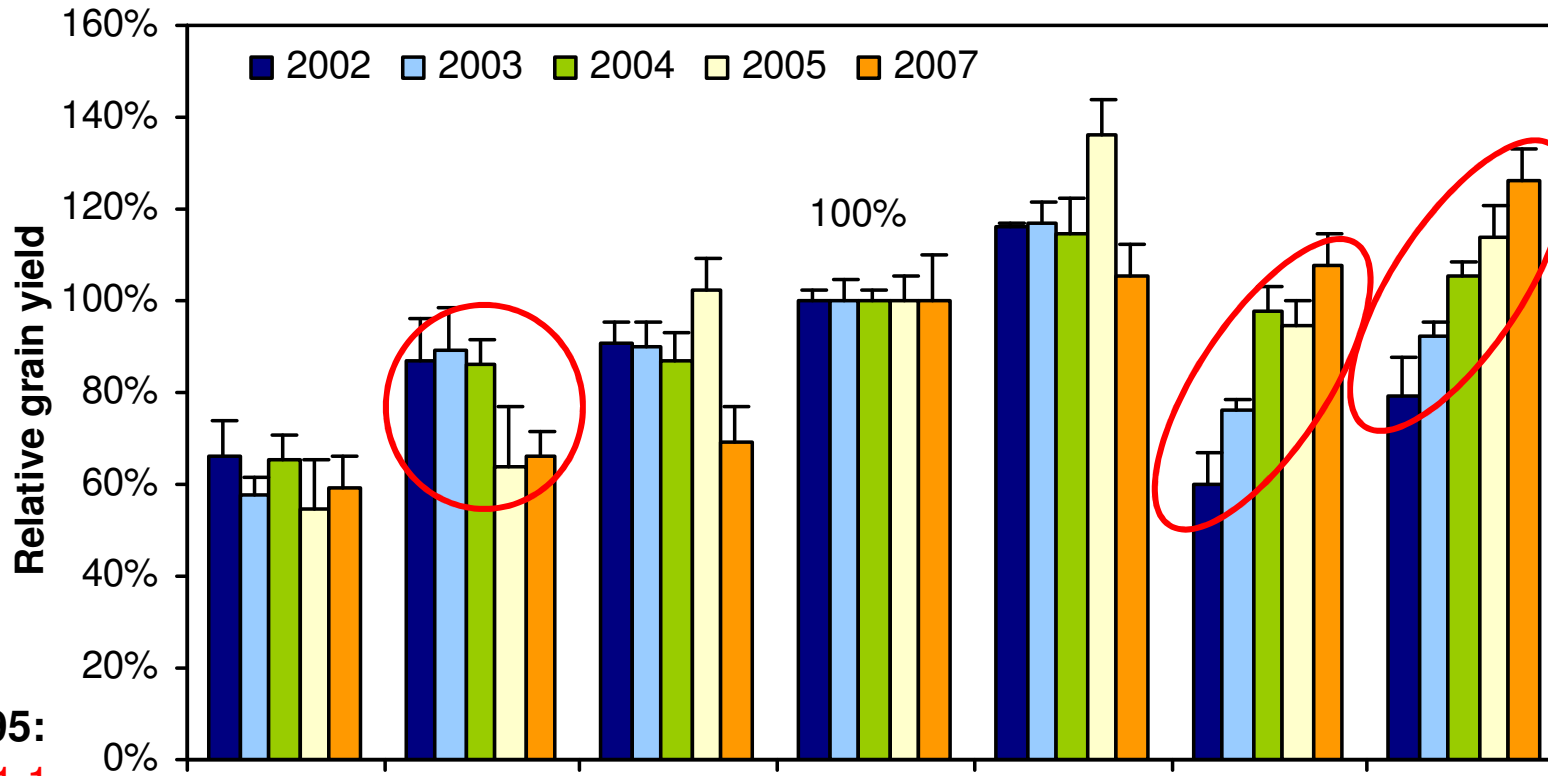
- Lerjord / sandblandet lerjord (JB7/JB5)
- Ingen PK gødning 1964-1995, kun 60 kg N/ha, kont. byg
- Pt og Kt udpint til meget lavt niveau, 1995: Pt=1,0 & Kt=5,5
- Fra 1996-2008 nyt forsøgsdesign, med flere NPK behandlinger og husdyrgødning. 2008 analysetal:

	0N-0P-0K	60N-0P-60K	60N-10P-0K	60N-10P-60K	120N-20P-120K	Gylle 75Ntot	Gylle 150Nt
Pt	0,8	0,9	1,1	1,2	1,1	1,0	1,4
Kt	7,3	8,5	8,3	9,7	11,3	9,4	13,1



Udpiningsmarken

Udvikling i relativt udbytte i vårbyg (60N-10P-60K=100%)



1995:
Pt 1,1
Kt 5,5

2008:

Pt	0,8	0,9	1,1	1,2	1,1	1,0	1,4
Kt	7,3	8,5	8,3	9,7	11,3	9,4	13,1

(Jensen, upubl)



Konklusioner – spørgsmål?

- Jordens frugtbarhed er for flere næringsstoffer (men ikke alle) tæt forbundet med opretholdelse af det organiske stof og biologisk aktivitet
- Hovedudfordringerne for økologisk jordbrug er
 - **N:** ikke at få tilstrækkeligt plantetilgængeligt N, men at sikre N forsyningen uden at det indebærer store tab
 - **P:** at udvikle dyrkningsmetoder / afgrøder der er bedre i stand til at udnytte jordens sværttilgængelige P puljer
 - **K, S:** at udvikle nye acceptable/rentable gødningskilder
 - **Mikronæringsstoffer:** at sikre den biologisk aktive jord samt god forståelse for specifikke mangler
- Ændringer i organisk stof, P etc. sker langsomt, både ved udpining og ved opgødsning, derfor langt fra handling til virkning ses

