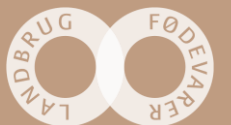


Pesticidresistens – Grundlæggende om resistensudvikling og tiltag, der forsinket udvikling af resistens

Jens Erik Jensen & Ghita Cordsen Nielsen
SEGES, Plante- og MiljøInnovation
e-mail: jnj@seges.dk

SEGES



Resistens – fandtes også før herbiciderne blev opfundet



DNA analyses of 734 plants collected between 1788 and 1975 and kept in herbariums in Dijon, Geneva and Montpellier, led to the discovery of a mutation in a plant collected in 1888. This mutation is currently the most widespread in black-grass populations where resistance has developed. This discovery confirms that resistance is a process of Darwinian selection, and also suggests that the initial frequency of certain mutations in weed populations can be greater than the “mutation frequency”.

Kilde:

<http://www.ea.inra.fr/en/All-the-news/Resistance-existed-before-herbicides>

Effekt af sædskiftehistorik

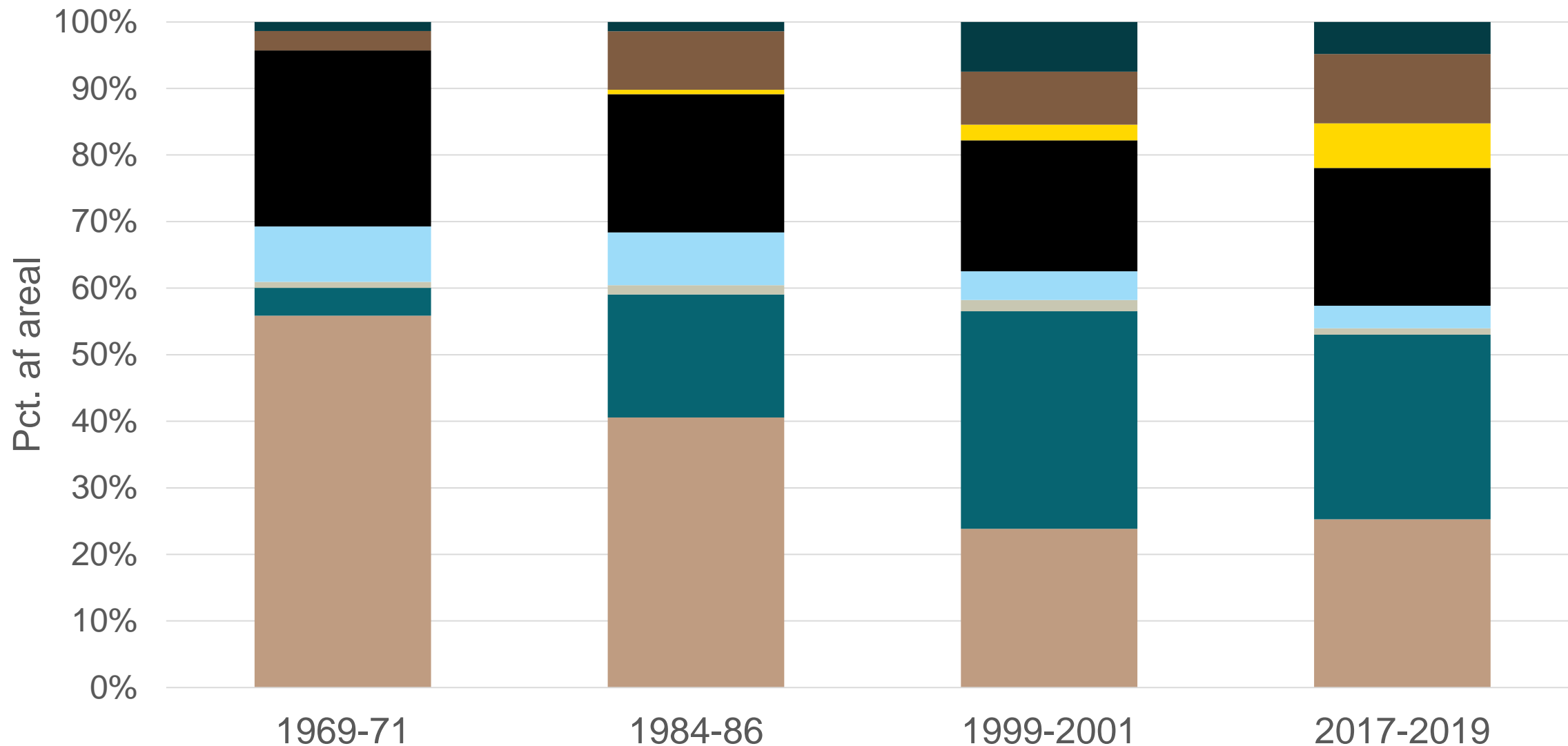
Stiv lerjord. Ca. 20 års
vintersædsdyrkning og brug af
Hussar og anden ALS-kemi
(Gruppe B-midler)

Når vi ser mere og
mere resistens, er det i
stor grad resultat af
sædskifteomlægninger,
som skete for 20 år
siden eller mere!

Lidt mildere jord, vårsæd med
jævne mellemrum. Rajgræs
kan stadig bekæmpes med
ALS-kemi (Gruppe B)



Afgrødevalg i dansk landbrug over 50 år



SEGES

Vårsæd

Græs mv.

Vintersæd

Majs

Bælgsæd

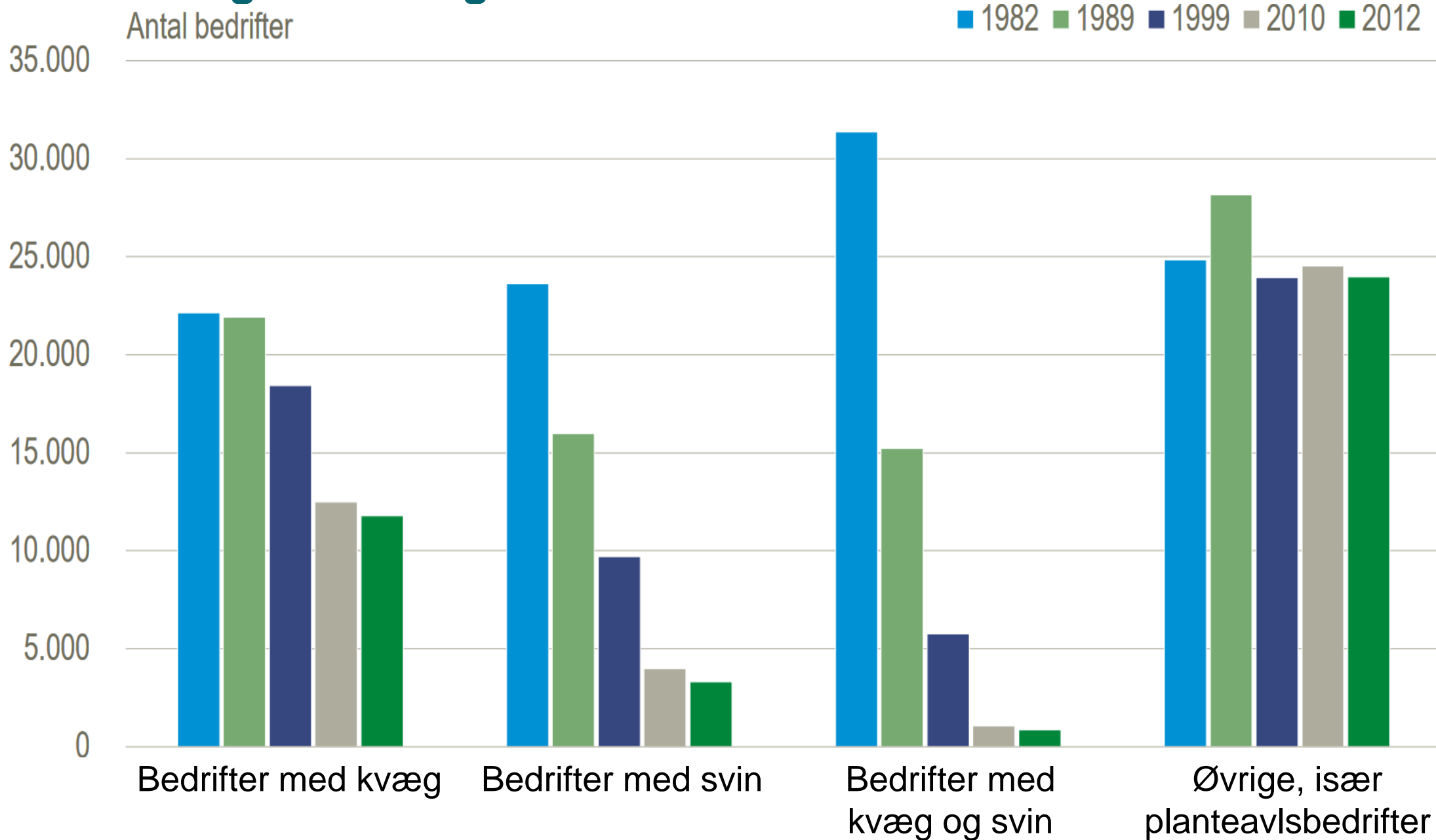
Frø og spec.afgr.

Knold- og rodfr.

Øvrige+brak



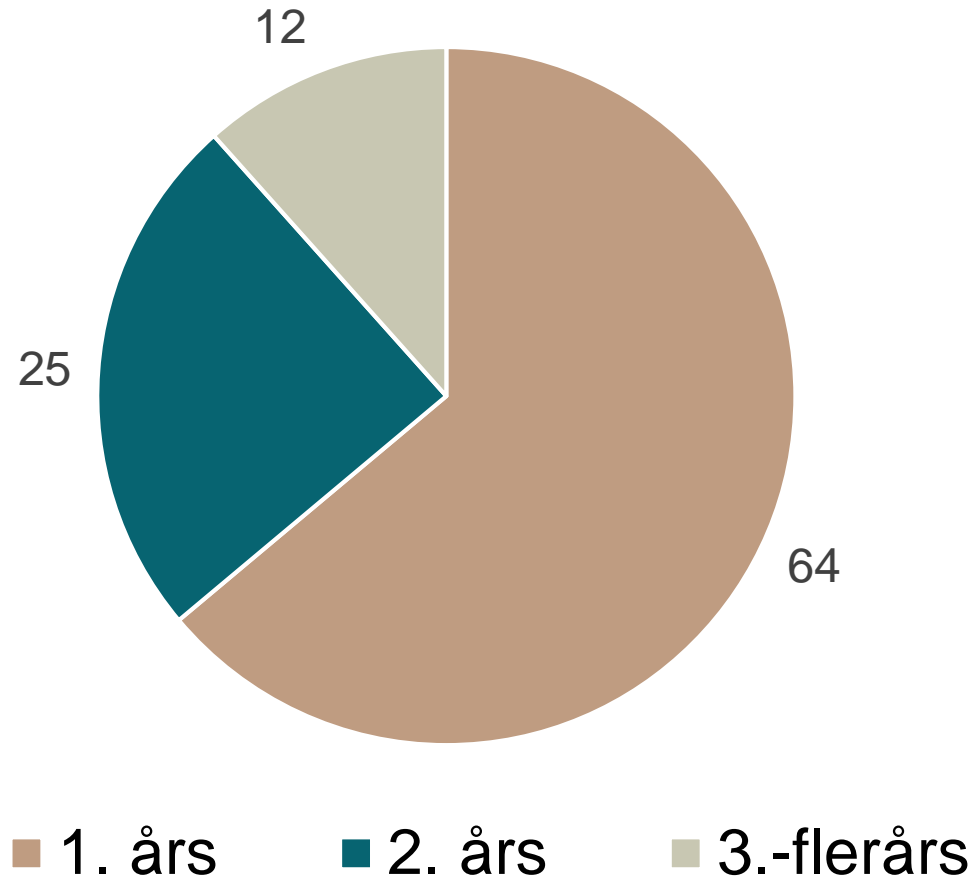
Specialisering i landbruget 1982-2012



Kilde: Danmarks Statistik, 2014

Vinterhvede- og majsdyrkning i Danmark

1. års, 2. års og flerårshvede 2020



Tidligere

Afgrøderne, som du dyrker, og måden du dyrker dem på bestemmer hvilke ukrudtsarter, du har (og hvor alvorlige de er)

Fremover?

