

Ændringer i bekæmpelsesmid- lernes egenskaber fra 1981-1985 frem til 1996

Faglig rapport fra DMU, nr. 223

Henning Clausen
Afdeling for Miljøkemi

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
Marts 1998

Datablad

Titel:	Ændringer i bekæmpelsesmidlernes egenskaber fra 1981-1985 frem til 1996
Forfatter(e):	Henning Clausen
Afdeling(er):	Afdeling for Miljøkemi
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 223
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	Marts 1998
Layout/tegninger:	Majbritt Pedersen-Ulrich og Henning Clausen
Bedes citeret:	Clausen, H. (1998): <i>Ændringer i bekæmpelsesmidlernes egenskaber fra 1981-1985 frem til 1996. Danmarks Miljøundersøgelser.</i> 63 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 223.
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning: available	Trends in environmental load of agricultural pesticides from the reference period (1981-1985) to 1996 have been analysed by applying an Index of Load (IL) to toxicity and fate data. The IL's for acute toxicity have declined over the years primarily because of the exclusion of a number of substances from the Danish market. The same holds true for chronic toxicity to mammals. There is a general tendency towards a reduction in IL's for degradability, and solubility in water. Put together the IL's for K_{ow} and BCF indicate that there might be an increase in the bioconcentration load of the pesticides used. The total sale of Carc3 classified pesticides declined from the reference period to the three-year period 1988-1990, hence the sale has increased so that the level is now equal to the sale in the reference period.
Frie emneord:	Belastningstal, Index of Load, pesticider, toxicity, giftighed, pattedyr, fugle, fisk, regnorme, krebsdyr, alger, halveringstid, nedbrydning, adsorption, vandopløselighed, bioakkumulering og mobilitet.
Redaktionen afsluttet:	Marts 1998
ISBN:	87-7772-372-4
ISSN:	0905-815X
Tryk:	Glostrup Offset Tryk
Sideantal:	63
Oplag:	200
Pris:	kr. 45,- (inkl. moms, ekskl. forsendelse)

Købes i boghandelen eller hos:

Danmarks Miljøundersøgelser
Postboks 358
Frederiksborgvej 399
DK-4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

Miljøbutikken
Information og Bøger
Læderstræde 1
1201 København K
Tlf.: 33 37 92 92
Fax: 33 92 76 90

Indhold

Forord	5
Sammendrag	7
English summary	11
1 Indledning	15
2 Metoder	15
3 Resultater	21
3.1 Pattedyr. Akut oral giftighed	21
3.2 Pattedyr. Kronisk giftighed	24
3.3 Pattedyr. Redroduktionsgiftighed	26
3.4 Pattedyr. Fosterskadegiftighed	27
3.5 Pattedyr. Kræftgiftighed	27
3.6 Fugle. Akut oral giftighed	29
3.7 Fugle. Akut føde giftighed	31
3.8 Fugle. Redroduktionsgiftighed	31
3.9 Regnorme	32
3.10 Fisk	32
3.11 Krebsdyr. Akut EC ₅₀	34
3.12 Krebsdyr. Reproduktions EC ₅₀	37
3.13 Alger	37
3.14 Halveringstiden, T ₅₀	38
3.15 Bindingskoefficienten, K _{oc}	41
3.16 Vandopløselighed, S	43
3.17 Fordeling i octanol-vand, K _{ow}	45
3.18 Biokoncentrationsfaktoren, BCF	48
4 Diskussion	49
4.1 Metode	49
4.2 Pattedyr. Akut oral giftighed	51
4.3 Pattedyr. Kronisk giftighed	51
4.4 Pattedyr. Effekter på reproduktion samt fosterskader	52
4.5 Pattedyr. Kræftfremkaldende effekter	52
4.6 Fugle. Akut oral giftighed	53
4.7 Fugle. Akut fødegiftighed	54
4.8 Fugle. Reproduktionsgiftighed	54
4.9 Regnorme	54
4.10 Fisk	54
4.11 Krebsdyr. Akut EC ₅₀	54
4.12 Krebsdyr. Reproduktion	55
4.13 Alger	55
4.14 Halveringstiden, T ₅₀	55
4.15 Bindingskoefficienten, K _{oc}	55

4.16 Vandopløselighed, S 56
4.17 Fordeling i octanol-vand, K_{ow} 56
4.18 Biokoncentrationsfaktoren, BCF 56

5 Konklusion 59

6 Referencer 61

Danmarks Miljøundersøgelser 62

Faglige rapporter fra DMU 63

Forord

Arbejdet er udført som et samarbejdsprojekt mellem Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Miljøkemi og Miljøstyrelsen.

Arbejdet blev fulgt af en styringsgruppe bestående af følgende personer:

Gunver Bennekou (formand)	Miljøstyrelsen
Lene Gravesen	Miljøstyrelsen
Peter B. Sørensen	Danmarks Miljøundersøgelser
Niels Elmegaard	Danmarks Miljøundersøgelser
Henning Clausen	Danmarks Miljøundersøgelser

Niels Elmegaard, DMU har foretaget faglig kvalitetssikring og Nina Sørup Hansen, Miljøstyrelsen har leveret forslag til formuleringer til afsnittene om kræft-, reproduktions og fosterskadegiftighed.
Lene Gravesen, Miljøstyrelsen har været kontaktperson til Miljøstyrelsen og har gennemgået og kommenteret rapporten.

Sammendrag

I forbindelse med opgørelsen af forløbet af handlingsplanen for nedbringelse af forbruget af bekæmpelsesmidler skal der bl.a. tages hensyn til eventuelle ændringer i stoffernes egenskaber, dvs. om stofferne er blevet mere eller mindre farlige for miljøet og sundheden.

Herværende arbejde er et forsøg på at sammenligne stoffernes egenskaber sammenholdt med forbruget i referenceperioden, 1981-1985, med årene frem til og med 1996.

Data

Giftighedsdata er blevet samlet for :

Pattedyr:

Akut oral giftighed, LD₅₀, mg pr. kg legemsvægt
Kronisk giftighed, NOAEL, mg pr. kg legemsvægt
pr. dag
Reproduktionsgiftighed
Fosterskadende giftighed
Kræftfremkaldende effekt

Fugle:

Akut oral, LD₅₀, mg pr kg legemsvægt
Fødegiftighed, LC₅₀, mg pr. kg føde
Reproduktionsgiftighed, NOEC, mg pr. kg føde

Regnorme:

LC₅₀, mg pr. kg jord

Fisk:

96 timer, LC₅₀, mg pr liter vand

Krebsdyr:

48 timer, EC₅₀, mg pr. liter vand
Reproduktion, 21 dage, EC₅₀, mg pr. liter vand

Alger:

96 timer, EC₅₀, mg pr. liter vand

LD₅₀= letal dosis 50%, dvs. den dosis ved hvilken 50% dør.

LC₅₀= letal koncentration 50%, dvs. den koncentration i føden eller miljøet ved hvilken 50% dør.

EC₅₀= effekt koncentration 50%, dvs. den koncentration i miljøet hvor der er effekt på 50% af individerne

NOEC= No Observed Effect Concentration, dvs. den koncentration i miljøet hvor man ikke noterede en effekt, der var *statistisk sikkert* forskellig fra kontrollen.

NOEL= No Observed Effect Level, dvs. den koncentration eller dosis miljøet hvor man ikke noterede en effekt, der var *statistisk sikkert* forskellig fra kontrollen.

NOAEL= No Observed Adverse Effect Level, som NOEL idet man dog kun betragter effekter som man har skønnet er betydende (negative).

Endvidere er følgende data vedrørende stoffernes skæbne i miljøet indsamlet:

Halveringstiden i jord i laboratoriet, T_{50} , dage

Adsorptionskoefficienten for bindingen til jord, K_{oc}

Vandopløseligheden, S, mg pr. liter

Fordelingen mellem octanol og vand, K_{ow}

Biokoncentrationsfaktoren i fisk, BCF

Data for bejdsemidler er ikke medtaget i analysen, da disse ikke indgår i behandlingshyppigheden.

Belastningstal

Giftigheden er blevet vægtet i forhold til de solgte mængder af pesticider og i forhold til det samlede areal i omdrift efter den metode, som er angivet i Gyldenkærne (1997) dvs. som antallet af toksicitetsdoser pr. ha:

$$\text{Belastringsstallet (BT)} = \frac{\Sigma(\text{kg v.s}_i / \text{toks})}{\text{hektar}_i}$$

hvor Σ = "summen af", v.s.= virksomt stof, toks = det mindste af det givne giftighedsmål (LD_{50} , LC_{50} , NOAEL osv.), i = et givent pesticid, j = et givent år.

Denne værdi er analog til handlingsplanens behandlingshyppighed (BH), hvor toksicitetsværdien er erstattet med den anbefalede dosis, og tallet stiger, hvis giftigheden forøges (dvs. hvis toks bliver mindre) og ellers salget forøges.

For nemheds skyld er ovennævnte brøk ganget med 1000, da BT ellers bliver meget små. BT bliver i hvertfald således:

$$\text{Belastringsstallet (BT)} = \frac{\Sigma(\text{kg v.s}_i / \text{toks})_i}{\text{hektar}_i} \times 1000$$

Salgstallene og arealerne er angivet som gennemsnittet for 1981-85 og som rullende gennemsnit for hver 3 år for perioden 1984 - 1996 således at der i alt opereres med 12 tidsperioder: 1981-85, 1984-86, -85-87, -86-88, -87-89, -88-90, -89-91, -90-92, -91-93, -92-94, -93-95, -94-96.

T_{50} , K_{oc} , S, K_{ow} og BCF: Disse udtryk er ligeledes blevet vægtet med forbruget og arealet. Med hensyn til risiko for udvaskning er det ønskværdigt, at bindingen til jord (K_{oc}) bliver så stor som muligt, mens halveringstiden (T_{50}) og vandopløseligheden (S) skal være så små som muligt. T_{50} skal også helst være så lille som muligt for at

mindsker faren for ophobning i jorden (persistens). Både K_{ow} og BCF er udtryk for potentialet for bioakkumulering og skal helst være så små som muligt.

For at belastningstallene for skæbnemålene, ligesom for giftighedsmålene, skal vise et højt tal ved en større belastning, vægtes T_{50} , S, K_{ow} og BCF med forbruget ved at gange med salgstallet, mens K_{oc} divideres med salgstallet.

Da tolkningen af værdien salg/kræft-NOEL er vanskelig er den samlede solgte mængde af stoffer mærket Carc3 (mistænkt for muligvis at kunne fremkalde kræft hos mennesker; stoffer mærket Carc1 og Carc2 godkendes ikke i Danmark) optegnet.

Herværende analyse er ikke et mål for faktiske effekter eller tilstanden i miljøet, endslige et mål for effekter på økosystemer, men angiver tendenser i udviklingen med hensyn til specifikke former for giftigheds- og skæbnemål.

