

19 december 2011

## Relatie tussen grondbewerking, bodemleven & bodemstructuur



Mirjam Pulleman  
Vakgroep Bodemkwaliteit  
Wageningen Universiteit

### Mijn achtergrond

- WU: Promotie regenwormen- bodemstructuur & organische stof, biologisch en gangbaar (2002)
- Mexico, Int. Mais en Tarwe  
Instituut: Conservation  
Agriculture (2004-2008)
- WU: bodemecologie, FAB,  
NKG in Nederland en Afrika
- Onderzoek in Nederland: 2 promovendi en 3  
afstudeervakkers/stagestudenten.



## Inhoud

1. Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit
2. Bodemleven en bodemstructuur
3. Onderzoek niet-kerende grondbewerking
4. Nieuwe projecten
5. Discussie

## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

### Duurzaam bodemgebruik (landbouw):

- Minder afhankelijkheid van olie (diesel, N stikstof)
  - Klimaatbestendig
  - Meer biologische plaagbestrijding en ziektevering
  - Laag verlies van organische stof en nutriënten
  - Behoud/verbetering van bodem(kwaliteit) op lange termijn
- => Grotere rol voor biodiversiteit & ecologische processen in plaats van externe inputs

## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

### Olie-afhankelijkheid van de landbouw:

**Table 5** Summary of energy inputs—average U.S. wheat production

Wheat production process		Low estimate, MJ/kg	High estimate, MJ/kg	Best estimate, MJ/kg	Best estimate, % of Total	Difference high-low estimate, kJ/kg
Fertilizers, limestone, and pesticides	Nitrogen fertilizer (as N)	1.302	1.830	1.830	46.98	527
	Phosphorus fertilizer (as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.023	0.144	0.144	3.70	121
	Potash fertilizer (as K <sub>2</sub> O)	0.018	0.049	0.049	1.27	31
	Limestone	0.003	0.030	0.003	0.09	26
	Pesticides	0.039	0.057	0.039	1.00	18
Fuel, on-farm	Diesel <sup>a</sup>		0.986 <sup>b</sup>		25.32	0
	Electricity		0.163 <sup>b</sup>		4.19	0
	Gasoline		0.180 <sup>b</sup>		4.62	0
	Liquefied petroleum gas		0.033 <sup>b</sup>		0.86	0
	Natural gas		0.0001 <sup>b</sup>		0.00	0
Seeds	Seeds	0.156	0.302	0.302	7.75	146
Farm infrastructure, embodied energy	Machinery <sup>c</sup>	0.128	0.757	0.128	3.30	628
	Irrigation systems	0.014	0.022	0.014	0.35	8
	Buildings	0.023	0.336	0.023	0.58	313
	Labor <sup>d</sup>	0.005	0.296			292
Total		3.070	4.878	3.885	100.00	1818

<sup>a</sup>Includes diesel consumption in custom operations.

<sup>b</sup>For fuel and electricity, only one energy coefficient was considered; therefore, low estimate = high estimate = best estimate.

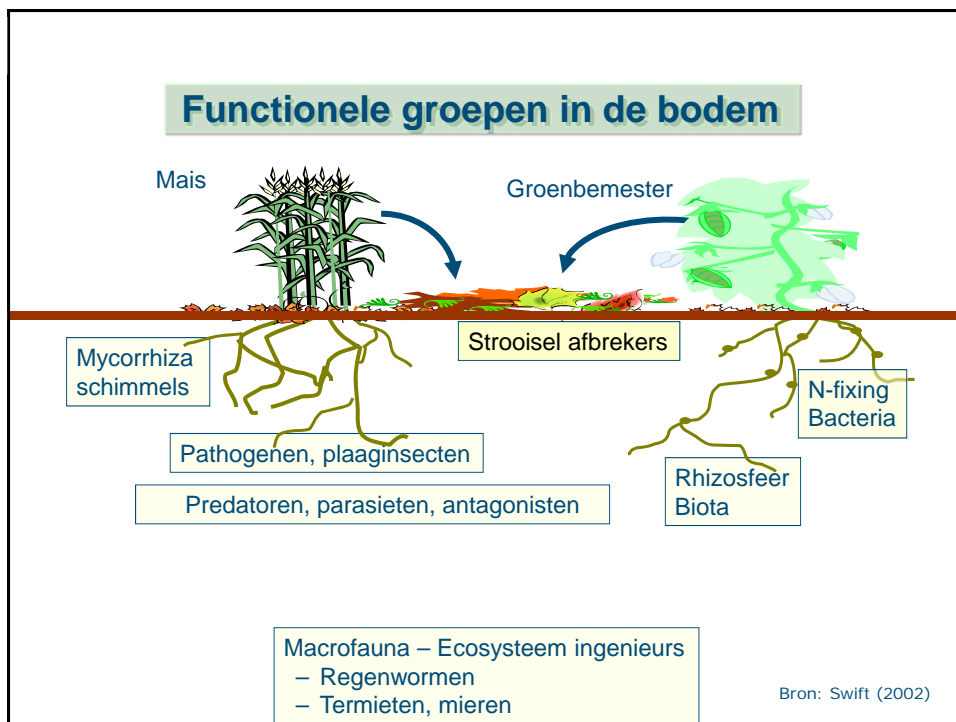
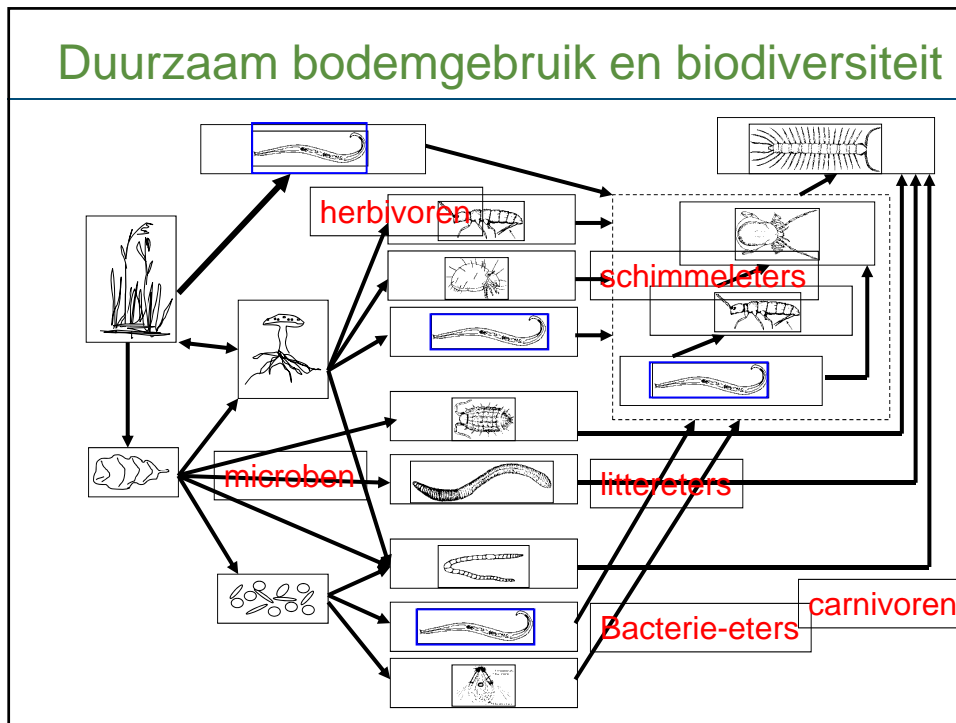
<sup>c</sup>Including maintenance and repair.