Ukrudtsarterne, som du har, og hvor alvorlige de er, bestemmer, hvilke afgrøder, som du kan dyrke, og måden, du kan dyrke dem på!

IPM-pyramiden



SEGES



Resistens er uundgåelig!



- Overdrivelse fremmer forståelsen, men der er noget om det...
- Når bestande af skadevoldere med genetisk variation udsættes for en ensidig påvirkning (=et selektionstryk), så vil bestanden ændre sammensætning i retning af at modstå denne
- Pesticider er et tveægget sværd
 - Vi har vænnet os til, at de er effektive = potentielt stort selektionstryk
- Resistens kan forsinkes ved at undgå eller reducere denne ensidige påvirkning, dvs. gøre os mindre afhængige af en høj pesticideffekt

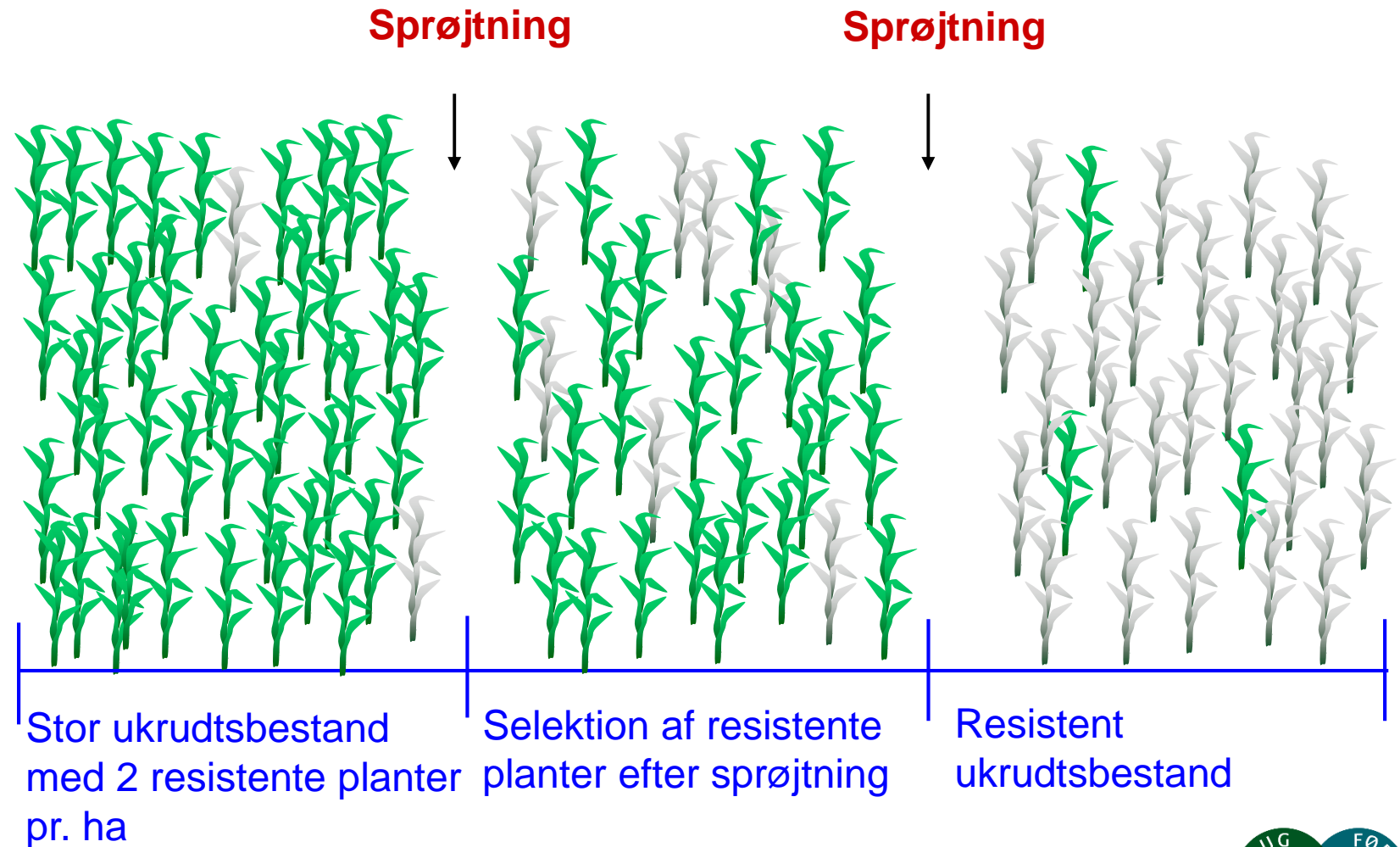
Selektion for resistens er stor ved en stor ukrudtsbestand og ensidig satsning på kemisk bekæmpelse

Tommelfingerregel:

1 plante ud af 1.000.000 er resistent

Dvs.
2 resistente planter pr. ha ved 200 planter pr. m²

Overlever bare den ene sker der en hurtig opformering af resistente planter



IPM er cyklisk/iterativ – forhåbentlig konstant forbedring



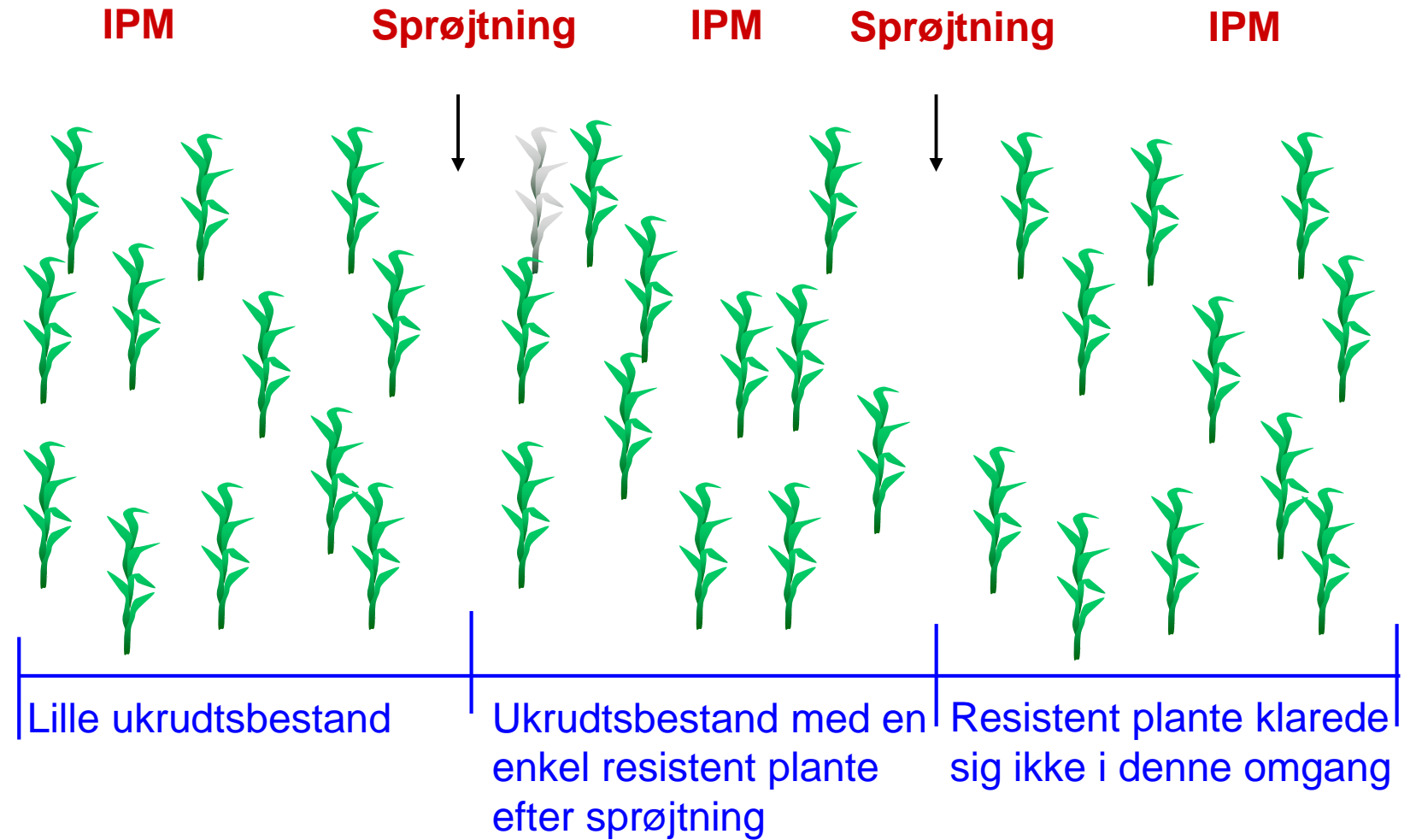
- Tag alle tilgængelige værktøjer i brug
- ‘Mange små hamre’
- Mål: Samlet effekt
- Efteruddannelse på alle niveauer
- Intelligent planteværn
- Co-innovation med avlere og virksomheder

IPM forebygger opformering af ukrudt og mindsker udvikling af resistens

Tommelfingerregel:
1 resistent plante pr. 10 ha
ved 10 planter pr. m²

IPM-tiltag holder
ukrudtsbestand nede

Sprøjtning selekterer
resistent plante, men
udvikling af resistens går
meget langsomt



Lav eller høj risiko for herbicidresistens?