Højere planter indgår ikke i analysen, på grund af manglende data, idet der ikke er krav om plantetests i godkendelsesordningen. Planterne må anses som fundamentale for de fleste økosystemer, og manglen på plantedata giver en klar "skævhed" i analysen.

Akut giftighed overfor pattedyr, fugle, fisk, regnorme og krebsdyr

Der er gennemgående sket et markant fald i belastningstallene for akut giftighed for alle de undersøgte dyregrupper med undtagelse af tallene for fisk og regnorme, hvor den samlede tendens ikke er klar.

Vigtigste faktor for dette fald er udfasningen af parathion og en række andre stoffer, bl.a. i forbindelse med revurderingen af de "gamle" pesticider.

Kronisk giftighed overfor pattedyr

Belastningstallene for kronisk giftighed hos pattedyr af faldest markant af samme årsager som for akut giftighed.

Reproduktions- og fosterskadegiftighed overfor pattedyr, fugle og krebsdyr

Der er for mange manglende data til at drage sikre konklusioner vedrørende belastningstallene for reproduktionsgiftighed for de tre undersøgte dyregrupper.

Kræftgiftighed overfor pattedyr

Salgstallet for Carc3 (mistænkt for at kunne fremkalde kræft) mærkede stoffer er steget signifikant siden 1987.

Alger

Tendenserne er ikke klare bl.a. på grund af manglende data.

Nedbrydningshastigheden, T_{50}

Der er sket et klart fald i belastningstallene for nedbrydningshastigheden.

Binding til jord, K_{oc}

Der er ingen klar tendens med hensyn til K_{oc} .

<i>Vandopløselighed, S</i>	Belastrningstallene for vandopløseligheden er faldet med undtagelse af værdierne for fungiciderne, hvor der har været en dramatisk stigning, primært på grund af det meget vandopløselige propamocarb. BT for fungicider udgør dog højest omkr. 4½% af det samlede BT.
	Det generelle fald i værdierne for vandopløseligheden skyldes primært udfasningen af en række stoffer.
<i>Bioakkumuleringspotentiale</i>	Samlet set giver K_{ow} og BCF et billede af, at der er sket en stigning i belastningstallene for bioakkumuleringspotentiale.
<i>Det samlede billede</i>	<p>Det samlede billede er således at:</p> <p>belastningstallene for akut giftighed hos de undersøgte dyreformer generelt er faldet, bl.a. som resultat af udfasningen af en række stoffer</p> <p>belastningstallene for kronisk giftighed hos pattedyr viser en faldende tendens bl.a. som resultat af udfasningen af en række stoffer</p> <p>salgstallene for Carc3 mærkede stoffer er i 1994-96 af samme størrelsesorden som i referenceperioden, men salget er steget konstant siden 1987</p> <p>belastningstallene for de tre mål, der har betydning for nedvaskning i jorden gennemgående viser en faldende tendens, som bl.a. skyldes udfasning af en række stoffer</p> <p>belastningstallene for bioakkumulerende potentiale synes at vise en stigende tendens.</p>

English summary

In the evaluation of the results of the Danish actionplan on reduction of the use of pesticides, the toxicological (human- and eco-) properties, and environmental behaviour of the pesticides in use should be taken into consideration.

The present study is an attempt to describe the trends over the years from 1981-1985 to 1996 concerning the abovementioned properties in relation to the total sales.

The following toxicity and environmental fate data have been collected from registration files at the Danish Environmental Protection Agency, from The Pesticide Manual (C. Tomlin ed., 1994) 10th edition and earlier editions, and from the statutory order of the Ministry of Environment and Energy on the List of Dangerous Substances (no. 69, February the 7th 1996):

Mammals: Acute oral toxicity, LD₅₀, mg per kg bodyweight
 Chronic toxicity, NOAEL, mg per kg bodyweight per day
 Reproduction toxicity
 Teratogenecity
 Carcinogenecity

Birds: Acute oral, LD₅₀, mg per kg bodyweight
 Dietary toxicity, LC₅₀, mg per. kg feed
 Reproduction toxicity, NOEC, mg per kg feed

Earthworms: LC₅₀, mg pr. kg soil

Fish: 96 hours, LC₅₀, mg per litre water

Crustaceans: 48 hours, EC₅₀, mg per litre water
 Reproduction toxicity, 21 days, EC₅₀, mg per litre water

Algae: 96 hours, EC₅₀, mg per litre water

T₅₀, the degradation time, i.e. the time it takes to degrade 50% of the substance in soil in the laboratory (days)

K_{OC}, the coefficient of adsorption

S, the solubility in water, mg per litre

K_{OW}, the coefficient of distribution between octanol and water

BCF, the bioconcentration factor in fish

LD_{50} = lethal dose 50%.

LC_{50} = lethal concentration 50%.

EC_{50} = effect concentration 50%.

NOEC= No Observed Effect Concentration, i.e. then concentration which *statistically* is not significantly different from the control.

NOEL= No Observed Effect Level, as NOEC.

NOAEL= No Observed Adverse Effect Level.

The toxicity has been weighted by the total sales and the total area of arable land in Denmark using the method given in Gyldenkærne (1997, Statens Planteavlfsforsøg Rapport 11:63-65), i.e. the number of toxicity doses per hectare:

$$\text{Index of load (IL)} = \frac{\sum (\text{kg v.s.} / \text{toks})_i}{\text{hektar}_j} \times 1000$$

where v.s. = active ingredient, toks = the lowest of the given measure of toxicity (LD_{50} , LC_{50} , NOAEL etc.), i = a certain pesticide, j = a certain year. For convenience the value is multiplied by 1000.

Sales and areas are given as the mean of the years 1981-1985 (the reference period) and sliding means by three for the period 1984 to 1996. There are thus 12 periods, 1981-1985, 1984-1986, 1985-1987, 1986-1988... etc..

In the case of degradation time, solubility in water, and the distribution in octanol/water the values have been multiplied with the total sale, i.e. the index for these fate data is $(\sum (\text{sale} \times \text{fate data}) / \text{hectare}) \times 1000$.

With Carcinogenicity, the total sales of substances classified as being under suspicion for having possible carcinogenic effects (Carc 3) have been calculated. (Pesticides regarded as being carcinogenic (Carc 1 and 2) are not registered in Denmark).

It was found that data were lacking for mammalian reproduction- and teratogenic toxicity, dietary and reproduction toxicity in birds, earthworm toxicity, crustacean reproduction toxicity, and bioconcentration factors in fish to an extent that data could not be regarded as representative, and thus would render the analysis quite flawed, and difficult to interpret.

Data are highly biased in favour of animals as data on higher plants generally are not readily available.

The IL provides a relative measure of environmental load concerning the *specific type of toxicity or fate* data (LD_{50} , K_{OC} etc.). The IL is not a measure of actual effects on populations or ecosystems in the field. In the present report the IL is used as a measure of trend over the years concerning each type of toxicity or fate data.

It should be noted that the IL is concerned only with direct, more or less acute effects, while indirect and long-term effects possibly are of greater importance than the direct.

The overall results are that:

the IL'es for acute toxicity have declined over the years primarily because of the exclusion of a number of substances from the Danish market, the most important of which is parathion. The same tendency holds true for chronical toxicity to mammals.

the total sale of Carc3 classified pesticides declined from the reference period (1981-1985) to the 3-year period 1988-1990, whereafter the sale has increased so that the level is now equal to the sale in the reference period.

the trends in algal toxicity are not apparent partly due to faultiness in data

there is a general tendency towards a reduction in IL'es for degradability, and solubility in water.

the trends in K_{oc} are not clear.

put together the K_{ow} and BCF IL'es indicate that there might be an increase in the "bioconcentration-load" though the data on BCF cannot be regarded as representative, and the trends in K_{ow} are statistically inconclusive.

1 Indledning

I forbindelse med opgørelsen af forløbet af handlingsplanen for nedbringelse af forbruget af bekæmpelsesmidler skal der bl.a. tages hensyn til eventuelle ændringer i stoffernes egenskaber, dvs. om stofferne er blevet mere eller mindre farlige for miljøet og sundheden.

Herværende arbejde er et forsøg på at sammenligne stoffernes egenskaber sammenholdt med forbruget i referenceperioden, 1981-1985, med årene frem til og med 1996.

2 Metoder

*Bela*stningstal

Giftigheden er blevet vægtet i forhold til de anvendte mængder af pesticider og i forhold til det samlede areal i omdrift efter den metode, som er angivet i Gyldenkærne (1997) dvs. som antallet af toksicitetsdoser pr. ha:

$$\text{Bela}stningstallet (BT) = \frac{\Sigma(\text{kg v.s.}_i / \text{toks})_i}{\text{hektar}_j}$$

hvor Σ = "summen af", v.s.= virksomt stof, toks = det mindste af det givne toksicitetsmål (LD_{50} , LC_{50} , NOAEL osv.), i = et givent pesticid, j = et givent år.

For nemheds skyld er ovennævnte brøk ganget med 1000, da BT ellers bliver meget små. Det svarer endvidere til en omregning af giftighedsmålets enhed i mg til kg. BT bliver i herværende arbejde således:

$$\text{Bela}stningstallet (BT) = \frac{\Sigma(\text{kg v.s.}_i / \text{toks})_i}{\text{hektar}_j} \times 1000$$

Som et eksempel kan angives at den akutte orale giftighed og salget i 1981-85 for cyanazin henholdsvis er 182 mg pr. kg legemsvægt og 42931 kg. Udtrykket "kg v.s. / toks" for cyanazin i 1981-85 bliver således: $42931 / 182 = 236$.

Denne værdi er analog til handlingsplanens behandlingshyppighed (BH), hvor toksicitetsværdien er erstattet med den anbefalede dosis, og tallet stiger, hvis giftigheden forøges (dvs. hvis toks bliver mindre) og/eller salget forøges.

Da enhederne af de forskellige BT generelt ikke giver megen mening, er BT her anvendt som om, det var enhedsløst, og betragtes som et tal, der bruges til relative sammenligninger indenfor hver gruppe.

Data

Salgstallene er taget fra Miljøstyrelsen (1992), Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik, og fra dataark, som Jesper Kjølholt, COWI, venligst har udlånt.

Toksicitetsdata er primært hentet fra Miljøstyrelsens afgørelser og C.Tomlin (1994) tiende og tidlige udgaver. I tre tilfælde er data hentet fra et udkast til miljømodul i PC-Planteværn af Steen Gyldenkærne, Statens Planteavlsforsøg (nu Dansk Jordbrugsforskning).