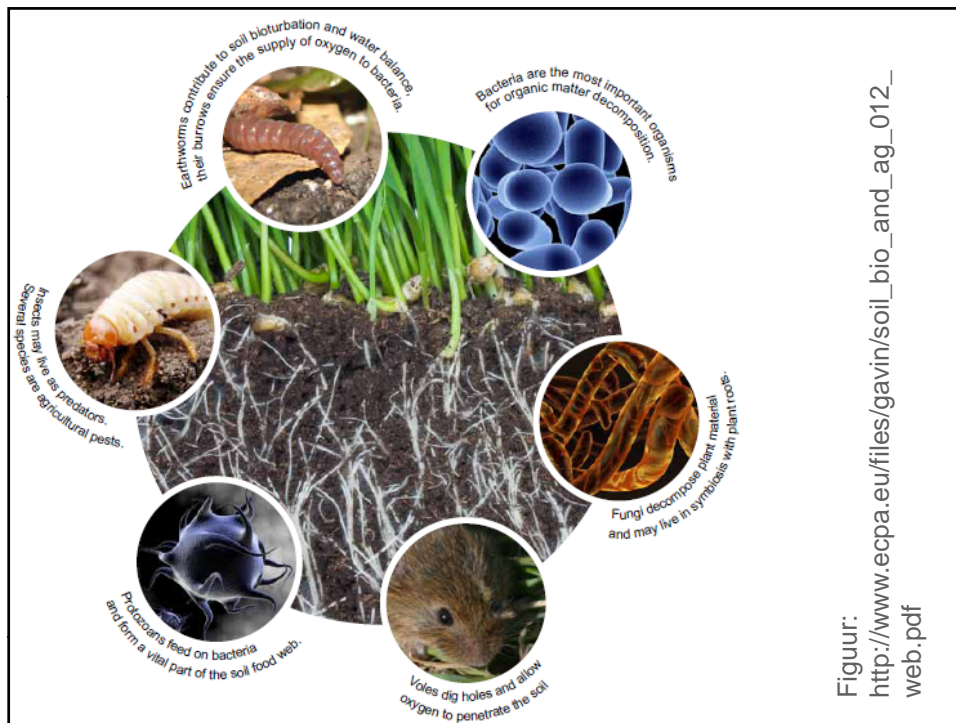
<sup>d</sup>Shown for comparison only; not included in total, because the labor would be exerted even in the absence of wheat cultivation.

## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

### Belang van ondergrondse biodiversiteit:

- Meeste diversiteit aan soorten zit onder de grond
- Belang voor koolstof en nutriëntenkringloop op aarde
- Helpt plantenwortels bij opname van nutriënten
- Regulatie van ziekten en plagen
- Menging van organische stof en **bodemstructuur**







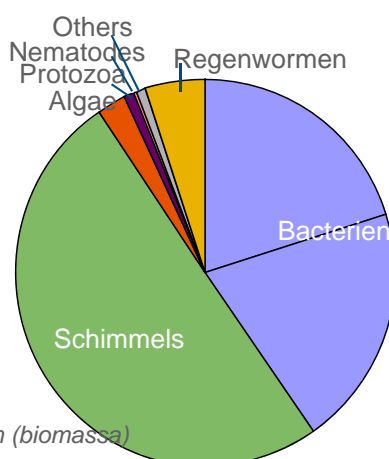
## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

### Diversiteit? Wat is belangrijk?:

- Biodiversiteit vaag begrip?
- Aantallen soorten en hoeveelheden per soort
- Activiteit
- Functies
- Meerdere soorten vervullen dezelfde functies onder andere omstandigheden (“functionele redundantie”)
- Biologische indicatoren

## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

- < 1% van bodemgewicht bestaat uit levende organismen
- Zélf in intensief gebruikte landbouwgronden zoals in Nederland is de ondergrondse soorten diversiteit relatief hoog



Relatieve hoeveelheden aanwezig in de bodem (biomassa)

Figuur: J.W. van Groenigen

## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

### Nederlandse landbouwgronden:

- 3-8 soorten regenwormen
- 18-40 soorten microarthropoden (springstaarten, mijten)
- 6-10 soorten potwormen
- ca. 30 families van nematoden (aaltjes)
- pissebedden, miljoen/duizendpoten
- ?? soorten bacteriën, schimmels



## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

### Weerbaarheid:

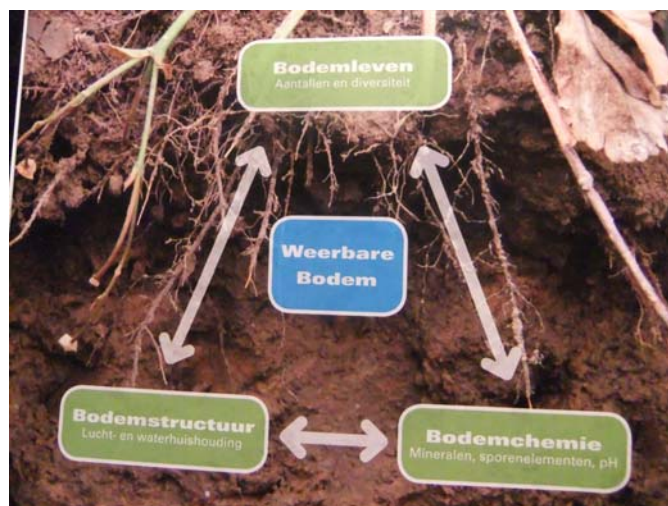
Waartegen?