Kilde: [HRAC](#)

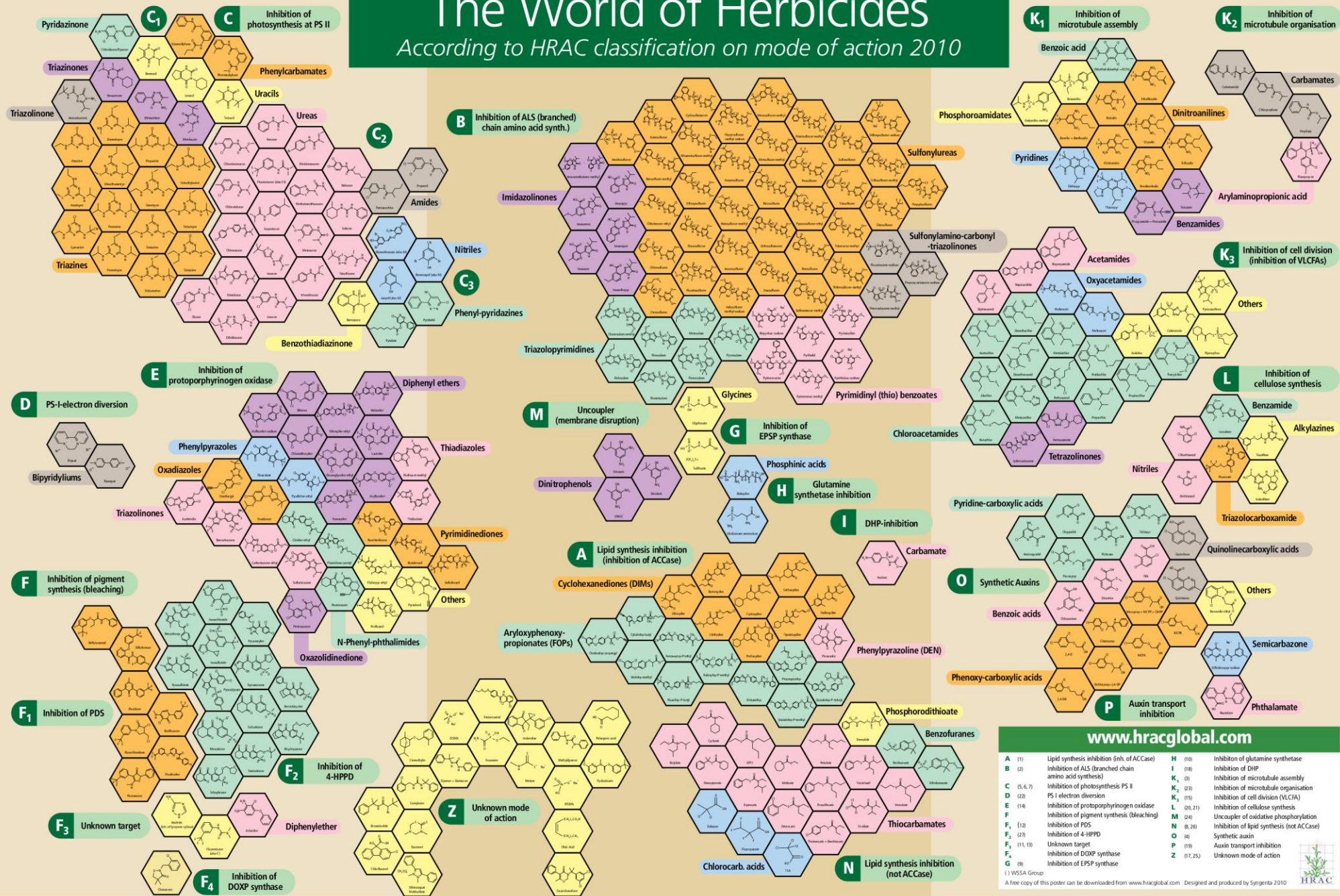
Management	Lav risiko	Moderat risiko	Høj risiko
Sædskifte	Varieret	Begrænset sædskifte	Ingen rotation
Bekæmpelse i sædskiftet	Kulturtekniske tiltag*, mekanisk og kemisk bekæmpelse	Kulturtekniske tiltag* og kemisk bekæmpelse	Kun kemisk bekæmpelse
Brug af samme virkemekanisme pr. sæson	Én gang	Mere end én gang	Flere gange
Ukrudtsbestand	Lille bestand	Moderat bestand	Stor ukrudtsbestand
Resistensstatus	Ikke kendte tilfælde af resistens	Få tilfælde	Resistens almindelig hos ukrudtsarten
Bekæmpelse de sidste 3 år	God	Faldende effekt	Dårlig
Midler i blanding eller rotation i sædskifte	> 2 virkemekanismer	2 virkemekanismer	1 virkemekanisme

Ukrudts-
midlerne
klumper sig
sammen,
f.eks. er
grupperne
A, B og C
ret store

SEGES

The World of Herbicides

According to HRAC classification on mode of action 2010



www.hracglobal.com

A (1)	Lipid synthesis inhibition (inh. of ACCase)	H (10)	Inhibition of glutamine synthetase
B (2)	Inhibition of ALS (branched chain amino acid synthetase)	I (18)	Inhibition of DHP
C (5, 6, 7)	Inhibition of photosynthesis PS II	K₁ (3)	Inhibition of microtubule assembly
D (22)	PS I electron diversion	K₂ (23)	Inhibition of microtubule organisation
E (14)	Inhibition of protoporphyrinogen oxidase	K₃ (15)	Inhibition of cell division (VLCFA)
F (12)	Inhibition of pigment synthesis (bleaching)	L (20, 21)	Inhibition of cellulose synthesis
F₁ (27)	Inhibition of PDS	M (24)	Uncoupler of oxidative phosphorylation
F₂ (11, 13)	Inhibition of 4-HPPD	N (8, 26)	Inhibition of lipid synthesis (not ACCase)
F₃ (19)	Unknown target	O (4)	Synthetic auxin
F₄ (8)	Inhibition of DOXP synthase	P (19)	Auxin transport inhibition
G (9)	Inhibition of EPSP synthase	Z (17, 25)	Unknown mode of action

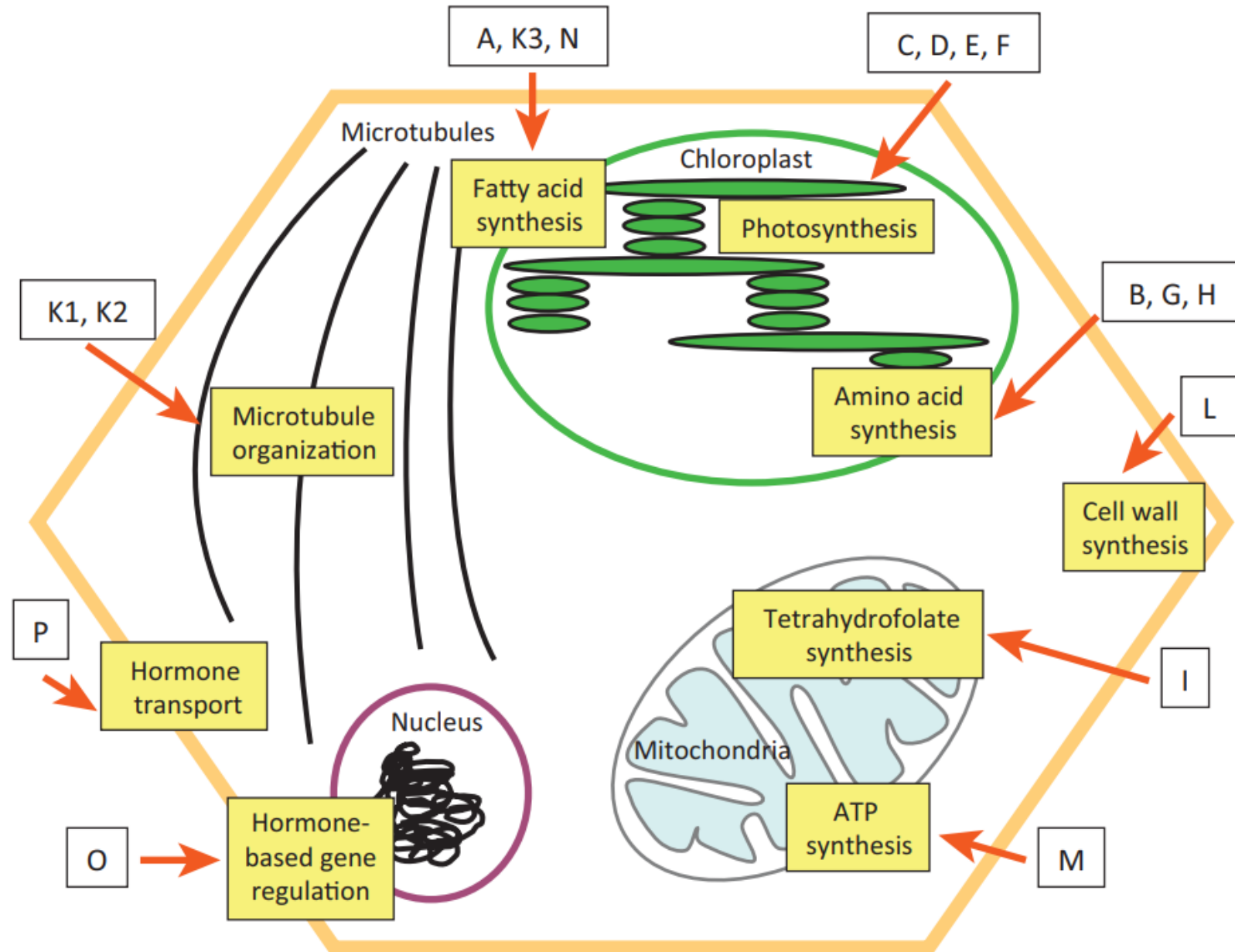
© WSSA Group
A free copy of this poster can be downloaded from www.hracglobal.com. Designed and produced by Syngenta 2010

HERBICIDES AFFECTING: Light Processes

Cell Metabolism

Growth/Cell Division

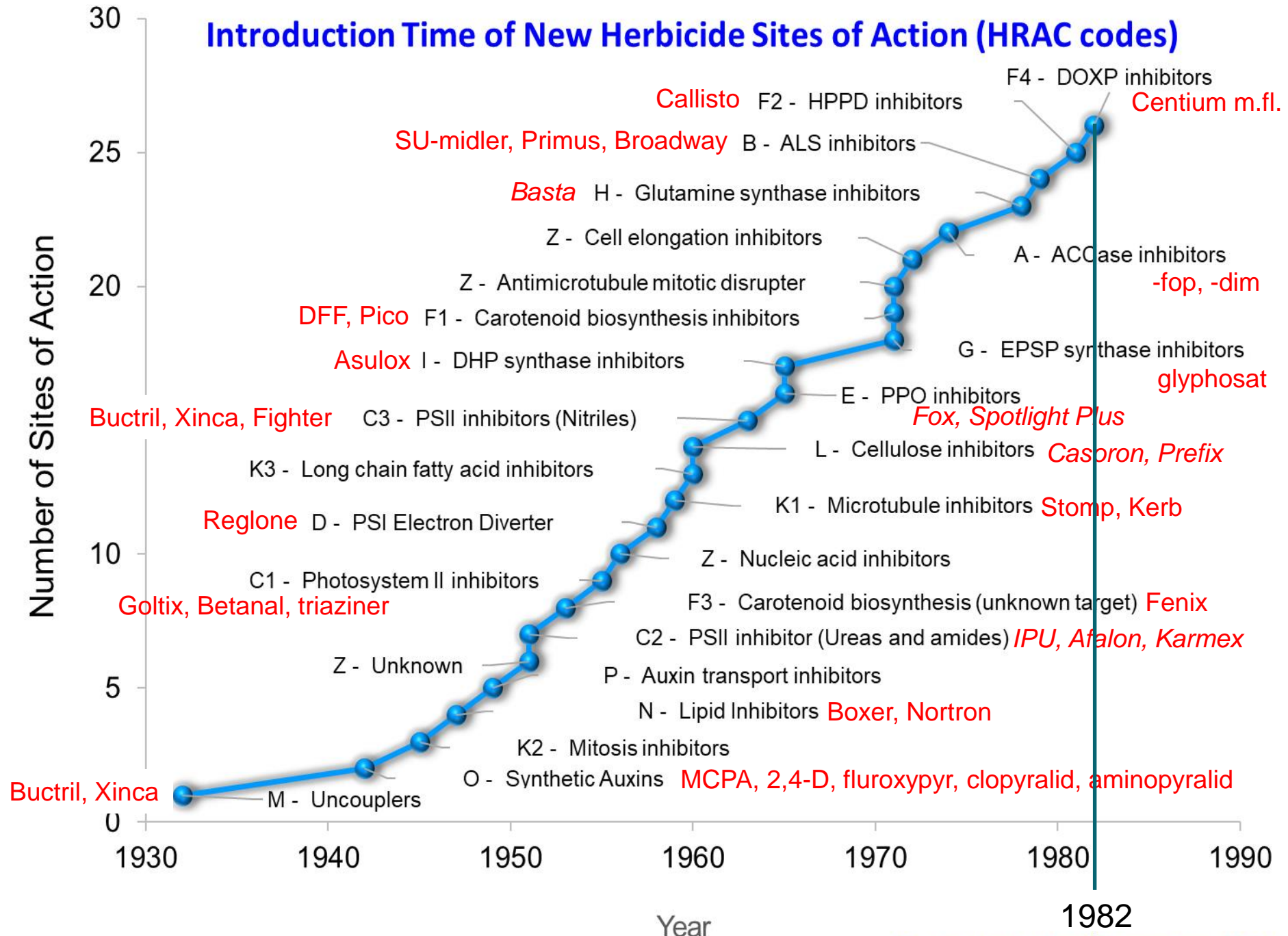
Virkningssteder for ukrudtsmidler i plantecellen