Toksicitetsdata er blevet samlet for :

Pattedyr:

Akut oral giftighed, LD₅₀, mg pr. kg legemsvægt
Kronisk giftighed, NOAEL, mg pr. kg legemsvægt pr. dag
Reproduktionsgiftighed
Fosterskadende giftighed
Kræftfremkaldende effekt

Fugle:

Akut oral, LD₅₀, mg pr kg legemsvægt
Fødegiftighed, LC₅₀, mg pr. kg føde
Reproduktionsgiftighed, NOEC, mg pr. kg føde

Regnorme:

LC₅₀, mg pr. kg jord

Fisk:

96 timer, LC₅₀, mg pr liter vand

Krebsdyr:

48 timer, EC₅₀, mg pr. liter vand
Reproduktion, 21 dage, EC₅₀, mg pr. liter vand

Alger:

96 timer, EC₅₀, mg pr. liter vand

LD₅₀= letal dosis 50%, dvs. den dosis ved hvilken 50% dør.

LC₅₀= letal koncentration 50%, dvs. den koncentration i føden eller miljøet (vand eller jord) ved hvilken 50% dør.

EC₅₀= effekt koncentration 50%, dvs. den koncentration i miljøet hvor der er en effekt på 50%.

NOEC= No Observed Effect Concentration, dvs. den koncentration hvor man ikke noterede en effekt, der var *statistisk sikkert* forskellig fra kontrollen.

NOEL= No Observed Effect Level, dvs. den koncentration eller dosis hvor man ikke noterede en effekt, der var *statistisk sikkert* forskellig fra kontrollen.

NOAEL= No Observed Adverse Effect Level, som NOEL idet man dog kun betragter effekter som man har skønnet er betydende (negative).

Oplysninger om kræftklassificering er hentet fra "Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer" og fra Miljøstyrelsens afgørelser.

Endvidere er følgende data vedrørende stoffernes skæbne i miljøet indsamlet fra de samme kilder som toksicitetsdata:

Halveringstiden i jord i laboratoriet, T_{50} , dage

Adsorptionskoefficienten for bindingen til jord, K_{oc} (i forhold til indholdet af organisk kulstof)

Vandopløseligheden, S, mg pr. liter

Koefficienten for fordelingen mellem octanol og vand, K_{ow}

Biokoncentrationsfaktoren i fisk, BCF

I afgørelserne fra de senere år er giftigheden overfor pattedyr (eksl. akut oral) angivet som NOAEL, mens den i de tidligere afgørelser er angivet som NOEL. Det er her blevet antaget, at NOEL = NOAEL.

Databehandling

For toksicitetsdataenes vedkommende er den laveste noterede værdi benyttet. Hvis denne værdi er opgivet med et spand, er dette spand noteret i kolonnen til højre for tallet. Det vides i de fleste tilfælde ikke om dette spand er største og mindste værdi, standard fejl, standard afvigelse eller sikkerhedsinterval. I de tilfælde hvor dette er oplyst er det noteret i regnearket.

Hvis tallet har været opgivet som større end ($>x$) eller mindre end ($<x$) er dette ved indtastningen blevet noteret i kolonnen til højre for tallet.

T_{50} , K_{oc} , S, K_{ow} og BCF: Hvis der har været flere værdier, er gennemsnittet anvendt. Er der flere end to værdier, angives standardfejlen (SE) og antallet (N), ellers spandet. I tilfælde, hvor en enkelt værdi har været ekstrem i forhold til de øvrige er det geometriske gennemsnit anvendt.

Data er opdelt i tal for ukrudtsmidler (herbicider), vækstregulatorer, fungicider (svampemidler) og insekticider (insektmidler). Data for bejdsemidler er ikke medtaget i analysen, da disse ikke indgår i behandlingshyppigheden.

Salgstallene og arealerne er angivet som gennemsnittet for 1981-85 og som rullende gennemsnit for hver 3 år for perioden 1984 - 1996 således at der i alt opereres med 12 tidsperioder: 1981-85, 1984-86, -85-87, -86-88, -87-89, -88-90, -89-91, -90-92, -91-93, -92-94, -93-95, -94-96. De rullende gennemsnit er blevet anvendt for at modvirke effekten af ekstreme år, som bl.a. opstår i forbindelse med hamstring, f.eks. op til et forbud. Brugen af rullende gennemsnit medfører så til gengæld også, at reelle ekstreme forbrug ikke afspejles så tydeligt.

Rådata er afleveret til Miljøstyrelsen.¹

¹ Data er indskrevet i dataark samlet i en mappe, som findes i Miljøstyrelsen og på DMU. Fra disse dataark er data indtastet i EXCEL regneark i filen *tox-sum.xls*.

T_{50} , K_{OC} , S , K_{OW} og BCF: Disse udtryk er ligeledes blevet vægtet med forbruget og arealet. Med hensyn til risiko for udvaskning er det ønskværdigt, at bindingen til jord (K_{OC}) bliver så stor som muligt, mens halveringstiden (T_{50}) og vandopløseligheden (S) helst skal være så små som muligt. T_{50} skal også helst være så lille som muligt for at mindske faren for ophobning i jorden (persistens). Både K_{OW} og BCF er udtryk for potentialet for bioakkumulering og skal helst være så små som muligt.

For at belastningstallene for skæbnemålene, ligesom for giftighedsmålene, skal vise et højt tal ved en større belastning, vægtes T_{50} , S , K_{OW} og BCF med forbruget ved at gange med salgstallet, mens K_{OC} divideres med salgstallet.

Da tolkningen af værdien salg/kræft-NOEL er vanskelig (se diskussion) er den samlede solgte mængde af stoffer mærket Carc3 (mistænkt for muligvis at kunne fremkalde kræft hos mennesker; stoffer mærket Carc1 og Carc2 godkendes ikke i Danmark) optegnet.

Statistisk signifikans er defineret som sandsynligheden, $P \leq 0,05$ ($\alpha=0,05$), dvs. at sandsynligheden for at få et tal af den størrelse ved en tilfældighed er mindre end lig med 5%.

Varianserne i materialet er korreleret med gennemsittene og parametrisk statistik kan således ikke anvendes uden en passende transformering. Nonparametrisk statistik er derfor valgt. De udførte korrelationsanalyser er Spearmans Rank Correlation, r_s . Korrelationerne er udført mellem rangen af belastningstallene (baseret på de rullende gennemsnit, se ovenfor) og rangtallene for perioderne, således at 1981-85 får rang 1, 1984-86 får rang 2 osv..

Filen er opdelt i en række ark:

- tox1f: Giftigheds- og skæbnedata, salgstal, arealer samt belastningstallene for perioderne 1981-85, -84-86, og -85-87
- ark2: Belastningstallene for perioderne -86-88 - -89-91
- ark1: Belastningstallene for perioderne -90-92 - -92-94
- ark3: Belastningstallene for perioderne -93-95 - -94-96
- ark4: Gennemsnit af belastningstallene for hvert år
- ark5: grafer, pattedyr og fugle
- ark6: Salg af Carc3 mærkede samt graf
- ark7: Grafer, regnorme, fisk, krebsdyr og alger
- ark8: Grafer, skæbnedata
- ark9: Korrelationsanalyse mellem pattedyr og fugle LD_{50}

Alternativhypotesen er i alle tilfælde, at belastningstallene falder, da forventningen er, at revurderingen har fjernet de mest miljø- og sundhedsmæssigt betænkelige stoffer. Testene er således énsidede. Hvor den observerede retning af tendensen er den modsatte af hypotesen, kræves tosidede P-værdier $< 0,05$ for, at de kan betragtes som signifikante, og de bør da strengt taget betragtes som hypotésedannende snarere end hypotésetestende.

Det skal understreges, at for at ovennævnte korrelationer skal give mening, skal forudsætningerne være i orden, hvilket bl.a. indebærer, at data skal være repræsentative.

Analysen er ikke udført på reproduktionsgiftighed hos pattedyr, fugle og krebsdyr, fosterskadegiftighed hos pattedyr, fødegiftighed hos fugle, giftighed overfor regnorme, samt biokoncentrationsfaktoren, da der mangler data for for mange og/eller vigtige pesticider til at materialet kan betragtes som repræsentativt. Vigtige pesticider er stoffer, der er særlig meget brugt eller vides at have stor effekt.

3 Resultater

Resultaterne er opgjort samlet for alle grupper og for grupperne ukrudtsmidler, vækstregulatorer, fungicider og insekticider for sig.

Resultaterne fremgår af fig. 1 - 48.

Variationen i tallene er meget stor og generelt er der ikke statistisk signifikant forskel mellem referenceperioden og 1994-96 når disse to perioder sammenlignes for sig.

I de følgende afsnit er angivet, hvor mange stoffer der er data for. Til sammenligning er i tabellen nedenfor vist, hvor mange stoffer, der blev solgt til landbrugsformål i de forskellige perioder. Det totale antal pesticider, der indgår i analysen er 137, heraf 75 ukrudtsmidler, 4 vækstregulatorer, 26 fungicider og 32 insekticider.

Samlet antal pesticider solgt i de forskellige perioder												
	1981 -85	1984 -86	1985 -87	1986 -88	1987 -89	1988 -90	1989 -91	1990 -92	1991 -93	1992 -94	1993 -95	1994 -96
Alle stoffer	107	106	105	106	107	111	109	106	100	95	92	92
Herbicer	57	56	55	57	57	57	56	57	54	52	52	53
Vækstr egulat.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Fungicider	21	21	21	21	21	23	22	21	20	19	18	16
Insek ticider	25	25	25	24	25	27	27	24	22	20	18	19

I de nedenfor angivne korrelationsanalyser er de statistisk sikre (signifikante) korrelationer skrevet med kursiv.

3.1 Pattedyr, akut oral giftighed

Resultaterne fremgår af figurerne 1-5 og korrelationerne mellem belastningstallene og tiden er som følger:

Alle stoffer:	$r_s = -0,979$	$P < 0,0005$
Herbicider:	$r_s = -0,776$	$0,001 < P < 0,0025$
Vækstregulatorer:	$r_s = +0,007$	$P > 0,5$ (tosidet)
Fungicider:	$r_s = -0,769$	$P = 0,0025$
Insektticider:	$r_s = -0,993$	$P < 0,0005$

Der er således i alle tilfælde tale om en statistisk signifikant faldende tendens, med undtagelse af vækstregulatorerne.

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	91-110
Herbicider	52-57
Vækstregulatorer	4
Fungicider	16-23
Insektilsager	17-26

Der mangler data for 1 stof.