*Chemisch*

*Fysisch*

*Biologisch*

Alles hangt met  
elkaar samen



Figuur: Zanen et al. FAB en een weerbare bodem

## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

Weerbaarheid is ook:

- Waterberging
- Bewerkbaarheid
- Productiecapaciteit

op lange termijn en bij veranderende omstandigheden



Foto BASIS @ PPO Lelystad 9/2011 (M. Pulleman)

## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit





## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

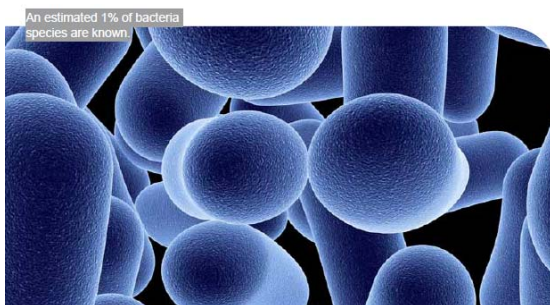
### Effecten intensieve landbouw BD & weerbaarheid:

- Sommige soorten kunnen elkaars functie vervangen (redundantie) -> geen effect op bodemproces, bv afbraak OS, mineralisatie -> relatief hoge weerbaarheid tegen verstoring
- Andere processen zijn afhankelijk van beperkt aantal soorten en dus wél gevoelig voor verstoring -> bv regenwormen, bodemstructuur

## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

### Beperkte kennis van bodembiodiversiteit:

- Soorten? -> kweekbaar in laboratorium?
- Functies?
- Effecten van Bodembeheer
- Met name gunstige organismen



Figuur: [http://www.ecpa.eu/files/gavin/soil\\_bio\\_and\\_ag\\_012\\_web.pdf](http://www.ecpa.eu/files/gavin/soil_bio_and_ag_012_web.pdf)

## Duurzaam bodemgebruik en biodiversiteit

### Stimuleren ondergrondse biodiversiteit, algemeen:

- Aanvoer organische stof (mest, gewasresten)
- Bodem bedekt houden (groenbemesters)
- Minder bodemverstoring
- Niet kerend



## Bodemleven en bodemstructuur

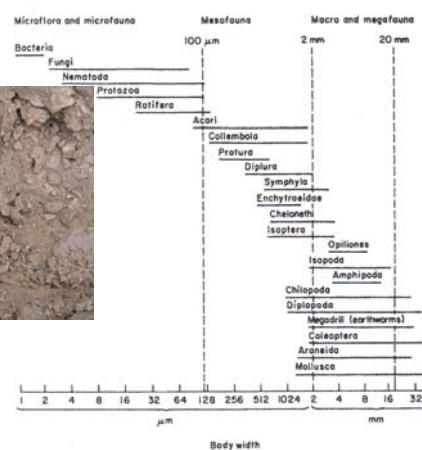


Fig. 3.2-1. Classification of soil organisms based on body width. Crossley (1996).

Table 6-1. Influences of soil biota on soil processes in ecosystems.†

	Nutrient cycling	Soil structure
Microflora	Catabolize organic matter Mineralize and immobilize nutrients	Produce organic compounds that bind aggregates Hyphae entangle particles onto aggregates
Microfauna	Regulate bacterial and fungal populations Alter nutrient turnover	May affect aggregate structure through interactions with microflora
Mesofauna	Regulate fungal and microfaunal populations Alter nutrient turnover Fragment plant residues	Produce fecal pellets Create biopores Promote humification
Macrofauna	Fragment plant residues Stimulate microbial activity	Mix organic and mineral particles Redistribute organic matter and microorganisms Create biopores Promote humification Produce fecal pellets

† From Hendrix et al., 1990.



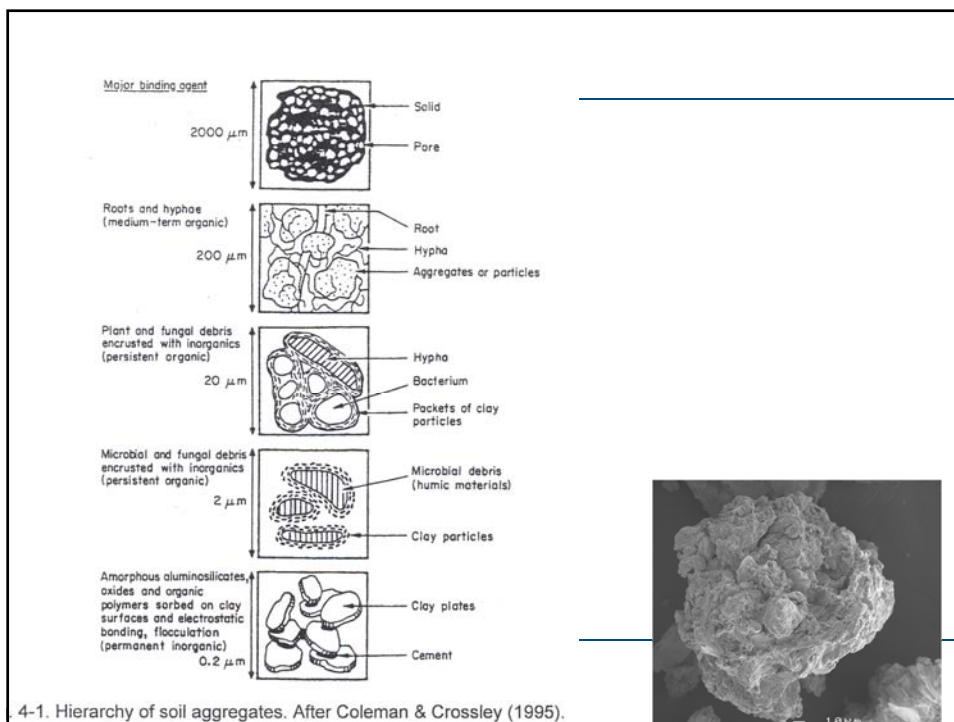



Foto rechts: LBI; Prins et al., 2008

WAGENINGEN UNIVERSITY  
WAGENINGEN UR



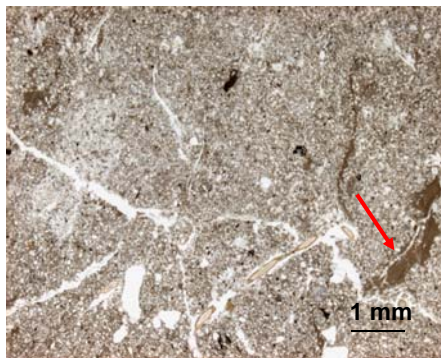
## Bodemleven en bodemstructuur



Na 23 dagen.....

## Bodemleven en bodemstructuur

Akkerland, Zeeland Mn25a



Fysicogene  
macrostructuur

Permanent grasland, Zeeland Mn25a



Biogene  
macrostructuur

## Bodemleven en bodemstructuur

Akkerland, Zeeland  
Mn25a

ca. 4mm

Permanent grasland,  
Zeeland Mn25a



biogeen



fysicogeen

Aggregaten zijn samenklontering van bodemdeeltjes en organisch materiaal. Uitwerpselen van regenwormen (biogene aggregaten) zijn vooral na indrogen stabiel en kunnen bijdragen aan de porositeit en een betere kruimelstructuur van de bodem. Aggregaten kunnen ook door fysische processen gevormd worden. Veelal bevatten de aggregaten die door regenwormen zijn gevormd nog veel organisch materiaal. Door de beschermende eigenschappen van het aggregaat, kan deze organische stof op langere termijn bewaard blijven.