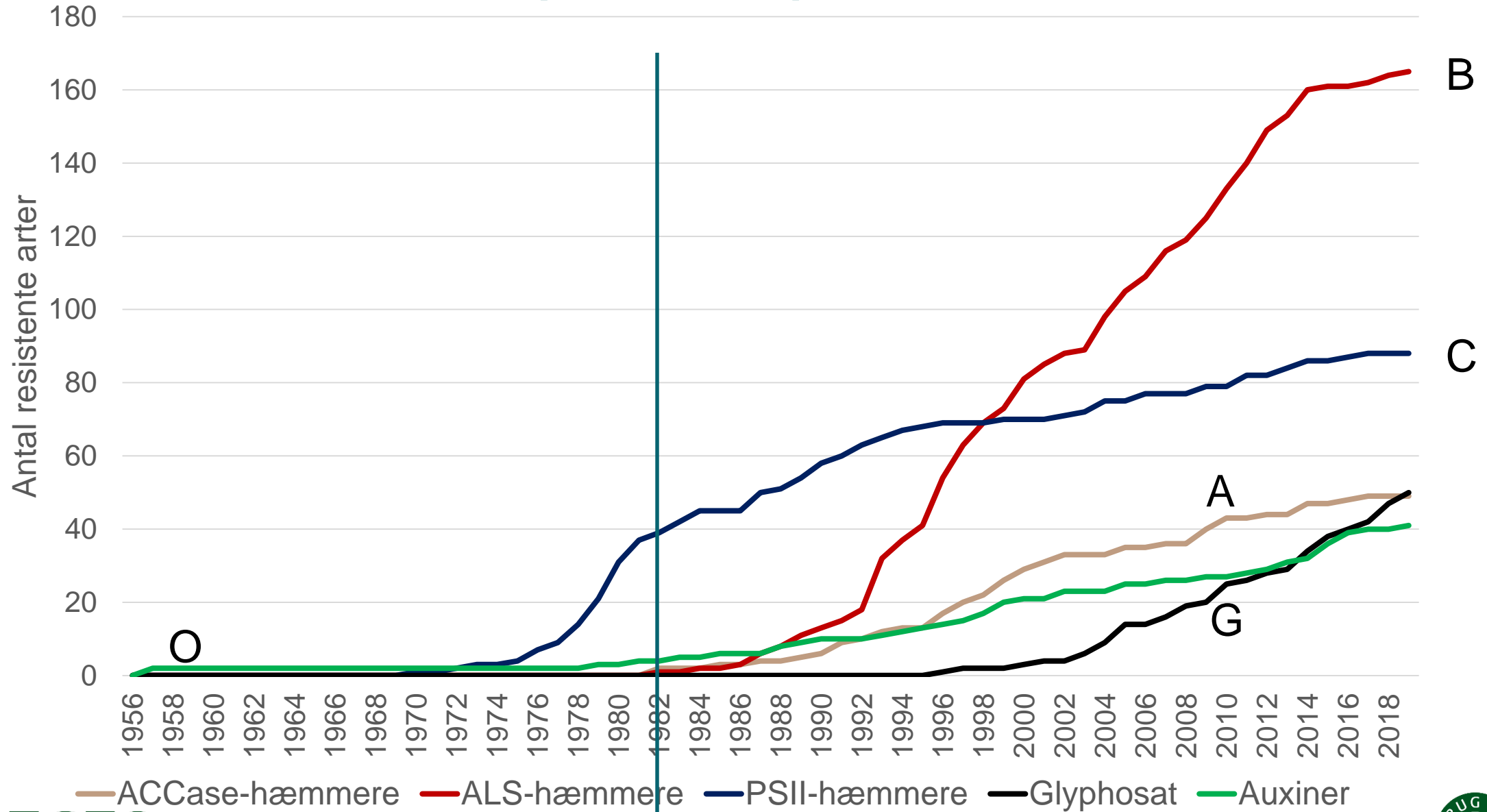
Kilde: Delye et al. 2013

Snart 40 år siden sidste nye virkemekanisme på verdensplan

Introduction Time of New Herbicide Sites of Action (HRAC codes)



Status herbicidresistens på verdensplan



SEGES

1982

Kilde: Ian Heap, www.weedscience.org



50 ukrudtsarter med resistens mod glyphosat i 2020

Nummer	Årstal	Art (Land)
1	1996	Enårig rajgræs (Australien)
3	2000	Canadisk bakkestjerne (USA)
4	2001	Italiensk rajgræs (Chile)
18	2008	Alm. rajgræs (Argentina)
24	2010	Enårig rapgræs (USA)
28	2012	Agerkål (Argentina)
34	2014	Alm. svinemælk (Australien)
43	2018	Flyvehavre (Australien)
50	2019	Alm. hanespore (Argentina)

Status herbicidresistens i Danmark

Ukrudtsart	Herbicide-gruppe	Første fund	Antal lokaliteter
Fuglegræs	ALS-TSR	1991	36
Hanekro	ALS-TSR	1999	1
Agerrævehale	ALS, ACCase	2001	104
Kornvalmue	ALS-TSR	2003	12
Lugtløs kamille	ALS-TSR	2010	20
Italiensk rajgræs	ALS, ACCase	2010	53
Alm. rajgræs	ALS, ACCase	2014	3
Vindaks	ALS, ACCase	2010	8
Hyrdetaske	ALS-TSR	2011	1
Enårig rapgræs	ALS TSR?	2015	3



STATUS FOR FOREKOMST AF HERBICIDRESISTENS I DANMARK (2013-2015)

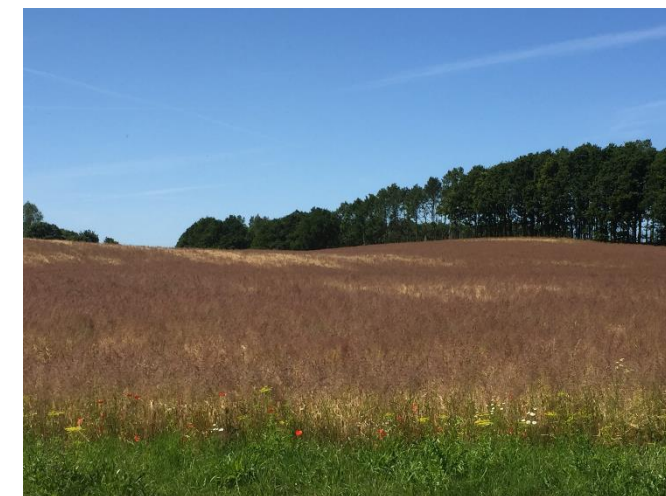
DCA rapport 84



8% af 300 testede prøver var resistente

- 30 % for **agerrævehale** (SU og fop/dim)
- 15 % for **fuglegræs** (SU)
- 14 % for **italiensk rajgræs**
- 19 % for **almindelig rajgræs** (SU)
- 5 % for **kornvalmue** (SU)
- 1 % for **lugtløs kamille** (SU)

Der blev ikke fundet resistens hos **vindaks** og **kornblomst**

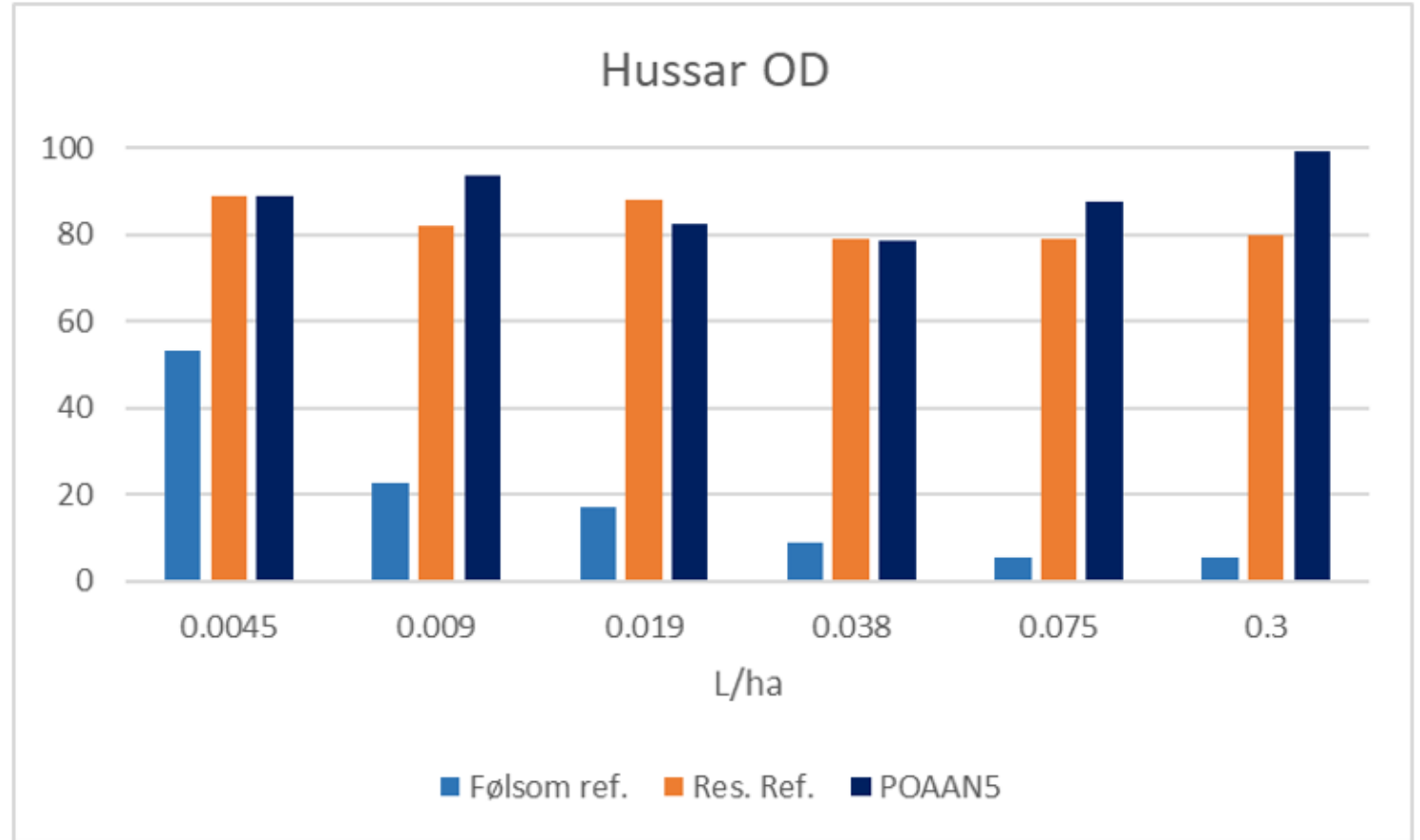


Kilde:
Solvejg Mathiassen,
AU, Flakkebjerg

Herbicidresistens er blevet til virkelighed på mange arealer

Ukrudtsart	Udbredelse i Danmark
Italiensk rajgræs	+++++
Agerrævehale	+++++
Vindaks	+
Enårig rapgræs	+
Fuglegræs	+++++
Kamille	+++
Valmue	++

Biomasse af enårig rapgræs efter stigende dosis af Hussar



En resistent bestand af enårig rapgræs fra Danmark (POAAN5) er testet imod en følsom og en resistent reference.