Belastningstallene i 1994-96 udgør følgende procentdel af belastningstallene i 1981-1985:

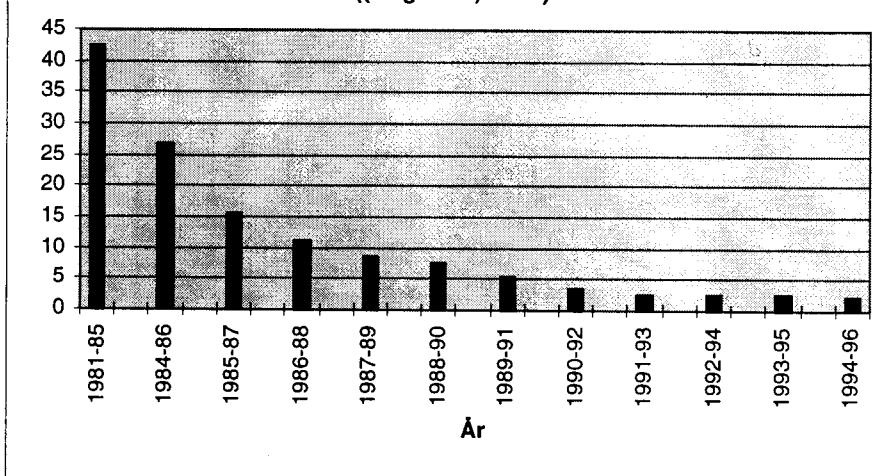
Alle stoffer:	5,5%
Herbicider:	35%
Vækstregulatorer:	104%
Fungicider:	60%
Insektilsager:	1,4%

Figur 1.

Belastningstallene for akut oral giftighed (LD_{50}) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticidgrupper samlet.

Figure 1. Index of load for acute oral mammalian toxicity for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticide groups.

**Fig. 1 Pattedyr. Akut oral LD50: Alle stoffer
((salg/LD50)/areal)**



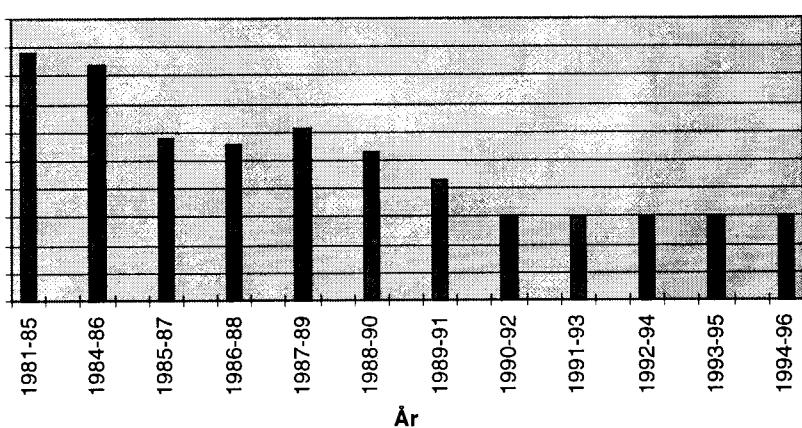
Figur 2.

Belastningstallene for akut oral giftighed (LD_{50}) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Ukrudtsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 2. Index of load for acute oral mammalian toxicity for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Herbicides.

**Fig. 2 Pattedyr. Akut oral LD50: Herbicider
(salg/LD50)/areal)**



Figur 3.

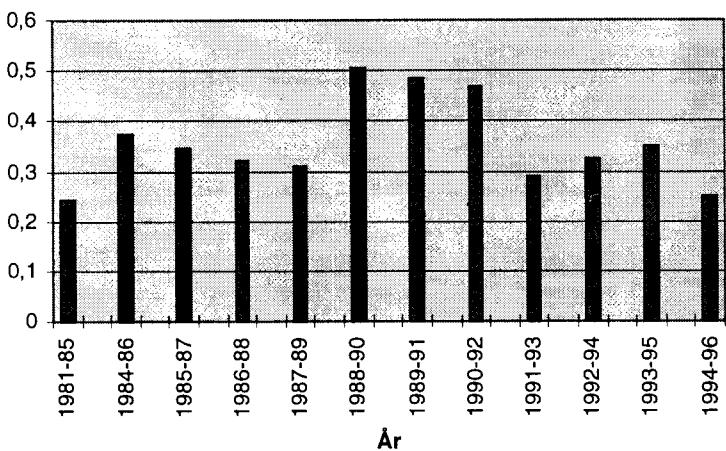
Belastningstallene for akut oral giftighed (LD_{50}) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Vækstregulatorer.

Bemærk skalaen på y-aksen

Figure 3. Index of load for acute oral mammalian toxicity for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.

**Fig.3 Pattedyr. Akut oral LD50: Vækstregulatorer
(salg/LD50)/areal)**



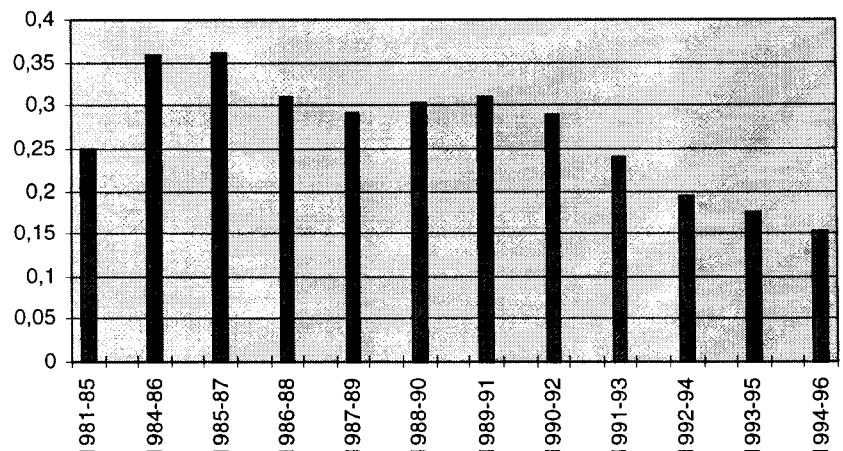
Figur 4.

Belastningstallene for akut oral giftighed (LD_{50}) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Svampemidler. Bemærk skalaen på y-aksen

Figure 4. Index of load for acute oral mammalian toxicity for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Fungicides.

**Fig. 4 Pattedyr. Akut oral LD50: Fungicider
(salg/LD50)/areal)**

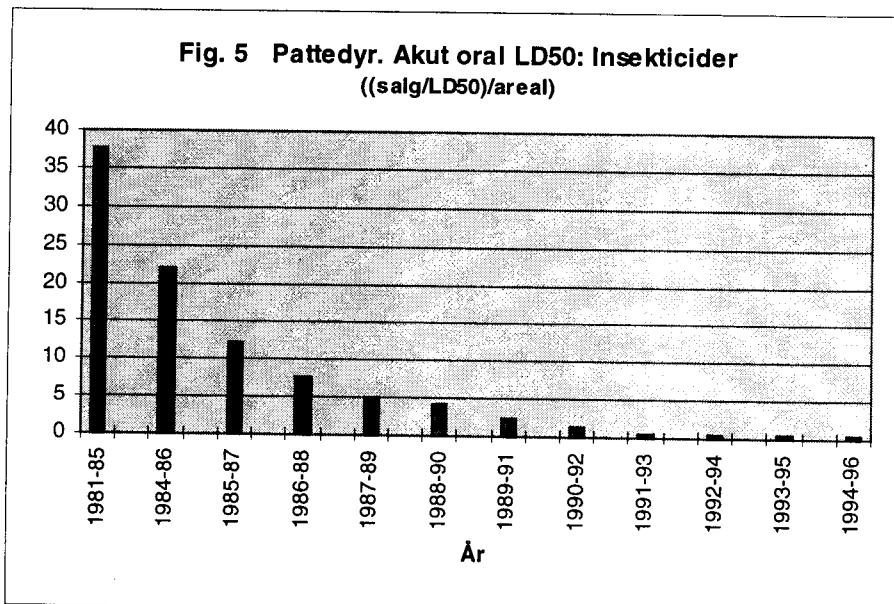


Figur 5.

Belastningstallene for akut oral giftighed (LD_{50}) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Insektsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen

Figure 5. Index of load for acute oral mammalian toxicity for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Insecticides.



3.2 Pattedyr. Kronisk giftighed

Resultaterne fremgår af figurerne 6-10 og korrelationerne mellem belastningstallene og tiden er som følger:

Alle stoffer:	$r_s = -1,000$	$P << 0,0005$
Herbicider:	$r_s = -0,867$	$P < 0,0005$
Vækstregulatorer:	$r_s = -0,413$	$0,05 < P < 0,1$
Fungicider:	$r_s = +0,720$	$0,01 < P < 0,02$ (tosidet)
Insektilcider:	$r_s = -0,993$	$P << 0,0005$

Som det ses er der et klart fald i værdierne for "alle stoffer", herbicider, vækstregulatorer og insekticider, mens der er en markant stigning i tallet for fungicider.

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	89-99
Herbicider	45-53
Vækstregulatorer	4
Fungicider	14-19
Insektilcider	18-26

Der mangler data for 17 stoffer.

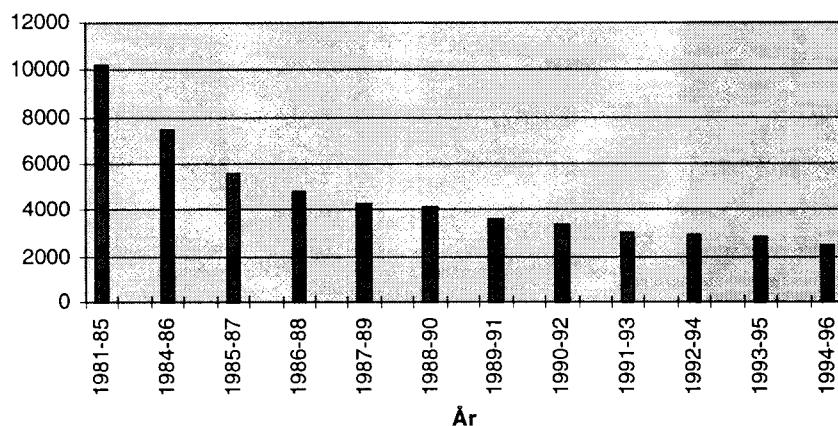
Belastningstallene i 1994-96 udgør følgende procentdel af belastningstallene i 1981-1985:

Alle stoffer:	24%
Herbicider:	68%
Vækstregulatorer:	79%
Fungicider:	327%
Insektilcider:	6

Figur 6.

Belastringstallene for kronisk giftighed (NOEL) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticidgrupper samlet.
Figure 6. Index of load for chronic mammalian toxicity (NOEL) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticide groups.

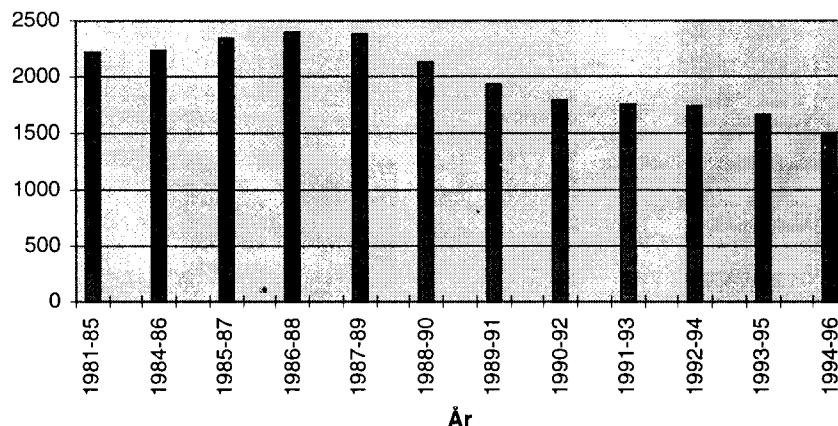
**Fig. 6 Pattedyr, Kronisk NOEL: Alle midler
((salg/NOEL)/areal)**



Figur 7.