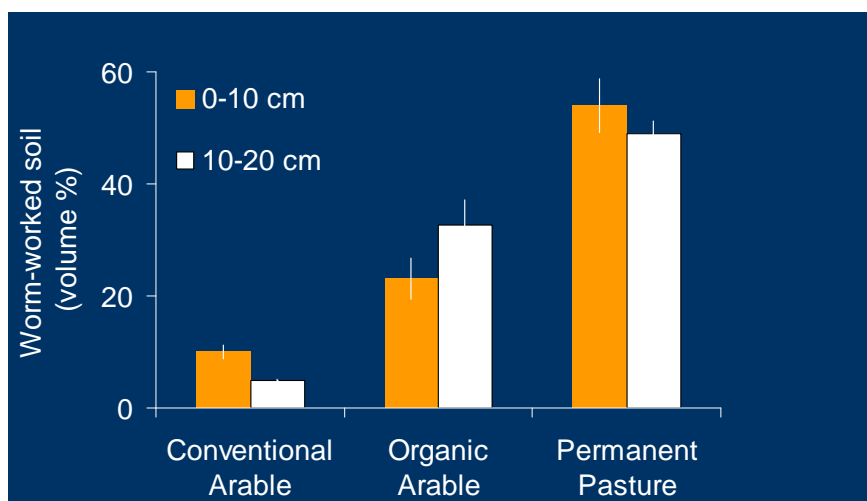


biogeen

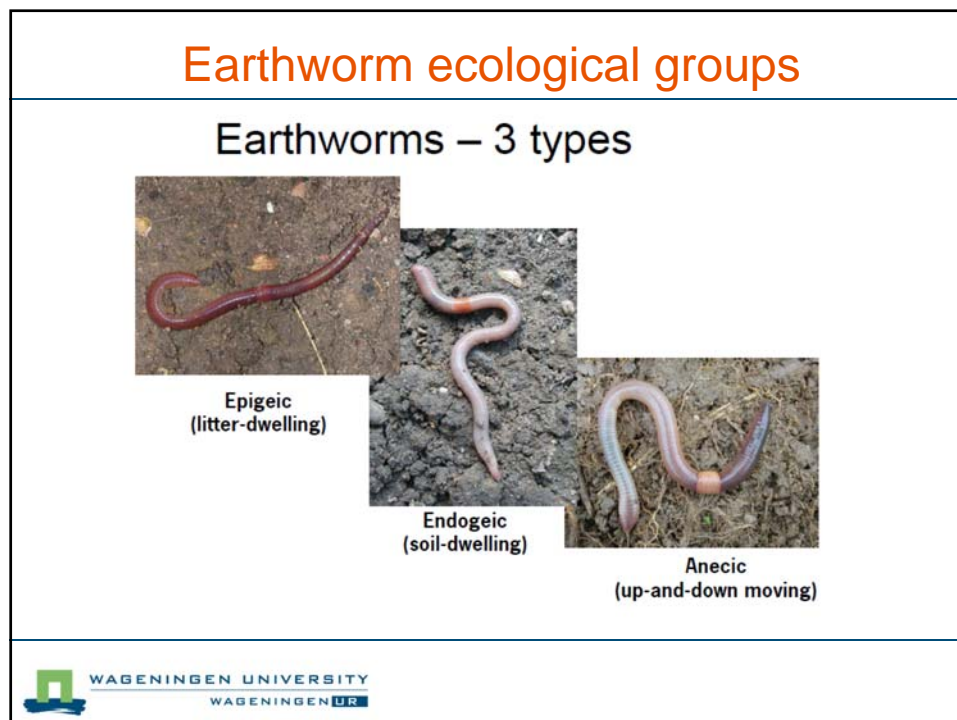
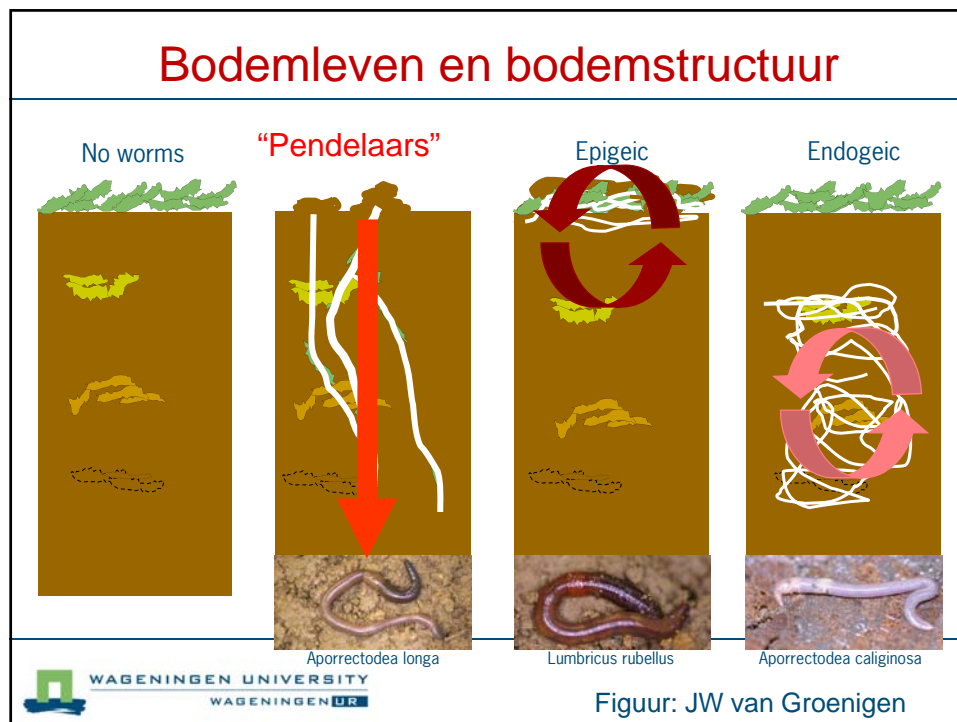