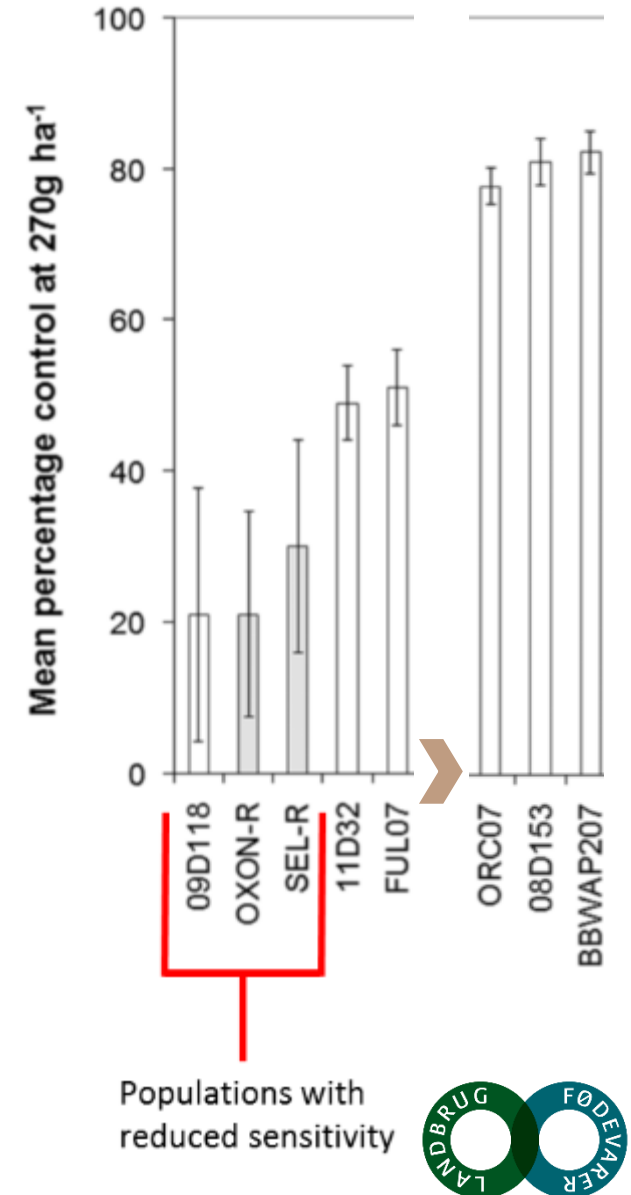
Kilde: Solvejg. K. Mathiassen, AU AGRO

Resistens rykker endnu tættere på

- Agerrævehale er resistent i hver tredje mark
- Italiensk rajgræs er resistent i hver sjette mark
- Fuglegræs er ofte resistent mod ALS-hæmmere
- Kamille er også ALS-resistent i en del marker

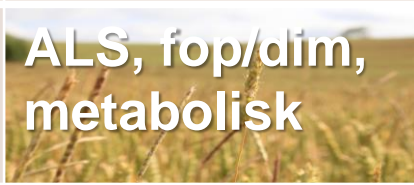






Udviklingen i England giver et varsel om hvad der venter os

Nedsat følsomhed for glyphosat i 3 ud af 35 populationer af gold hejre

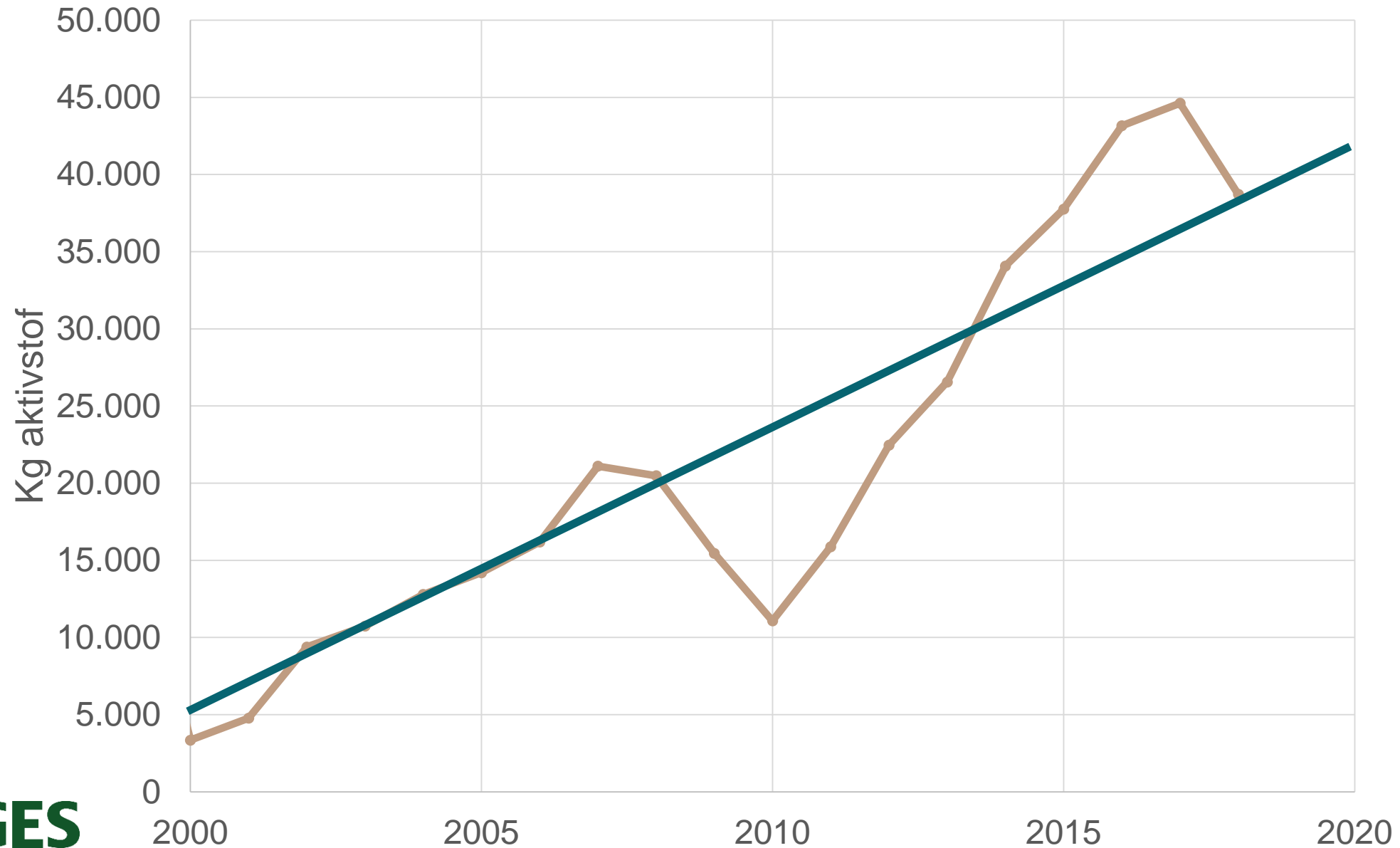


Resistensforebyggelse

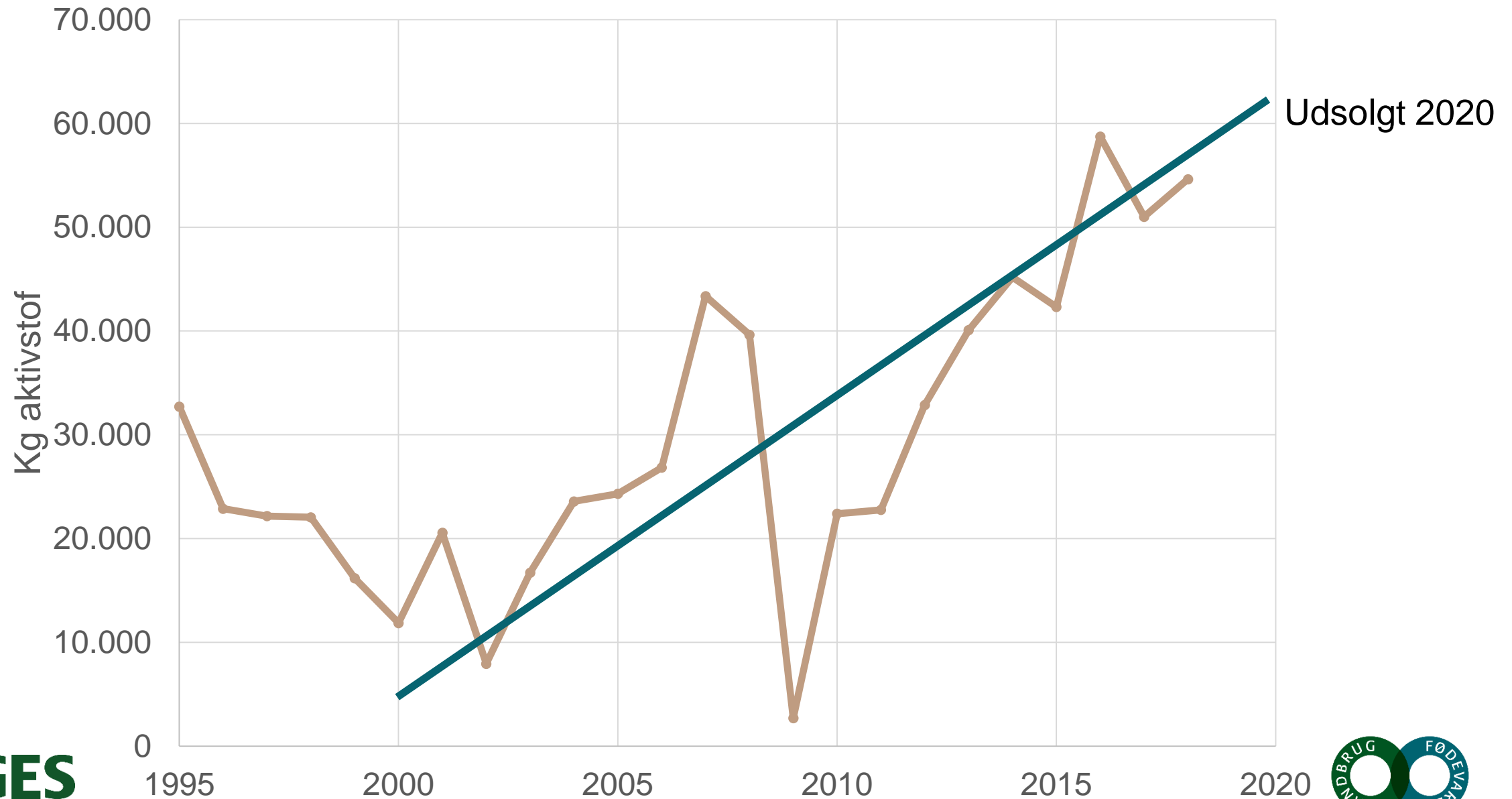
- **Holde bestande små via IPM**
- Rotere/skifte mellem virkemekanismer
- Blande midler med forskellige virkemekanismer
- Men... vi løber hurtigt tør for alternativer i mange sædskifter