Belastringstallene for kronisk giftighed (NOEL) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.
Ukrudtsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.
Figure 7. Index of load for chronic mammalian toxicity (NOEL) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Herbicides.

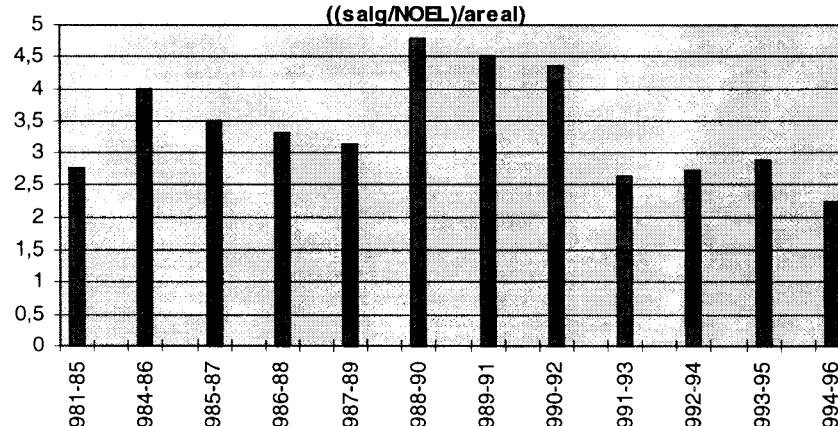
**Fig. 7 Pattedyr. Kronisk NOEL: Herbicider
((salg/NOEL)/areal)**



Figur 8.

Belastringstallene for kronisk giftighed (NOEL) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.
Vækstregulatorer.
Bemærk skalaen på y-aksen.
Figure 8. Index of load for chronic mammalian toxicity (NOEL) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.

**Fig. 8 Pattedyr. Kronisk NOEL: Vækstregulerende
midler
((salg/NOEL)/areal)**



Figur 9.

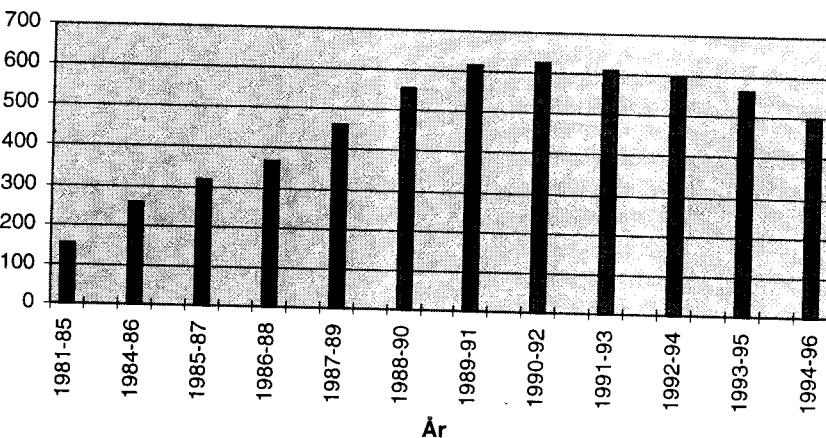
Belastningstallene for kronisk giftighed (NOEL) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Svampemidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 9. Index of load for chronic mammalian toxicity (NOEL) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996.

Fungicides.

Fig. 9 Pattedyr. Kronisk NOEL: Fungicider ((salg/NOEL)/areal)



Figur 10.

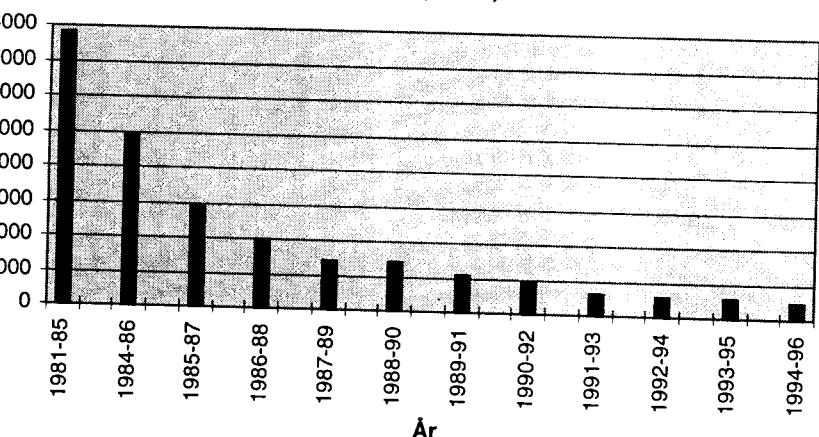
Belastningstallene for kronisk giftighed (NOEL) hos pattedyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Insektsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 10. Index of load for chronic mammalian toxicity (NOEL) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996.

Insecticides.

Fig. 10 Pattedyr. Kronisk NOEL: Insekticider ((salg/NOEL)/areal)



3.3 Pattedyr. Reproduktionsgiftighed

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	62-71
Herbicider	31-41
Vækstregulatorer	4
Fungicider	12-13
Insekticider	12-16

Der mangler data for 55 stoffer.

3.4 Pattedyr. Fosterskadegiftighed

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	67-81
Herbicider	36-49
Vækstregulatorer	4
Fungicider	12-13
Insektilicider	14-18

Der mangler data for 45 stoffer.

3.5 Pattedyr. Kræftgiftighed

Det samlede salg af pesticider mærket Carc3 fremgår af figur 11 . I alt er der 12 pesticider mærket Carc3, som anvendes i landbruget (ekskl. bejdsemidler). Disse udgjorde i perioden 1994-96 godt og vel 500.000 kg/år svarende til omkring 10% af det samlede forbrug.

Korrelationen mellem tiden og det samlede salg af disse stoffer er:

$$r_s = 0,000 \quad P > 0,5 \text{ (tosidet)}$$

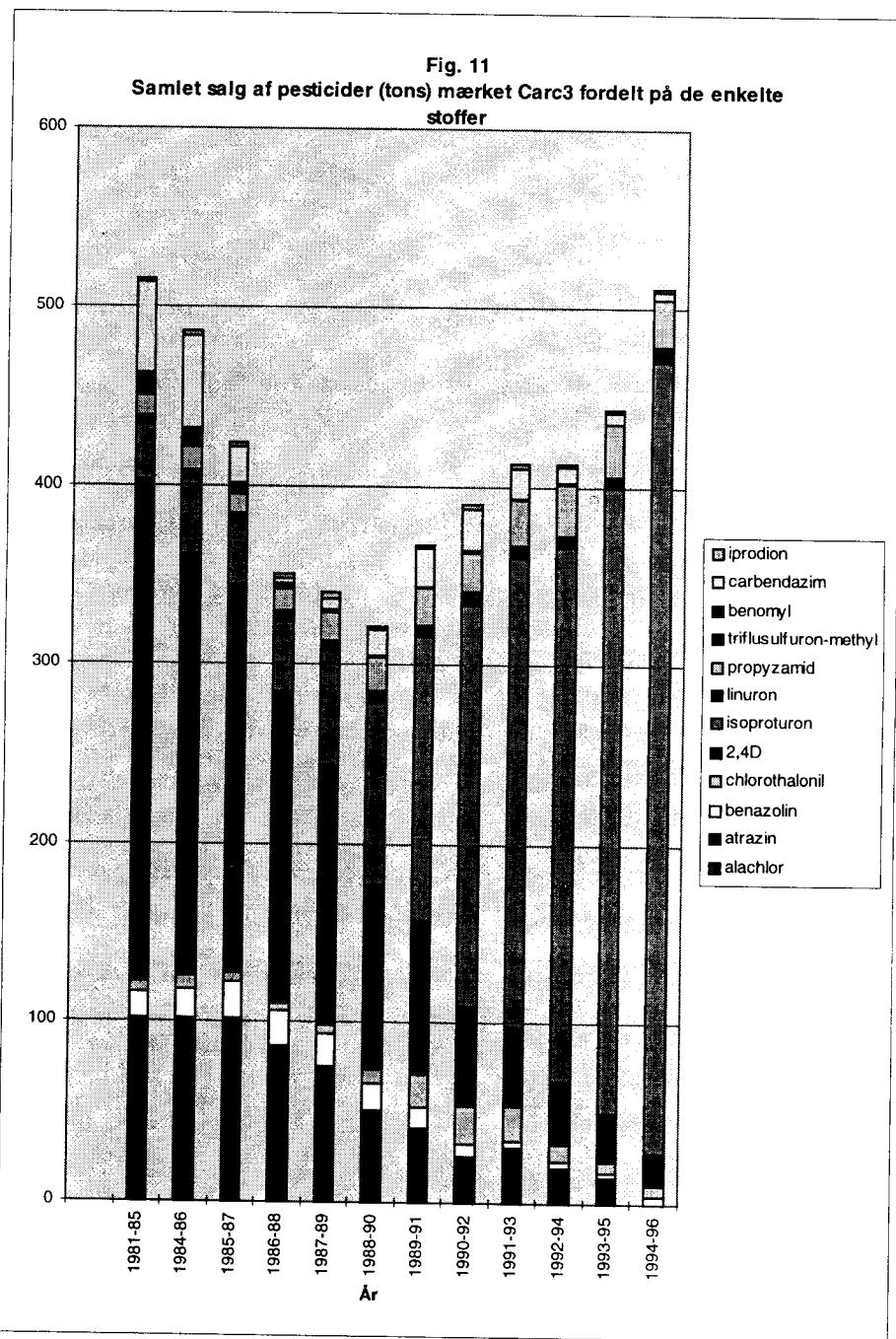
idet salget i 1994-96 er af samme størrelsesorden som i referenceperioden

Ser man kun på perioden fra revurderingen begyndte (1987) er stigningen statistisk signifikant, idet der er sket en forøgelse af salget i løbet af perioden til omkr. 160%:

$$r_s = +0,976 \quad P = 0,001 \text{ (tosidet)}$$

Figur 11. Salget af pesticider (tons) klassificeret som mistænkt for at kunne være kræftfremkaldende (Carc3).

Figure 11. Sales of pesticides (tons) classified as being suspected of having carcinogenic effect (Carc3).