fysicogeen

## Bodemleven en bodemstructuur





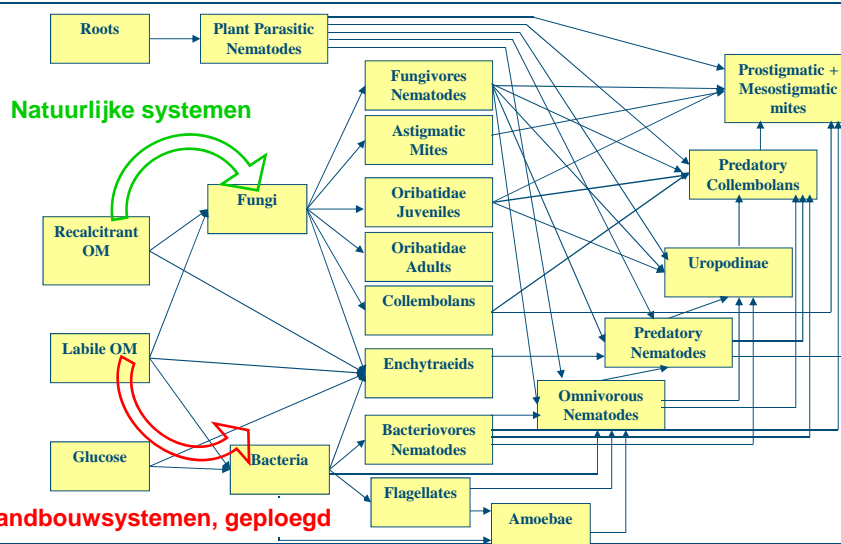


## Onderzoek NKG

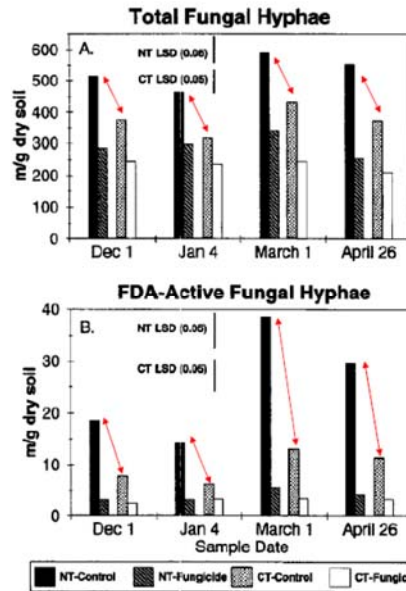
Hendrix et al 1986:

- Hoge afbraaksnelheden en mineralisatie in geploegde bodems => Bacterie gedomineerd voedselweb.
- Lagere afbraaksnelheden en hogere nutriënten immobilisatie => Meer schimmelgedomineerd voedselweb
- Ploegen bevordert voedselwebs die bestaan uit organismen met kleine lichaamsgrootte, snelle reproductie, en hoge metabolische activiteit, snelle verspreiding en omnivore eetpatronen (Andren and Lagerlof, 1983; Steen, 1983).

## Onderzoek NKG



## Onderzoek NKG

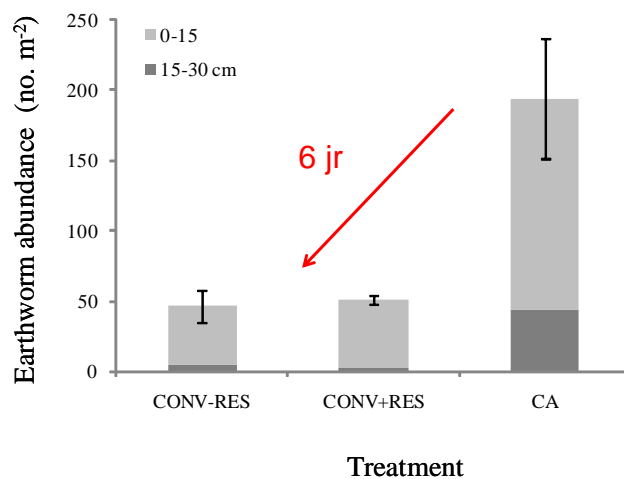


Fungal hyphal lengths in CT and NT sandy clay loam soil on four sample dates. Bars are means (n = 3). LSD bars are for comparisons of treatment means within each tillage.



Beare et al., 1997. ASE 5: 211

## Onderzoek NKG



Castellanos et al 2012  
data from Central Mexico (direct seeding)

## Onderzoek NKG

Depth	W/SA
(cm)	(mg g <sup>-1</sup> )
0-15	251 (13.3) <sup>A</sup>
	415 (24.1) <sup>B</sup>
	251 (13.3) <sup>A</sup>
	333 (22.2) <sup>B</sup>
15-30	365 (11.8)
	355 (37.0)
	365 (11.8)
	305 (30.2)



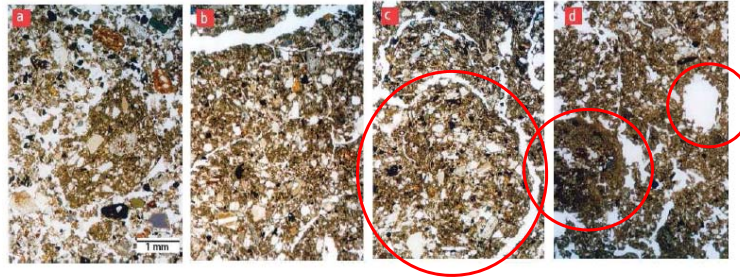
Castellanos et al 2012; Aggregaatstabiliteit  
Data from Central Mexico (direct seeding)

Hendrix et al.  
1986

**Table 2.** Numbers and estimated biomass of soil fauna in conventional-tillage (CT) no-tillage (NT) agroecosystems at Horseshoe Bend.<sup>1</sup>

	Numbers · m <sup>-2</sup>		mg dry wt · m <sup>-2</sup>	
	CT	NT	CT	NT
<b>Nematodes<sup>2</sup></b>				
Bacterivores	1836 *	909	237	117
Fungivores	227 *	500	14	31
Herbivores	945	1064	93	104
	3008	2473	344	252
<b>Microarthropods<sup>3</sup></b>				
Mites	41081 *	78256	118	303
Collembola	6244 *	14684	17	40
Insects	2105	2548	—	—
	49430	95488	135	343
<b>Macroarthropods<sup>4</sup></b>				
Ground Beetles	7 *	33	6	30
Spiders	1 *	17	1	14
Others	6 *	28	—	—
	14	78	7	44
<b>Annelids<sup>5</sup></b>				
Earthworms	149 *	967	3129	20307
Enchytraeids	1837	520	59	17
	1986	1487	3188	20324
<b>Total</b>	<b>54438</b>	<b>99526</b>	<b>3674</b>	<b>20962</b>

## CA systems and soil ecosystem engineers



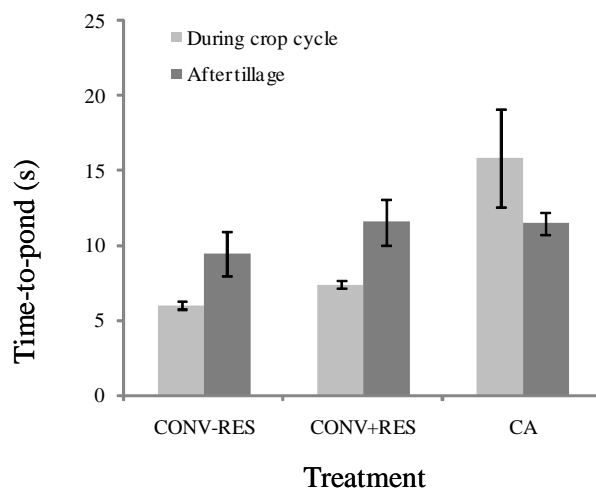
**Soil structure micromorphology.**

- a: MM/CT-R (8 cm). Tilled soil; groundmass with fragment of compacted material incorporated into the soil. Physicogenic structure.
- b: MM/CT-R (15 cm). Plowpan. Physicogenic structure.
- c: MM/ZT+R (5 cm). Biogenic groundmass (worm-worked).
- d: MM/ZT+R (20 cm). Biogenic groundmass and pores

Pulleman et al. (unpubl.)