Ukrudtsart	Hyppigste resistens	Virkemekanismer
Agerrævehale	 <p>ALS, fop/dim, metabolisk</p>	ACCCase-hæmmere (A), ALS-midler (B), Boxer (N), Kerb (K1)
Ital. rajgræs	 <p>ALS, fop/dim, metabolisk</p>	ACCCase-hæmmere (A), ALS-midler (B), Boxer (N), Kerb (K1)
Vindaks	 <p>ALS</p>	ACCCase-hæmmere (A), ALS-midler (B), Boxer (N), Kerb (K1)
Enårig rapgræs	 <p>ALS</p>	ALS-midler (B), Boxer (N), DFF (F1), Fenix (F3), Kerb/Stomp (K1)
Fuglegræs	 <p>ALS</p>	ALS-midler (B), Fighter (C3), DFF (F1), Callisto (F2), Fenix (F3), Centium (F4), Kerb (K1), Boxer (N), hormon som fluroxypyr og halauxifen (O)
Kamille	 <p>ALS</p>	ALS-midler (B), Fighter (C3), DFF (F1), Callisto (F2), Fenix (F3), hormon som aminopyralid, clopyralid og picloram (O)
Valmue	 <p>ALS</p>	ALS-midler (B), Stomp (K1), hormon som halauxifen (O)

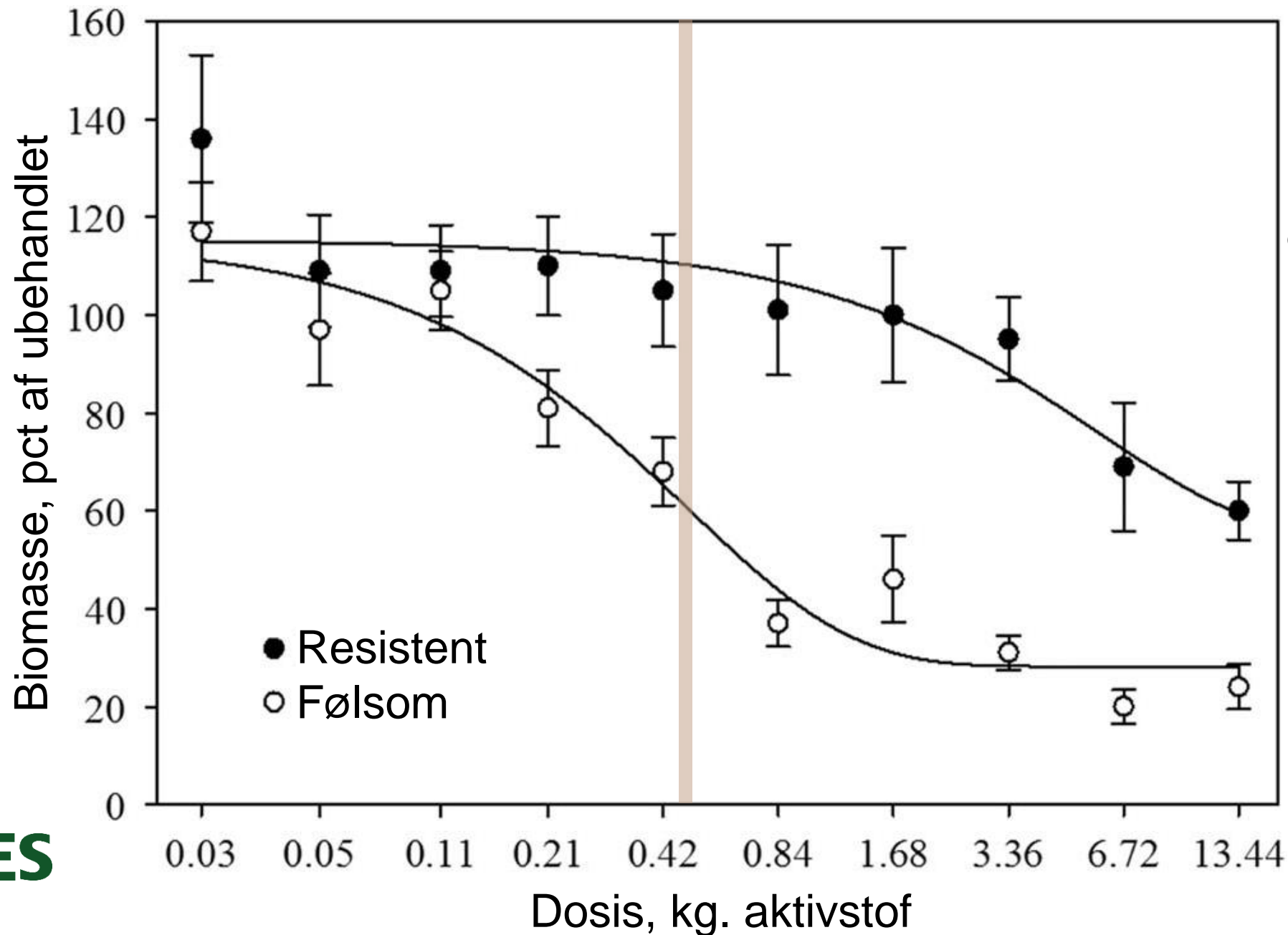
Salg diflufenican (HRAC klasse F₁) i Danmark 2000-2018



Salg propyzamid (HRAC klasse K₁) i Danmark 1995-2018



Kerb er desværre ikke hævet over resistens



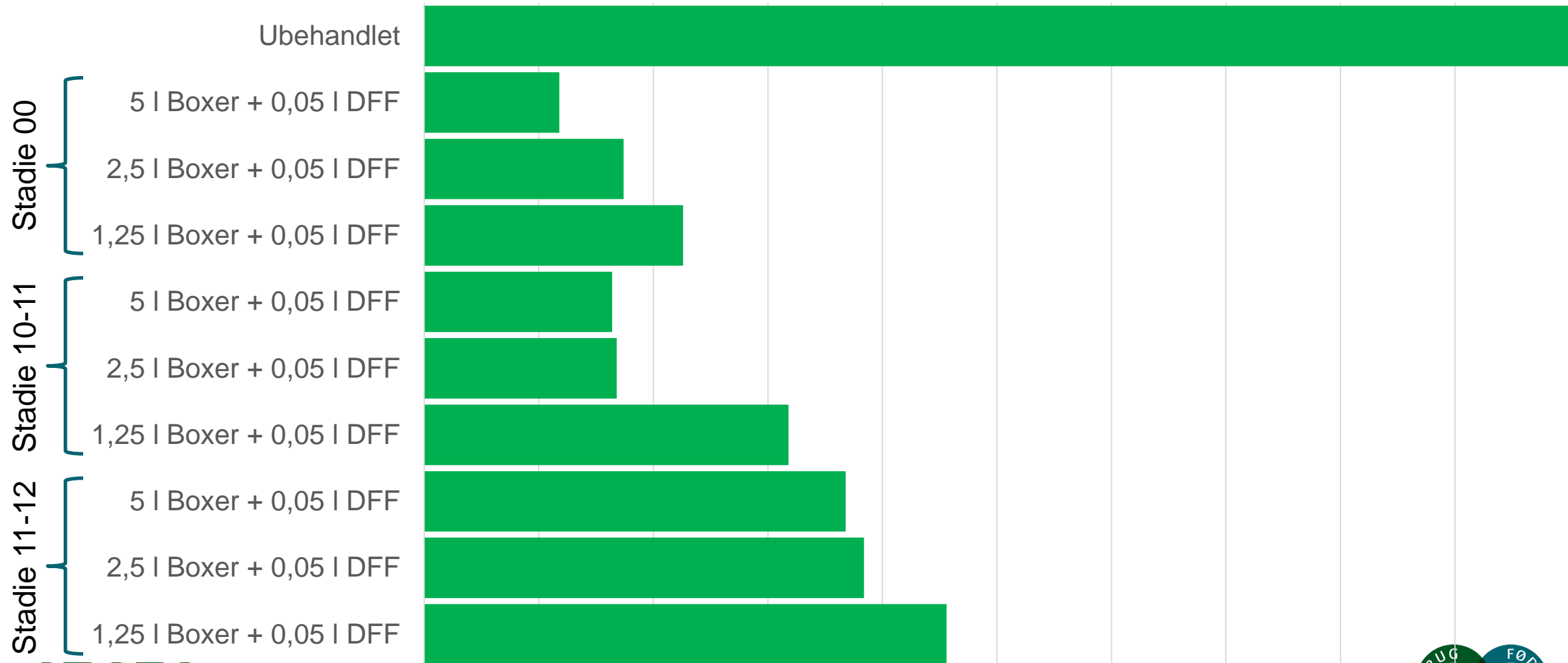
Kilde: McCullough et al. 2017

Bekæmpelse af resistent italiensk rajgræs

5 fs. efterår 2018

Biomasse ultimo november

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



SEGES

Gns. sådato 17. september

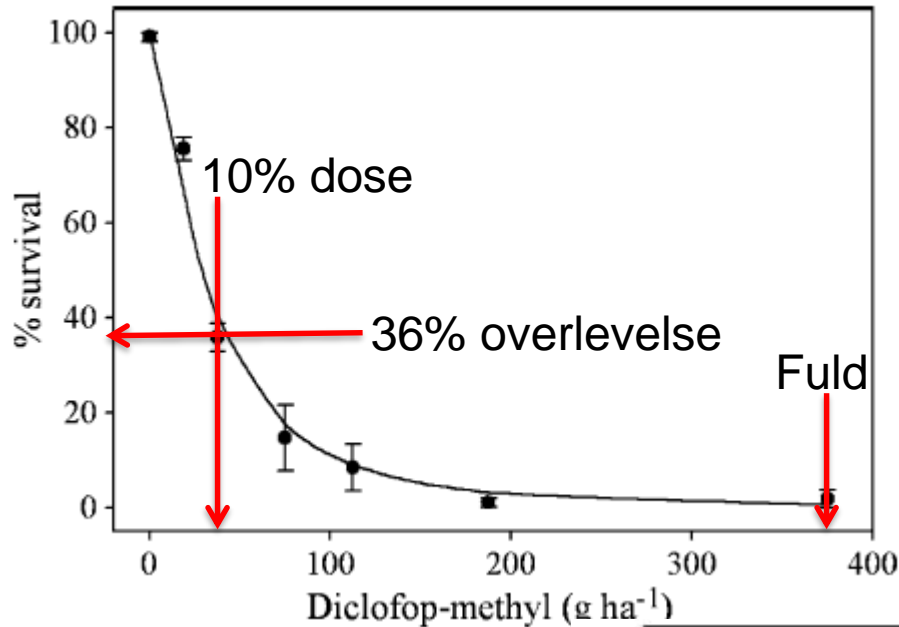


Høje eller lave doser?