3.6 Fugle. Akut oral giftighed

Resultaterne fremgår af figurerne 12-16 og korrelationerne mellem belastningstallene og tiden er som følger:

Alle stoffer:	$r_s = -0,972$	$P << 0,0005$
Herbicider:	$r_s = -0,762$	$0,0025 < P < 0,005$
Vækstregulatorer:	$r_s = +0,119$	$P > 0,5$ (tosidet)
Fungicider:	$r_s = -0,930$	$P << 0,0005$
Insekticider:	$r_s = -0,972$	$P << 0,0005$

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	71-83
Herbicider	42-47
Vækstregulatorer	3
Fungicider	10-14
Insekticider	15-22

Der mangler data for 33 stoffer heriblandt bentazon, dinoseb, pendimethalin, TCA, fenpropimorf, mancozeb, svovl og deltamethrin.

Belastningstallene i 1994-96 udgør følgende procentdel af belastningstallene i 1981-1985:

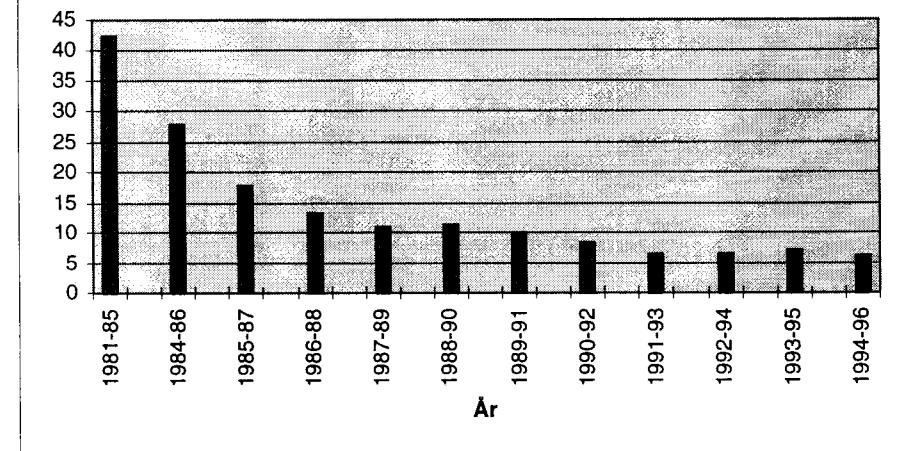
Alle stoffer:	14%
Herbicider:	92%
Vækstregulatorer:	110%
Fungicider:	28%
Insekticider:	7%

Figur 12.

Belastningstallene for akut oral giftighed (LD_{50}) hos fugle for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticider samlet.

Figure 12. Index of load for acute oral avian toxicity (LD_{50}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticides.

**Fig. 12 Fugle. Akut oral LD50: Alle Midler
(salg/LD50)/areal)**



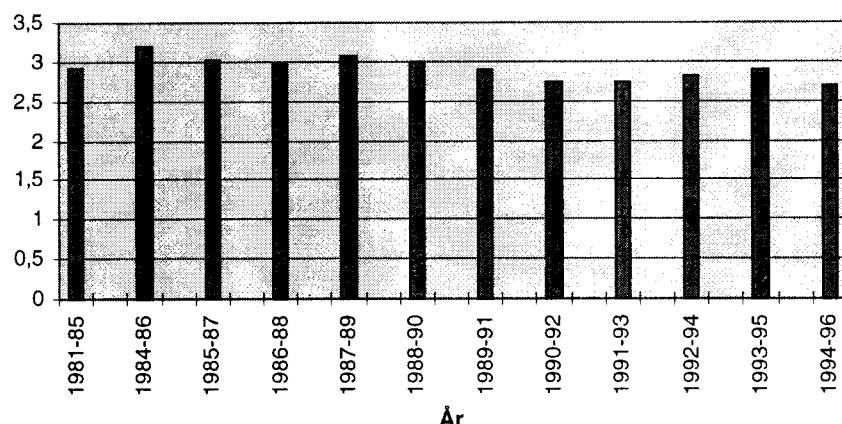
Figur 13.

Belastningstallene for akut oral giftighed (LD_{50}) hos fugle for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Ukrudtsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 13 . Index of load for acute oral avian toxicity (LD_{50}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Herbicides.

**Fig. 13 Fugle. Akut oral LD50: Herbicider
((salg/LD50)/areal)**



Figur 14.

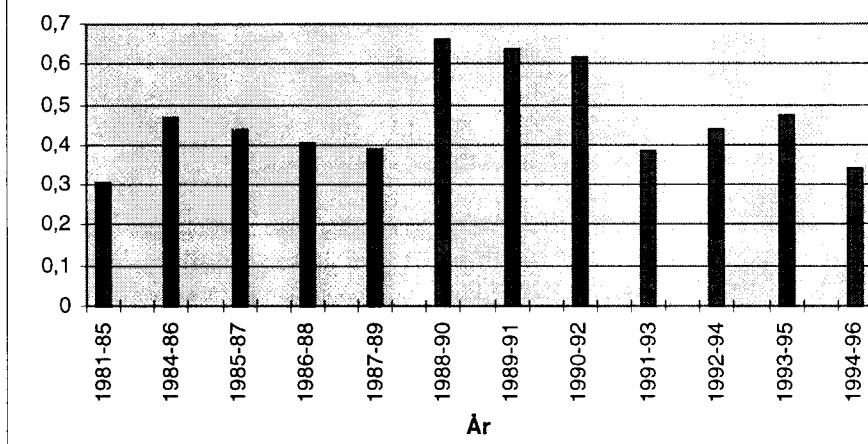
Belastningstallene for akut oral giftighed (LD_{50}) hos fugle for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Vækstregulatorer.

Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 14. Index of load for acute oral avian toxicity (LD_{50}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.

**Fig. 14 Fugle. Akut oral LD50: Vækstregulatorer
((salg/LD50)/areal)**



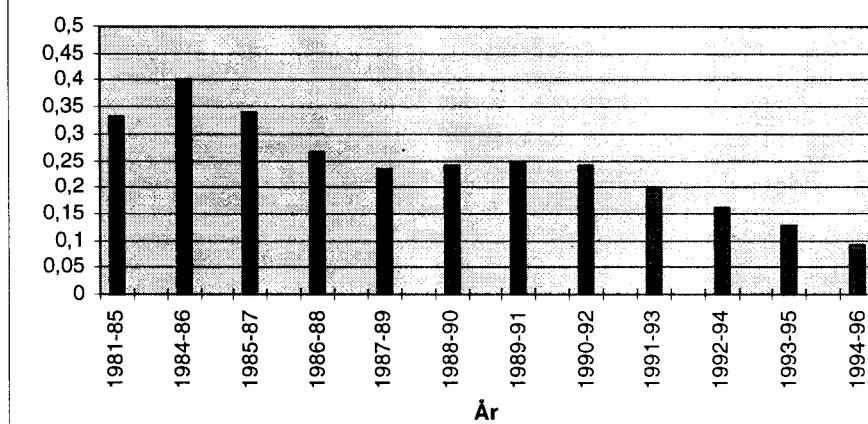
Figur 15.

Belastningstallene for akut oral giftighed (LD_{50}) hos fugle for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Svampemidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 15. Index of load for acute oral avian toxicity (LD_{50}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Fungicides.

**Fig. 15 Fugle. Akut oral LD50: Fungicider
((salg/LD50)/areal)**



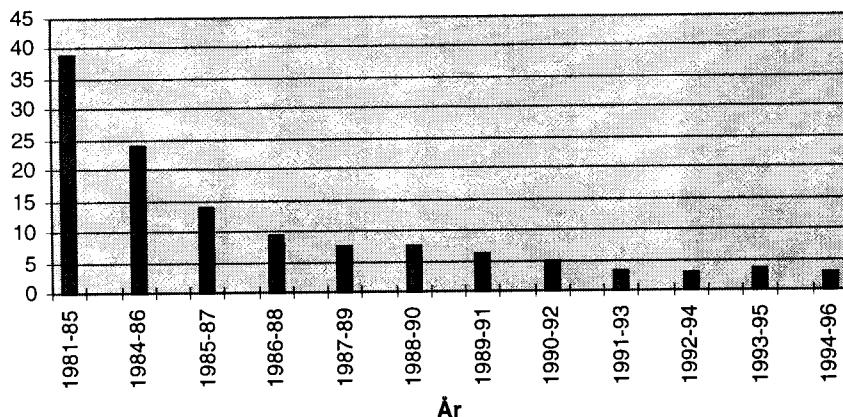
Figur 16.

Belastningstallene for akut oral giftighed (LD_{50}) hos fugle for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Insektmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 16. Index of load for acute oral avian toxicity (LD_{50}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Insecticides.

**Fig. 16 Fugle. Akut oral LD50: Insekticider
((salg/LD50)/areal)**



3.7 Fugle. Akut føde giftighed

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	65-76
Herbicider	37-44
Vækstregulatorer	2
Fungicider	13-16
Insekticider	12-15

Der mangler data for 45 stoffer heriblandt dinoseb, ioxynil, isoproturon, metamitron, TCA, svovl, tridemorph, esfenvalerat, parathion og permethrin.

3.8 Fugle. Reproduktionsgiftighed

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	19-26
Herbicider	6-13
Vækstregulatorer	1
Fungicider	4-5
Insekticider	7-8

Der mangler data for 108 stoffer.

3.9 Regnorme

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	46-62
Herbicider	22-32
Vækstregulatorer	4
Fungicider	9-12
Insekticider	11-15

Der mangler data for 69 stoffer heriblandt benomyl.

3.10 Fisk

Resultaterne fremgår af figurerne 17-21 og korrelationerne mellem belastningstallene og tiden er som følger:

Alle stoffer:	$r_s = -0,133$	$P > 0,25$
Herbicider:	$r_s = -0,343$	$0,1 < P < 0,25$
Vækstregulatorer:	$r_s = -0,350$	$0,1 < P < 0,25$
Fungicider:	$r_s = +0,100$	$P > 0,5$ (tosidet)
Insekticider:	$r_s = -0,042$	$P > 0,25$

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	90-107
Herbicider	50-55
Vækstregulatorer	4
Fungicider	16-22
Insekticider	18-27

Der mangler data for 6 stoffer

Belastningstallene i 1994-96 udgør følgende procentdel af belastningstallene i 1981-1985:

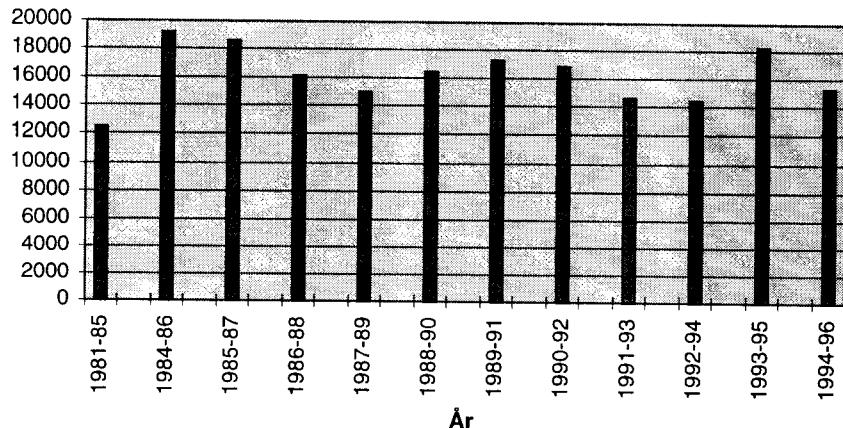
Alle stoffer:	123%
Herbicider:	81%
Vækstregulatorer:	81%
Fungicider:	37%
Insekticider:	161%

Figur 17.