## Onderzoek NKG



Castellanos et al 2012  
data from Central Mexico (direct seeding)



## Onderzoek NKG

	Plough	Grubber
Aneic	4.7 ± 5.3 a	25.3 ± 10.0 b
Endogeic	26.7 ± 8.3 c	10.0 ± 6.1 ab
Epigeic	1.3 ± 2.1 a	6.7 ± 7.4 a
Juvenile	86.7 ± 20.9 a	71.3 ± 26.9 a
Total	119.3 ± 23.2 a	113.3 ± 21.5 a

Disc harrow	Mulch sowing	Direct sowing
18.7 ± 10.6 ab	21.3 ± 10.3 b	19.3 ± 9.9 ab
20.0 ± 10.1 bc	21.3 ± 9.7 bc	2.7 ± 4.1 a
7.3 ± 4.7 a	5.3 ± 4.8 a	6.7 ± 7.0 a
114.0 ± 46.4 a	84.7 ± 33.2 a	128.7 ± 53.3 a
160.0 ± 53.2 a	132.7 ± 29.9 a	157.3 ± 62.9 a

Aantallen regenwormen (ind m<sup>-2</sup>)

Duitsland (alleen graangewassen, na 10 jr)

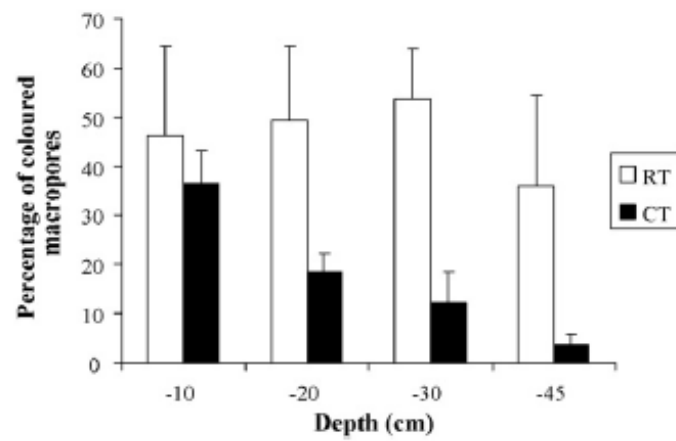
## Onderzoek NKG

Frankrijk:

	Tillage management	
	CT	RT
Abundance (no. m <sup>-2</sup> )	110.6 <sup>a</sup>	116.2 <sup>a</sup>
<i>L. terrestris</i> (no. m <sup>-2</sup> )	10.1 <sup>b</sup>	22.5 <sup>a</sup>
<i>A. giardi</i> (no. m <sup>-2</sup> )	2.2 <sup>b</sup>	27 <sup>a</sup>
<i>A. caliginosa</i> (no. m <sup>-2</sup> )	54.2 <sup>a</sup>	23.9 <sup>b</sup>
<i>A. rosea</i> (no. m <sup>-2</sup> )	16.6 <sup>a</sup>	19.6 <sup>a</sup>
Biomass (g m <sup>-2</sup> )	36.9 <sup>b</sup>	76.8 <sup>a</sup>
Percentage of juveniles	51.03 <sup>a</sup>	49.29 <sup>a</sup>

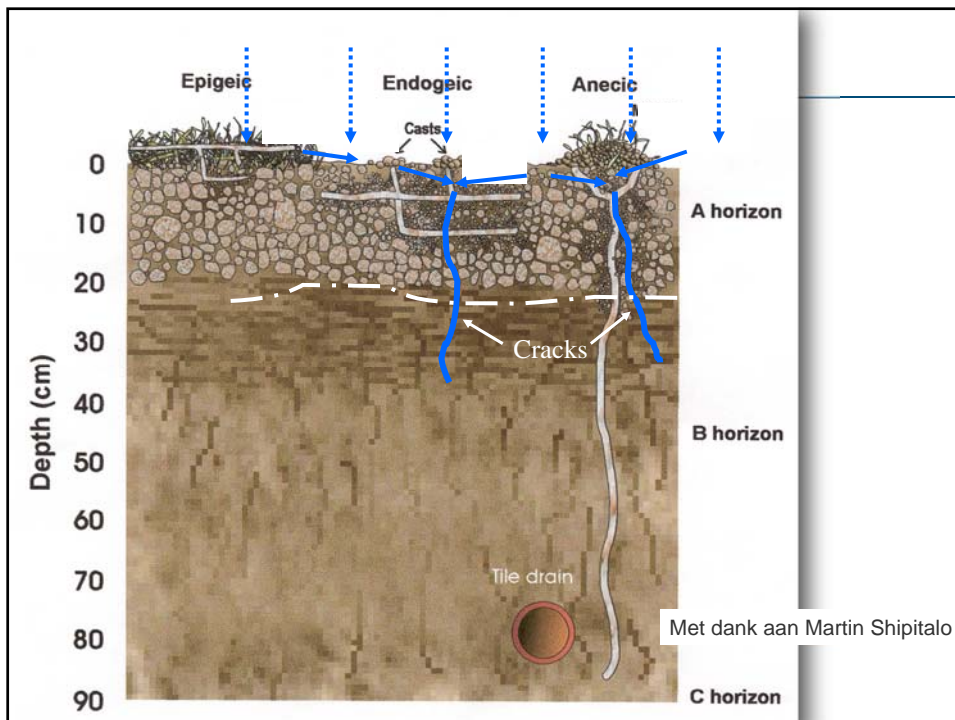
(Niet kerende grondbewerking, cultivator 7 cm, na 5-7 jr)