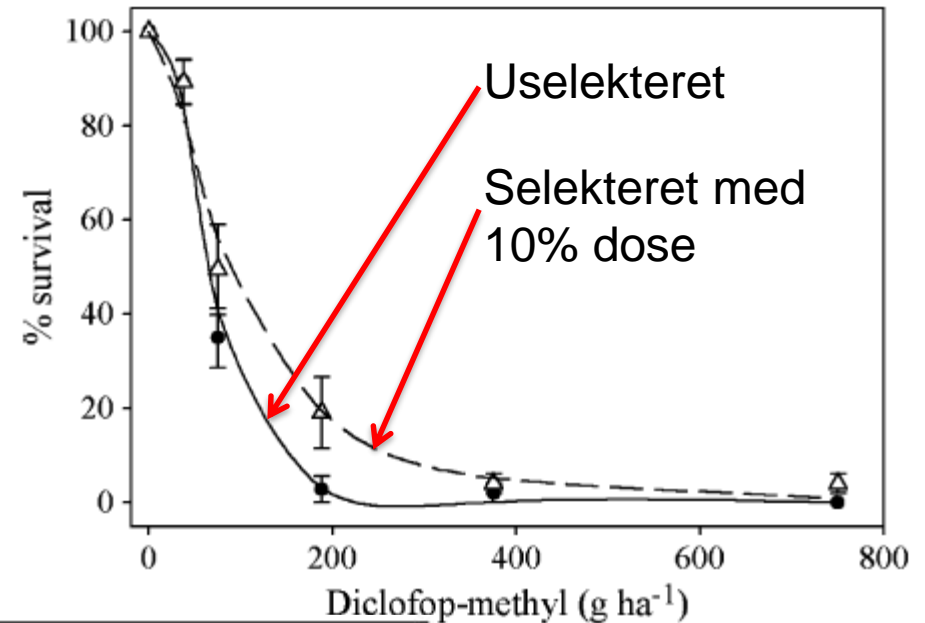
- Det diskuteres ofte, om resistens skyldes, at der er anvendt (for) høje eller (for) lave doser – nogle mener at den udbredte anvendelse af 'reducerede doser' i Danmark er skyld i, at vi ser resistens
- Når det handler om Target-Site Resistens, så giver høje doser / høje effekter et stort selektionstryk og dermed en hurtig resistensudvikling
- Men
- Når det handler om Non-Target-Site Resistens (metabolisk resistens), så kan lave effekter, som giver hurtig resistensudvikling

Udvikling af metabolisk resistens (NTSR)

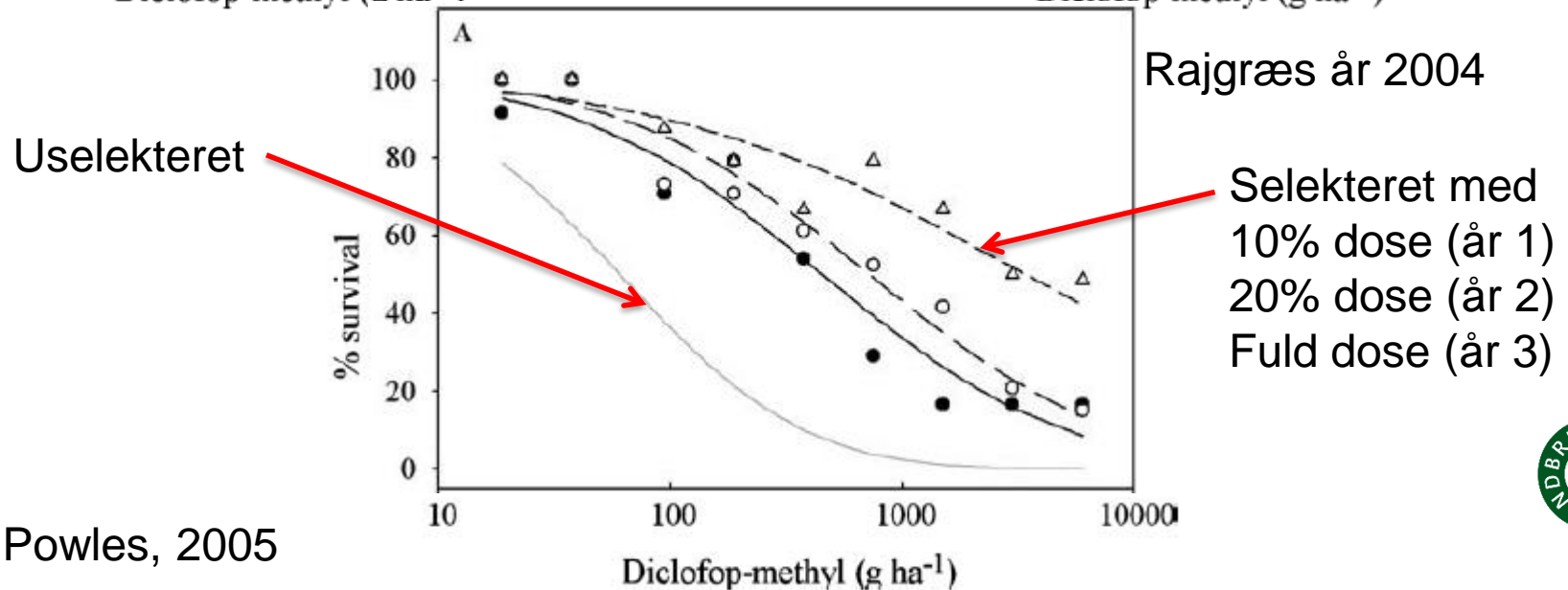
Rajgræs år 2000



Rajgræs år 2001



Rajgræs år 2004





IWM

Diverse cropping systems (in space and time)

Cultivar choice/establishment

Field/soil management

Targeted control

Monitoring & evaluation

Cover crops

Inter cropping

Rotation

Field margin management

Mulching alive

Spatial arrangement

Reducing impact of weeds on crop

Reduce seed return

Prevent establishment

Supportive tactics

Sensing technology

Scouting

DSS

Cultivar choice

Seed vigour

Sowing depth

Sowing pattern

Transplanting

Sowing date

Seed rate

Hand weeding

Weed seed collection & destruction

Post-emergence herbicide in autumn

Post-emergence herbicide in spring

Patch/band spraying

Mowing

Pre-sowing herbicide

Flame weeding

Biocontrol

Pre-emergence herbicides

Mechanical weeding

Crop destruction with herbicide

Seed bed preparation

Liming

Water management

Nutrient placement

Tillage type

Mulching dead

Cultivation depth

Stubble management

SEGES



De vigtigste justeringer, man kan foretage

Sædskifte,

sædskifte

...og sædskifte

Robotter – en del af fremtidens landbrug?

Den positive nyhed:
Ukrudt har endnu ikke
udviklet resistens over
for jern!



SEGES

https://ehfyn.dk/selvkoerende_robot_i_landbruget/0/5

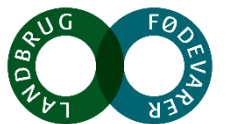
Arbejde med nye løsninger – EU projekt IWMPRAISE



- Udvikling af bedre skær til radrensning – stabil både mht. arbejdsdybde og sideværts
- Udvikling af mekaniske ‘weed-wipere’ (weed surfer)
- ...og meget andet spændende nyt, f.eks. flammebehandling, allelopati osv.
- Sætte mange små tiltag sammen til en slagkraftig strategi

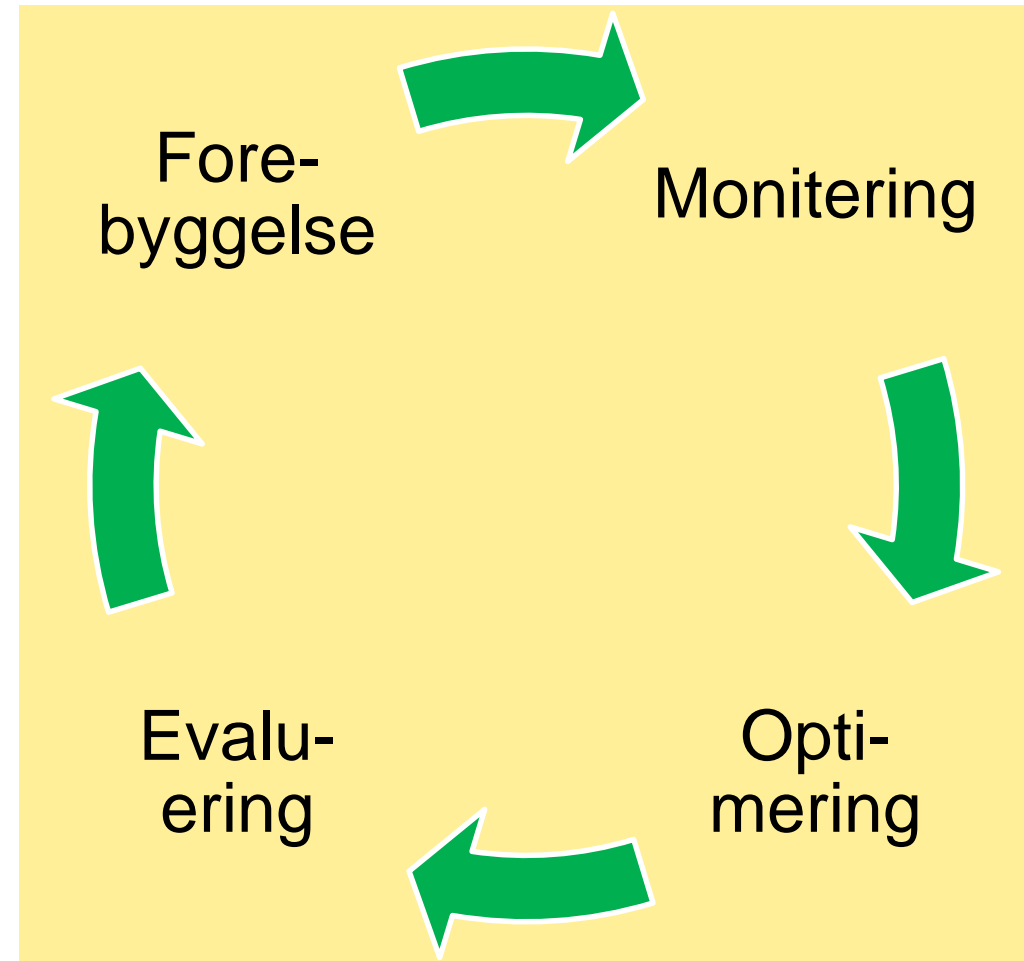


Kilde: <http://www.cpm-magazine.co.uk>



Sæt tiltagene sammen til en strategi – og gennemfør den!

- Lav en plan!!
 - Enkeltiltag er variable og ikke i sig selv tilstrækkelige – mange små hamre
 - Hvilke værktøjer kan bruges hos dig?
- Før planen ud i livet
- Tag hensyn til spidsbelastningsperioder – hvad er realistisk?
- Evaluér og justér løbende