Belastningstallene for akut giftighed (LC_{50}) hos fisk for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticider.

Figure 17. Index of load for acute toxicity (LC_{50}) to fish for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticides.

**Fig. 17 Fisk. Akut LC50: Alle stoffer
((salg/tox)/areal)**

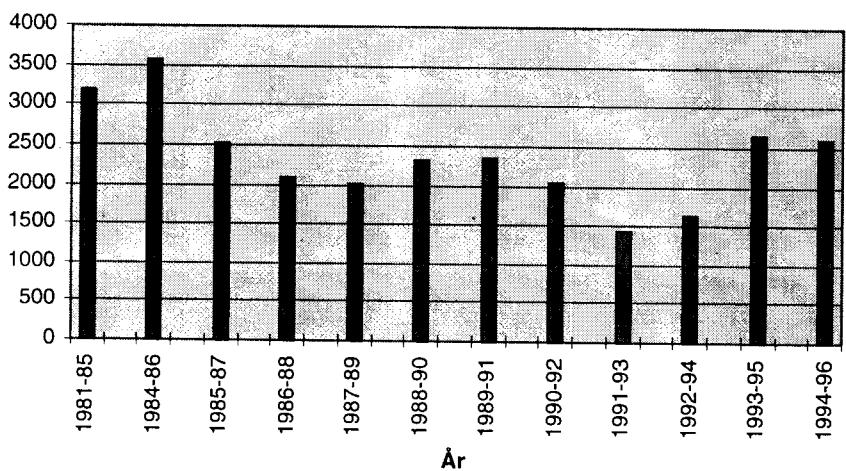


Figur 18.

Belastningstallene for akut giftighed (LC_{50}) hos fisk for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Ukrudtsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 18. Index of load for acute toxicity (LC_{50}) to fish for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Herbicides.

**Fig. 18 Fisk. Akut LC50: Herbicider
((salg/tox)/areal)**

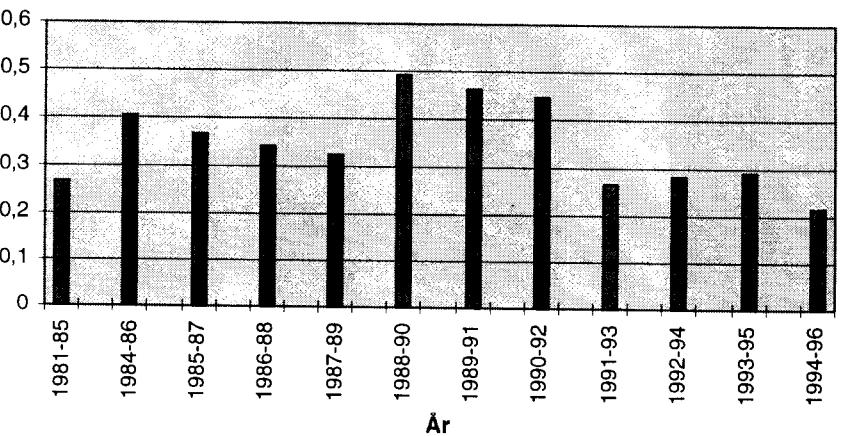


Figur 19.

Belastningstallene for akut giftighed (LC_{50}) hos fisk for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Vækstregulatorer. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 19. Index of load for acute toxicity (LC_{50}) to fish for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.

**Fig. 19 Fisk. Akut LC50: Vækstregulatorer
((salg/tox)/areal)**

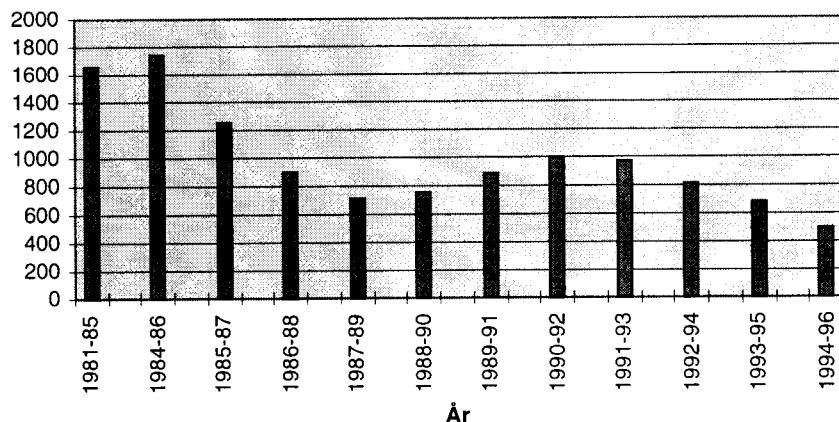


Figur 20.

Belastningstallene for akut giftighed (LC_{50}) hos fisk for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Svampemidler.

Bemærk skalaen på y-aksen.

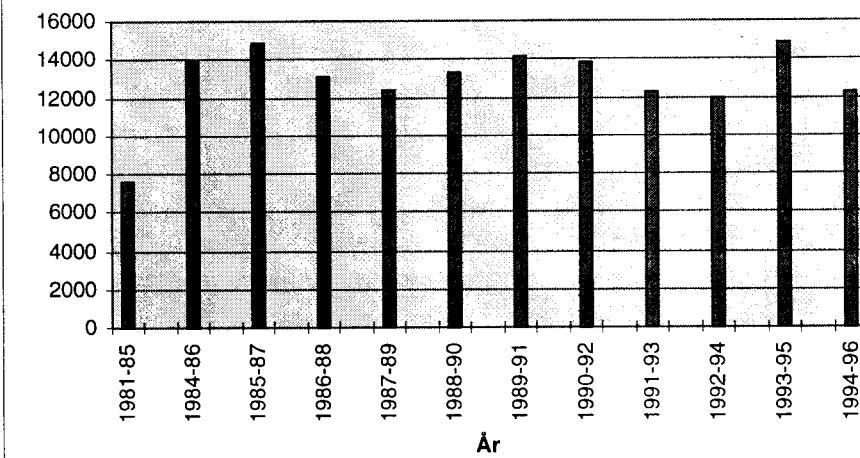
Figure 20. Index of load for acute toxicity (LC_{50}) to fish for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Fungicides.

**Fig. 20 Fisk. Akut LC50: Fungicider
((salg/tox)/areal)****Figur 21.**

Belastningstallene for akut giftighed (LC_{50}) hos fisk for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Insektsmidler.

Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 21. Index of load for acute toxicity (LC_{50}) to fish for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Insecticides.

**Fig. 21 Fisk. Akut LC50: Insekticider
((salg/tox)/areal)**

3.11 Krebsdyr. Akut EC₅₀

Resultaterne fremgår af figurerne 22-26 og korrelationerne mellem belastningstallene og tiden er som følger:

Alle stoffer:	$r_s = -0,993$	$P << 0,0005$
Herbicider:	$r_s = +0,469$	$0,1 < P < 0,2$ (tosidet)
Vækstregulatorer:	$r_s = +0,118$	$P > 0,5$ (tosidet)
Fungicider:	$r_s = +0,077$	$P > 0,5$ (tosidet)
Insekticider:	$r_s = -0,993$	$P << 0,0005$

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	84-95
Herbicider	41-50
Vækstregulatorer	4
Fungicider	16-21
Insekticider	15-23

Der mangler data for 23 stoffer heriblandt 2,4-D, dinoseb, isoproturon, MCPA og TCA.

Belastningstallene i 1994-96 udgør følgende procentdel af belastningstallene i 1981-1985:

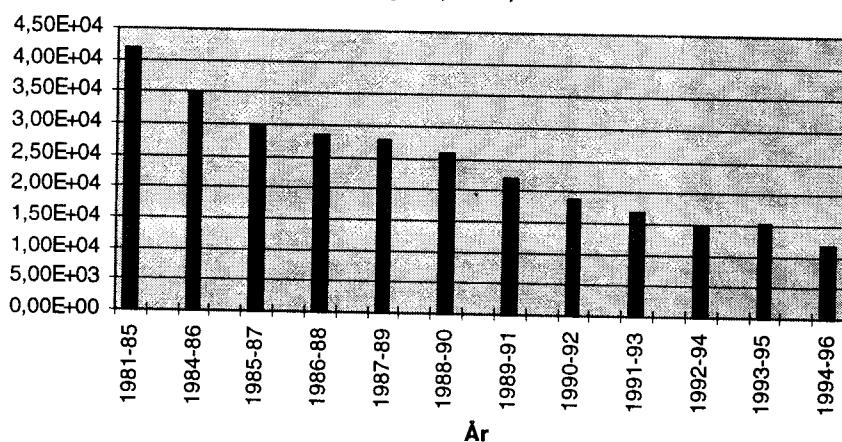
Alle stoffer:	28%
Herbicider:	177%
Vækstregulatorer:	111%
Fungicider:	122%
Insekticider:	26%

Figur 22.

Belastningstallene for akut giftighed (EC_{50}) hos krebsdyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticider samlet.

Figure 22. Index of load for acute toxicity (EC_{50}) to crustaceans for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticides.

**Fig. 22 Krebsdyr. Akut EC50: Alle stoffer
((salg/tox)/areal)**

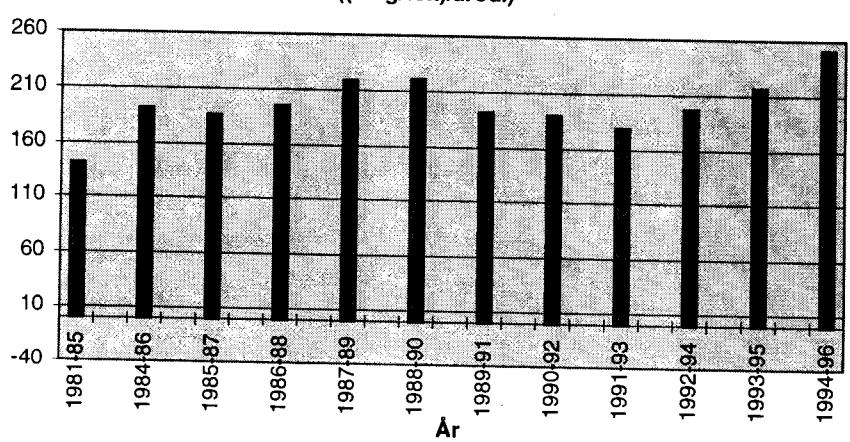


Figur 23.