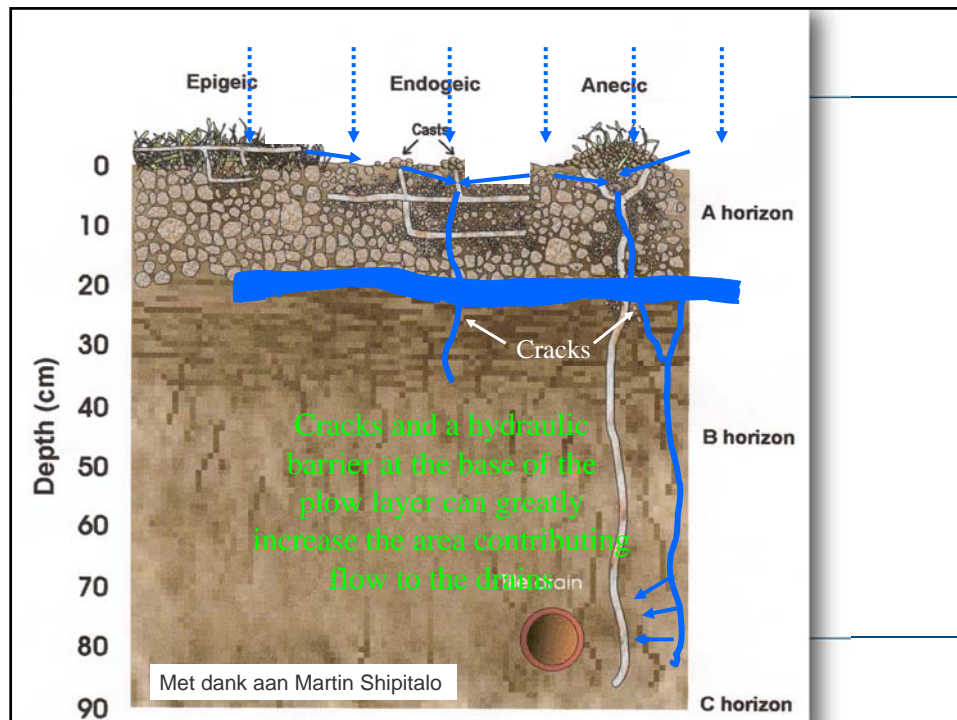
## Onderzoek NKG



- Connection of the tile drain to the soil surface was noted by observing the smoke distribution
- In this soil, all the smoke came from earthworm middens
- In other soils, and during other times of the year, cracks and other macropores can be important

Met dank aan: Martin Shipitalo





## Onderzoek NKG

### Nederlandse situatie?

- Koel, vochtig klimaat
- Rooigewassen
- Zware machines m.n. bij oogst
- Biologische bedrijven (onkruiden)
- Relatief grote bodemverstoring, ook bij NKG





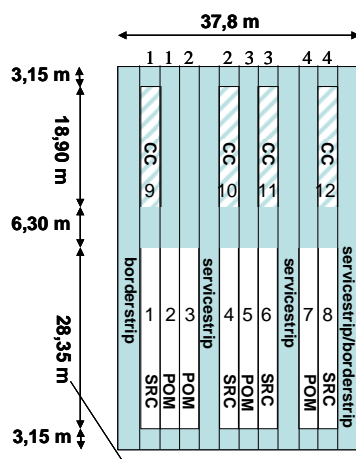
## Onderzoek NKG

### Project WU-Bodemkwaliteit:

- BASIS + praktijkbedrijven, biologisch en gangbaar
- 5 jaar (2009-2013)
- Regenwormen, hoeveelheden en soorten
- Bodemstructuur (stabiele aggregaten)
- Waterberging en –retentie (infiltratie, pF curve)
- Organische stof
- Andere bodemorganismen (bv. mycorrhiza schimmels)



## Onderzoek NKG



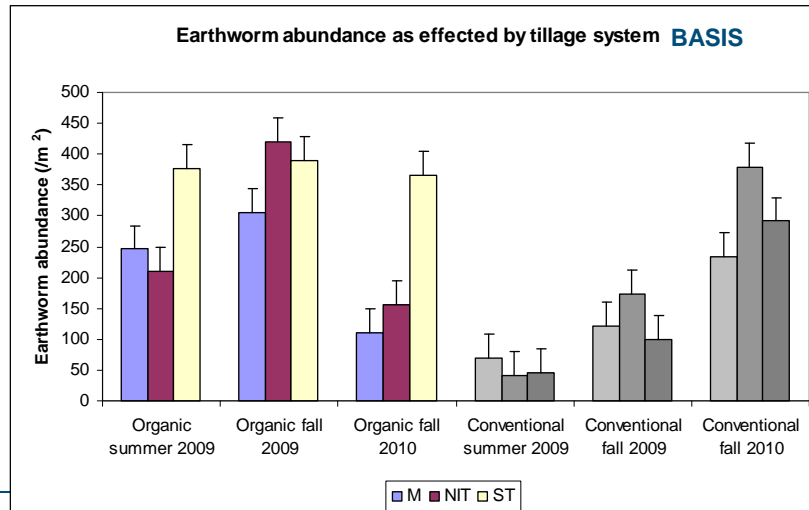
Joost van Strien,  
i.s.m. Bert Vermeulen