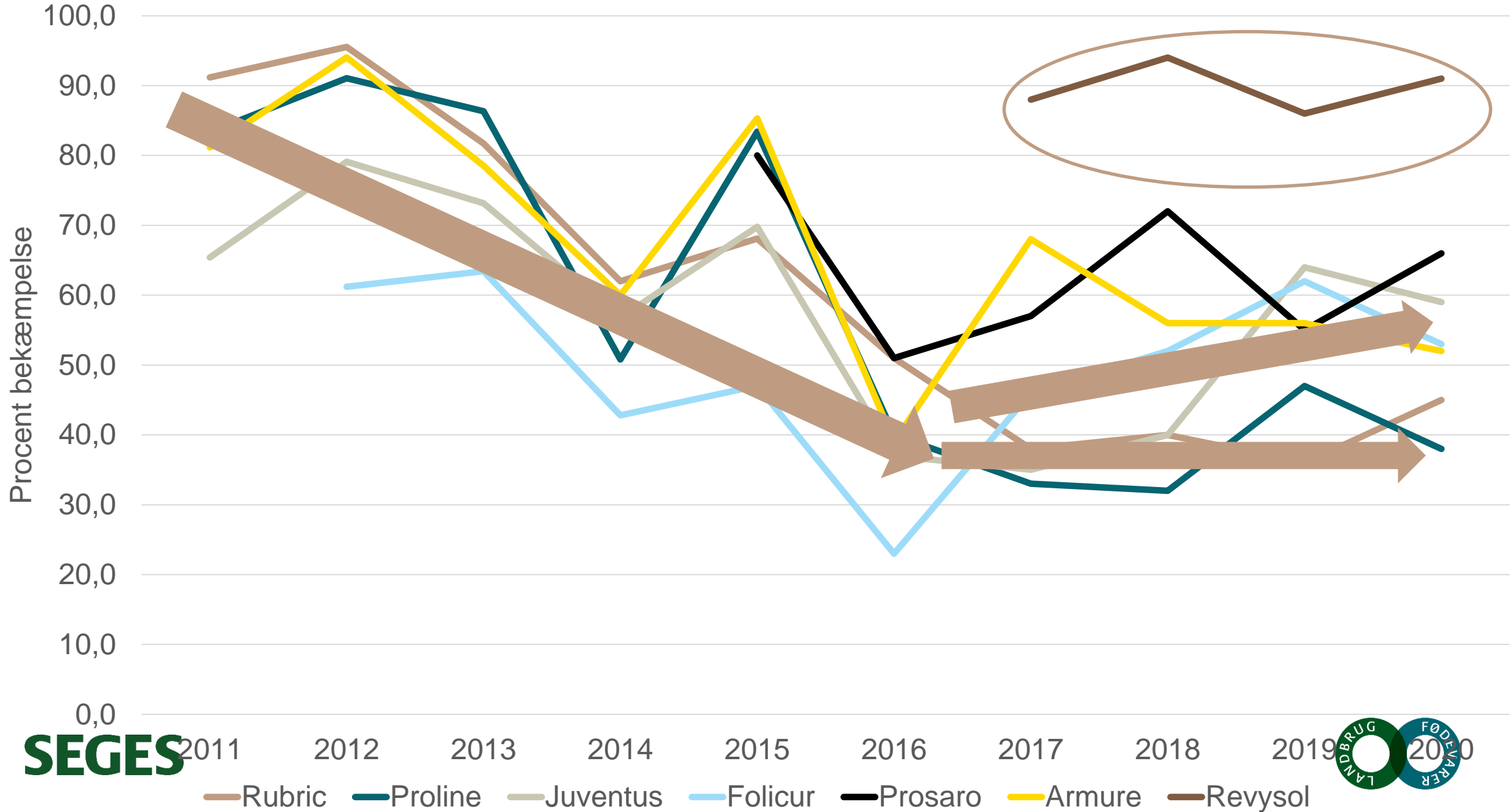
Svampemidler i korn

Virkemekanisme/ gruppe	Indgår i	Resistens- risiko
Aminer/5	Input	Lav til middel
Azoler/3	Balaya, Bell, Ceando, Folicur Xpert, Input, Juventus, Mirador forte, Opera, Orius Max, Proline, Proline Xpert, Propulse, Prosaro, Rubric, Viverda, Univoq	Middel
Aryl-phenyl- ketoner/U8	Ceando, Flexity	Middel
Azanaphthalener/13	Talius	Middel
SDHI-midler/7	Bell, Propulse, Viverda	Middel til høj
Strobiluriner (Qol)/11	Amistar/Mirador, Balaya, Comet Pro, Mirador forte, Opera, Viverda	Høj
Picolinamider (Qil)/21	Univoq	Middel til høj

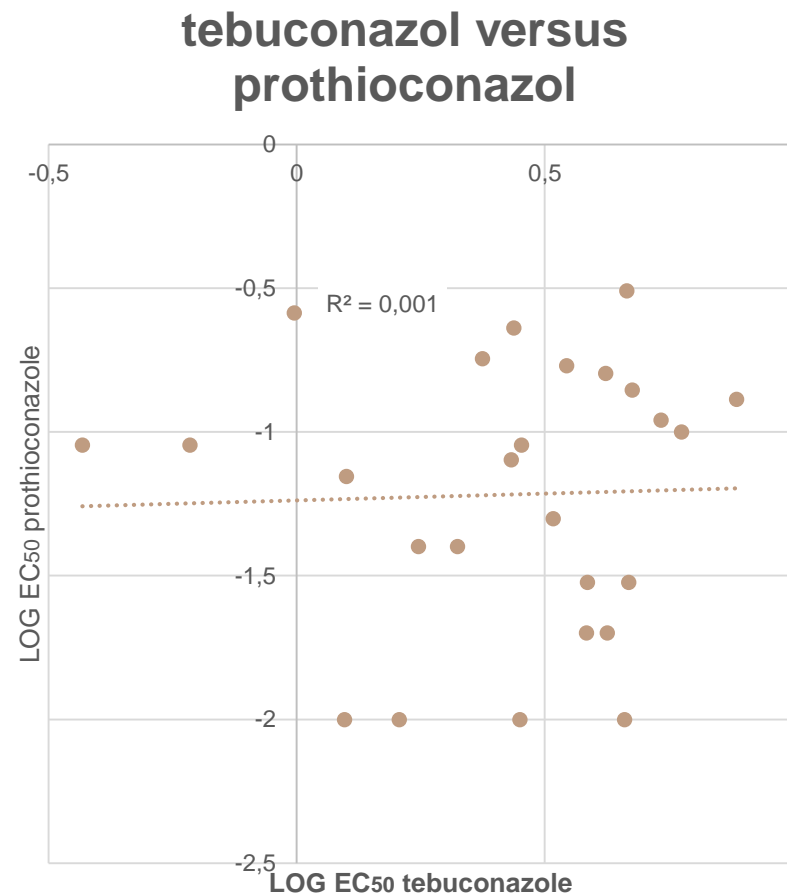
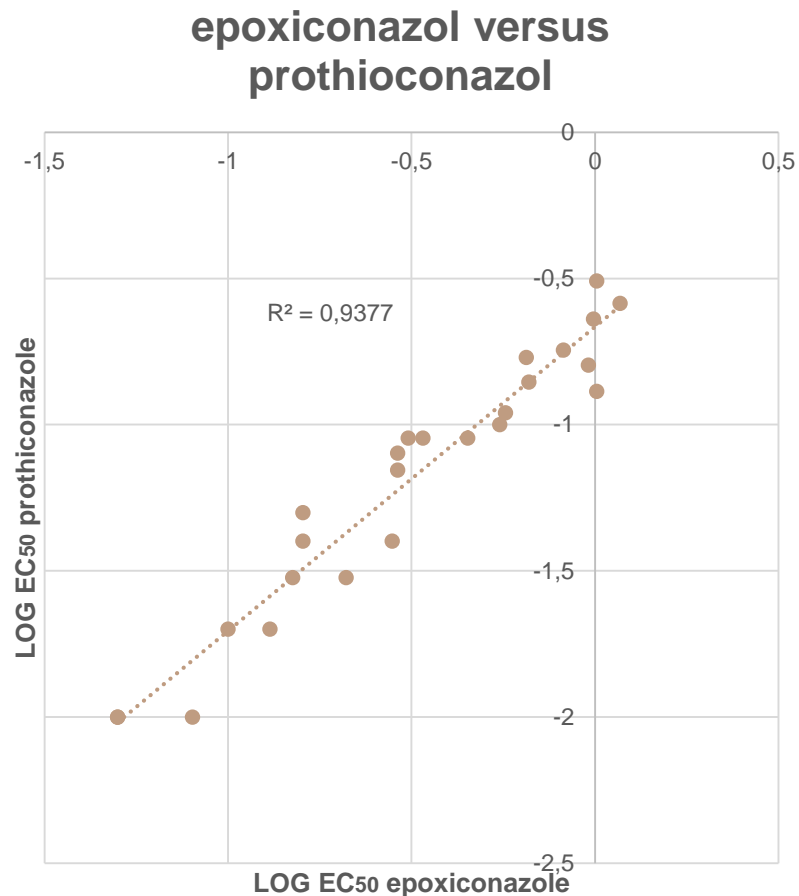
Svampemidler i korn

Virkemekanisme/ gruppe	Indgår i	Resistens- risiko
Azoler/3	Balaya , Folicur Xpert, Juventus, Mirador forte, Orius Max, Proline, Proline Xpert, Propulse, Prosaro, Univoq	Middel
SDHI-midler/7	Propulse	Middel til høj
Strobiluriner (Qol)/11	Amistar/Mirador, Balaya , Comet Pro, Mirador forte	Høj
Picolinamider (Qil)/21	Univoq	Middel til høj

Bekæmpelse af Septoria med azoler, 2x1/2 dosis, Aarhus Universitet



Krydsresistens kun mellem visse triazoler



Krydsresistens:
Epoxiconazol = prothioconazol
Tebuconazol = difenoconazol

Link mellem EC50 værdier. Data samlet fra forskellige lande – Eurowheat

Resistensudvikling hos svampe i byg

Sygdom	Resistens i DK
Bygbladplet	Enkelte tilfælde mod SDH-midler og triazoler. Resistens mod strobiluriner stabiliseret (Comet Pro blandt de bedste midler).
Ramularia	Meget udbredt mod triazoler og strobiluriner. Ret udbredt mod SDHI-midler.
Meldug	Udbredt mod strobiluriner.

Forebyg resistens mod svampemidler

- Begræns antal sprøjtninger
- Vælg mindre modtagelige sorter/sortsblandinger
- Skift mellem forskellige virkemekanismer
- Anvend blandinger med forskellige virkemekanismer
- Vælg robuste doser
- Anvend god sprøjteteknik

Virkemekanismer for skadedyrsmidler i landbrugsafgrøder

Betegnelse/ resistensgruppe	Midler	Anvendes mod
Carbamater/1A	Pirimor 500 WG (pirimicarb)	Bladlus i mange forskellige afgrøder
Neonicotinoider/4A	Mospilan SG (acetamiprid)	Bladlus, cikader og coloradobiller i kartofler
Oxadiaziner/22A	Avaunt 150 EC (indoxacarb)	Glimmerbøsser i raps
Pyrethroider/3A	Fastac (alpha-cypermethrin)	Mange forskellige skadedyr
	Lamdex/Kaiso Sorbie (lambda-cyhalothrin)	Mange forskellige skadedyr
	Mavrik Vita (tau-fluvalinat)	Flere forskellige skadedyr
Pyridincaboxamider/29	Teppeki (flonicamid)	Bladlus i korn og kartofler

Tilfælde af resistens mod pyrethroider

Skadedyr	Resistens i DK	Resistens i udlandet
Raps		
Glimmerbøsser	Udbredt (Mavrik virker)	Udbredt (Mavrik virker)
Skulpesnudebiller	Første fund i 2020	Udbredt i Nordtyskland
Bladribbesnudebiller	Ingen	Første fund
Rapsjordlopper	Enkelte fund, men ej type som giver svigtende effekt	Type, der giver svigtende effekt udbredt i UK og fundet i Frankrig
Kålmøl	Ja, antages. Mod flere virkemekanismer	Multiresistente kålmøl fundet mange steder
Korn		
Bladlus	Ingen	Flere fund
Kornbladbiller	Ingen	Første fund i 1 art (Mavrik virker)
Roer og kartofler		
Ferskenbladlus	Udbredt	Udbredt

Forsink resistensudvikling mod pyrethroider

- Skift mellem/blanding af forskellige virkemekanismer ikke muligt for skadedyrsmidler
- Begræns antal sprøjtninger – brug bekæmpelsestærskler.
- Hver påvirkning øger risikoen for resistensudvikling.
- Færre sprøjtninger giver flere nyttedyr

Vejledende bekæmpelsestærskler for bladlus i korn

- Frem til stadie 73 (tidlig mælkemodent stadium):
 - 40 procent angrebne strå
 - 25 procent angrebne strå, hvis samtidig behov for svampebekæmpelse
- Stadie 74-75 (kerneindhold mælket og let grynet):
 - 100 procent angrebne strå