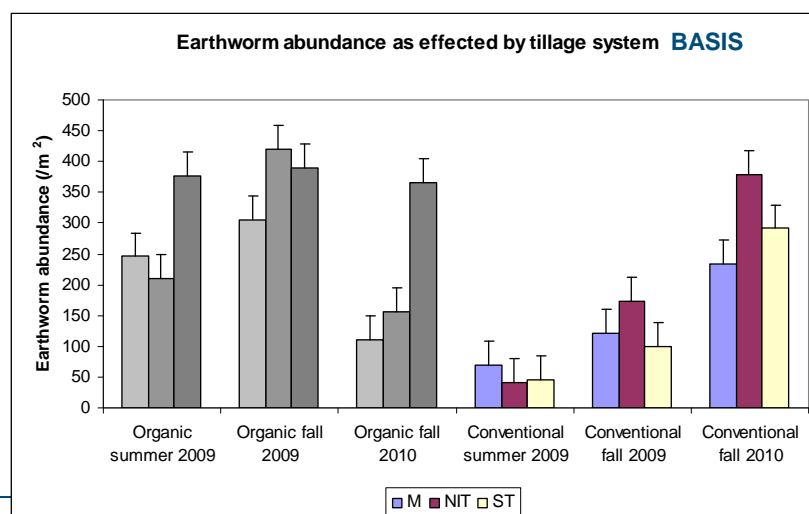
Regenwormen-  
bemonstering BASIS



## Onderzoek NKG

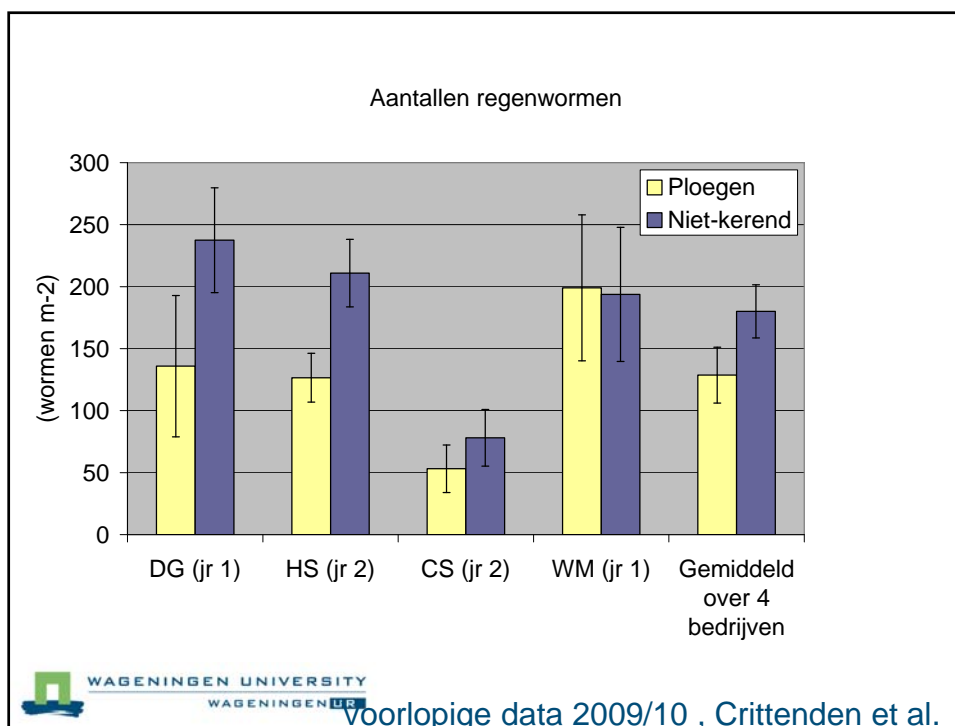


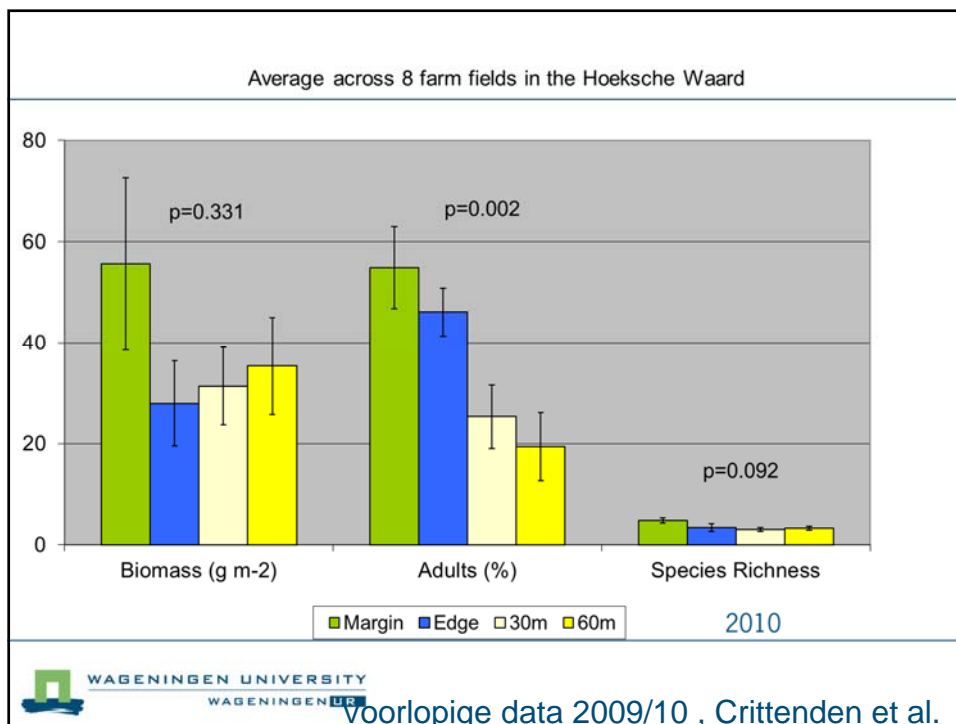
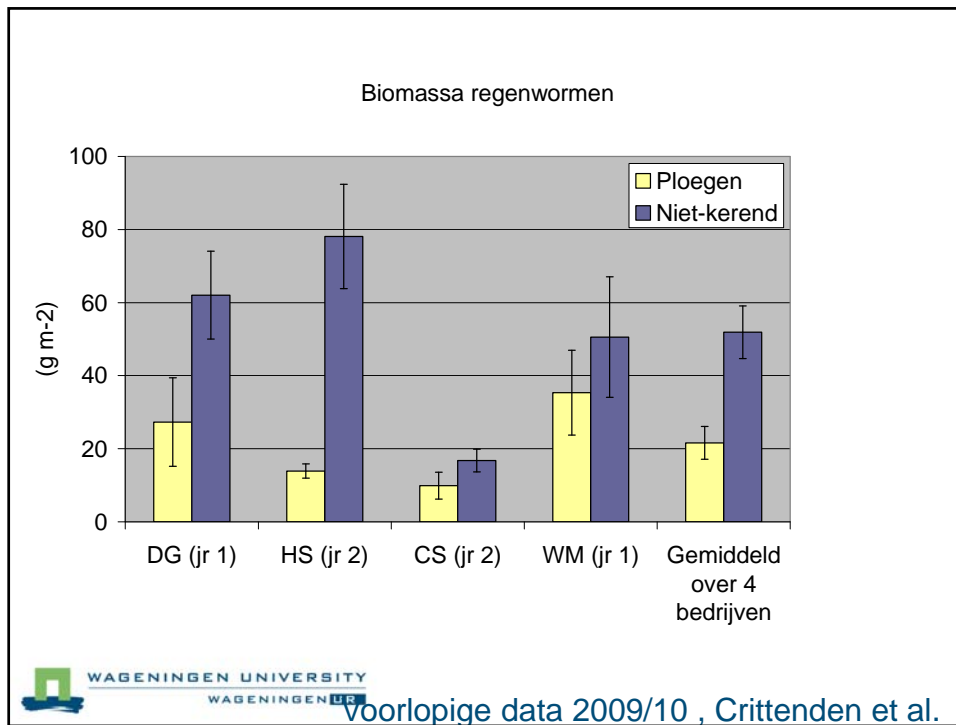
## Onderzoek NKG



Onderzoek NKG							
Taxonomic Richness Summer Sampling							
Earthworm species	Functional Group	Lelystad Organic			Lelystad Conventional		
		Minimum tillage	Non-inversion tillage	Standard tillage	Minimum tillage	Non-inversion tillage	Standard tillage
<i>Aporrectodea rosea</i>	Endogeic	+	-	+	+	+	+
<i>Allolobophora chlorotica</i>	Endogeic	-	-	-	+	-	-
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	Endogeic	+	+	+	+	+	+
<i>Aporrectodea longa</i>	Anecic	-	+	-	-	-	-
<i>Lumbricus rubellus</i>	Epigeic	+	+	+	-	+	-
<i>Eiseniella tetraedra</i>	Epigeic	+	+	+	-	-	-
Total species richness		4	4	4	3	3	2

Voorlopige data, Crittenden et al.





## Nieuwe projecten

1. SUSTAIN (SKB) – Frankrijk (Bretagne en Nederland) => Effecten NKG op:

- Bodembiodiversiteit
- Ecosysteemfuncties
- Economische evaluatie



2. AIO, “Biodiversiteit werkt”

- Regenwormen verspreiding
- Rol van verstoring (bv ploegen)
- Rol van semi-natuurl. habitat (bv randen)