Belastningstallene for akut giftighed (EC_{50}) hos krebsdyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Ukrudtsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 23. Index of load for acute toxicity (EC_{50}) to crustaceans for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Herbicides.

**Fig.23 Krebsdyr. Akut EC50: Herbicider
((salg/tox)/areal)**



Figur 24.

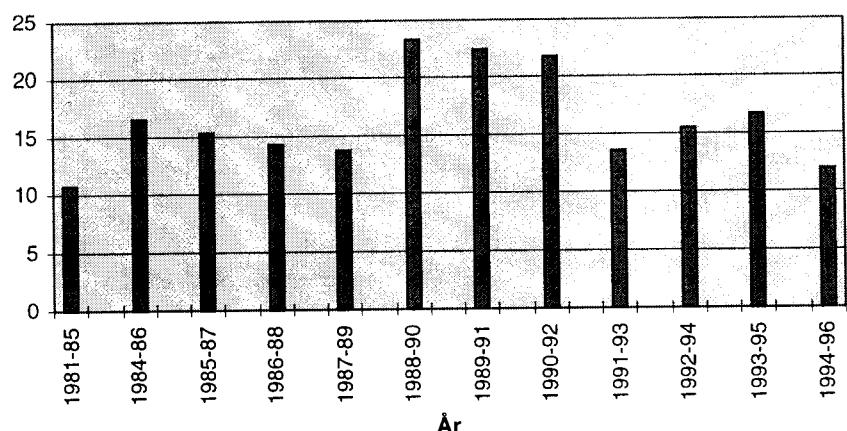
Belastningstallene for akut giftighed (EC_{50}) hos krebsdyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Vækstregulatorer.

Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 24. Index of load for acute toxicity (EC_{50}) to crustaceans for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.

**Fig. 24 Krebsdyr. Akut EC50: Vækstregulatorer
((salg/tox)/areal)**



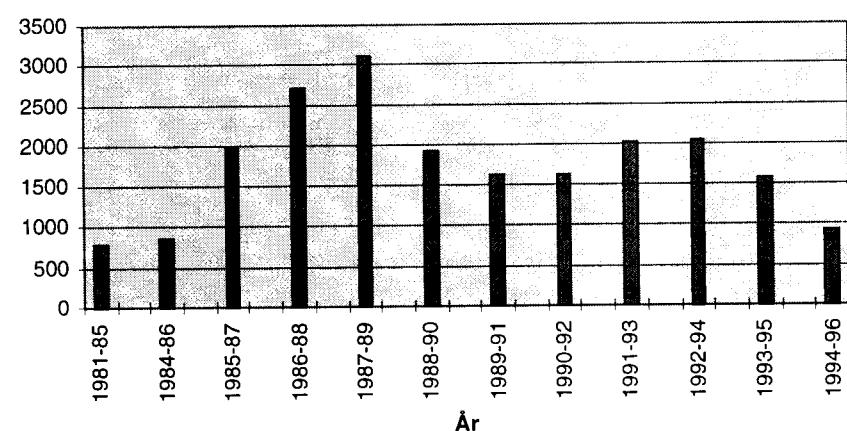
Figur 25.

Belastningstallene for akut giftighed (EC_{50}) hos krebsdyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Svampemidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 25. Index of load for acute toxicity (EC_{50}) to crustaceans for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Fungicides.

**Fig. 25 Krebsdyr. Akut EC50: Fungicider
((salg/tox)/areal)**



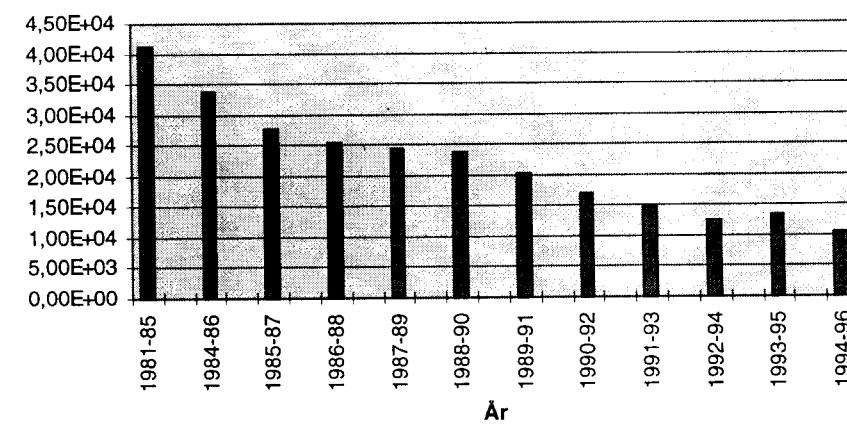
Figur 26.

Belastningstallene for akut giftighed (EC_{50}) hos krebsdyr for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Insektsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 26. Index of load for acute toxicity (EC_{50}) to crustaceans for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Insecticides.

**Fig. 26 Krebsdyr. Akut EC50: Insektilcider
((salg/tox)/areal)**



3.12 Krebsdyr. Reproduktions EC₅₀

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	23-30
Herbicider	6-12
Vækstregulatorer	1
Fungicider	9
Insekticider	7-8

Der mangler data for 106 stoffer.

3.13 Alger

Resultaterne fremgår af figurerne 27-28 og korrelationerne mellem belastningstallene og tiden for vækstregulatorer og fungicider er som følger:

$$\begin{array}{ll} \text{Vækstregulatorer} & r_s = -0,580 \\ \text{Fungicider:} & r_s = -0,259 \end{array} \quad \begin{array}{ll} 0,025 < P < 0,05 \\ 0,1 < P < 0,25 \end{array}$$

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	59-70
Herbicider	28-39
Vækstregulatorer	4
Fungicider	15-16
Insekticider	11-14

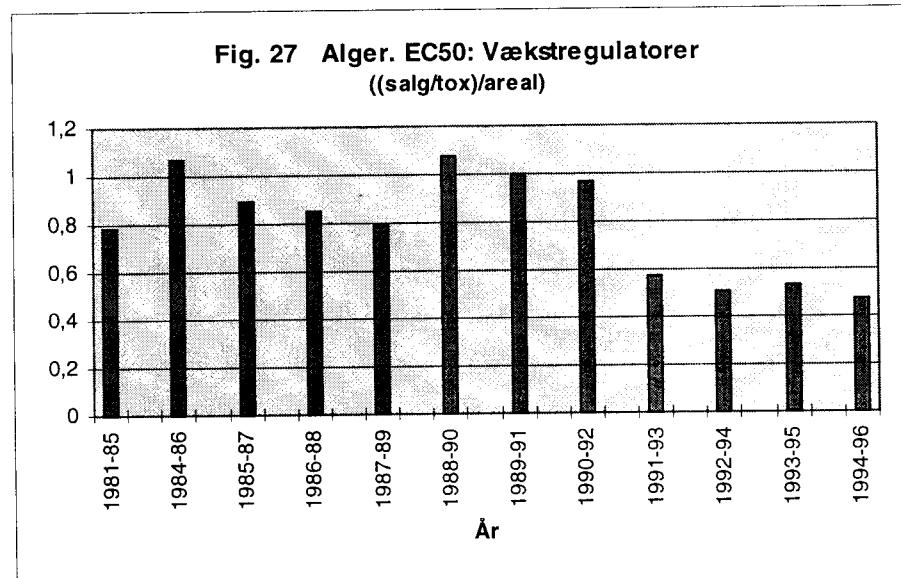
Der mangler data for 56 stoffer heriblandt 2,4-D, dinoseb, metamitron, pendimethalin og TCA, tribenuron, tridemorph, alphacypermethrin, cypermethrin, lambda-cyhalothrin, parathion, permethrin

Belastrningstallene i 1994-96 udgør følgende procentdel af belastningstallene i 1981-1985:

$$\begin{array}{ll} \text{Vækstregulatorer} & 61\% \\ \text{Fungicider:} & 72\% \end{array}$$

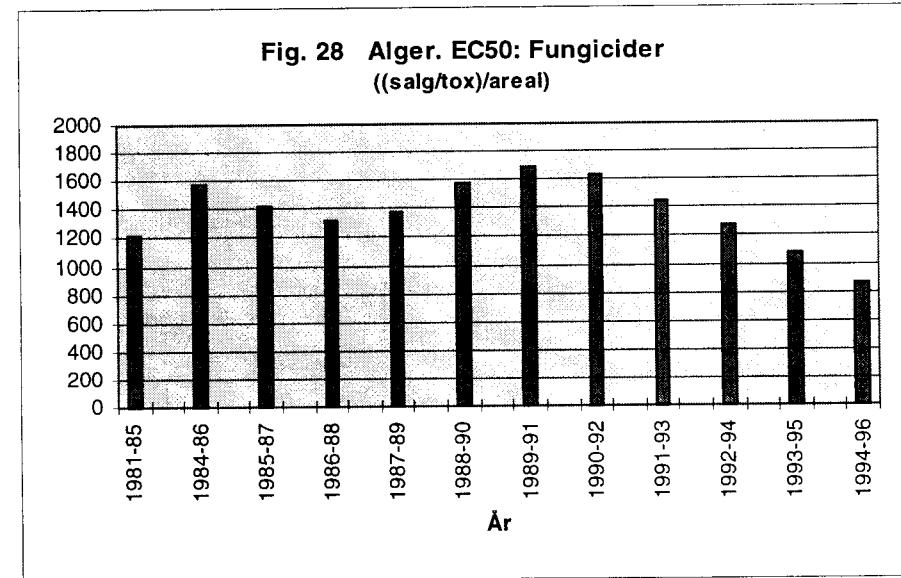
Figur 27.

Belastningstallene for giftighed (EC_{50}) hos alger for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Vækstregulatorer. *Figure 27. Index of load for toxicity (EC_{50}) to algae for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.*

**Figur 28.**

Belastningstallene for giftighed (EC_{50}) hos alger for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Svampemidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 28. Index of load for toxicity (EC_{50}) to algae for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Fungicides.



3.14 Halveringstiden, T_{50}

Resultaterne fremgår af figurerne 29-33 og korrelationerne mellem belastningstallene og tiden er som følger:

Alle stoffer:	$r_s = -0,888$	$P < 0,0005$
Herbicider:	$r_s = -0,790$	$0,001 < P < 0,0025$
Vækstregulatorer:	$r_s = -0,252$	$0,1 < P < 0,25$
Fungicider:	$r_s = -0,413$	$0,05 < P < 0,1$
Insekticider:	$r_s = -0,462$	$0,05 < P < 0,1$

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	85-96
Herbicider	45-54
Vækstregulatorer	4
Fungicider	14-18
Insekticider	17-23

Der mangler data for 21 stoffer heriblandt dinoseb, TCA og parathion

Belastningstallene i 1994-96 udgør følgende procentdel af belastningstallene i 1981-1985:

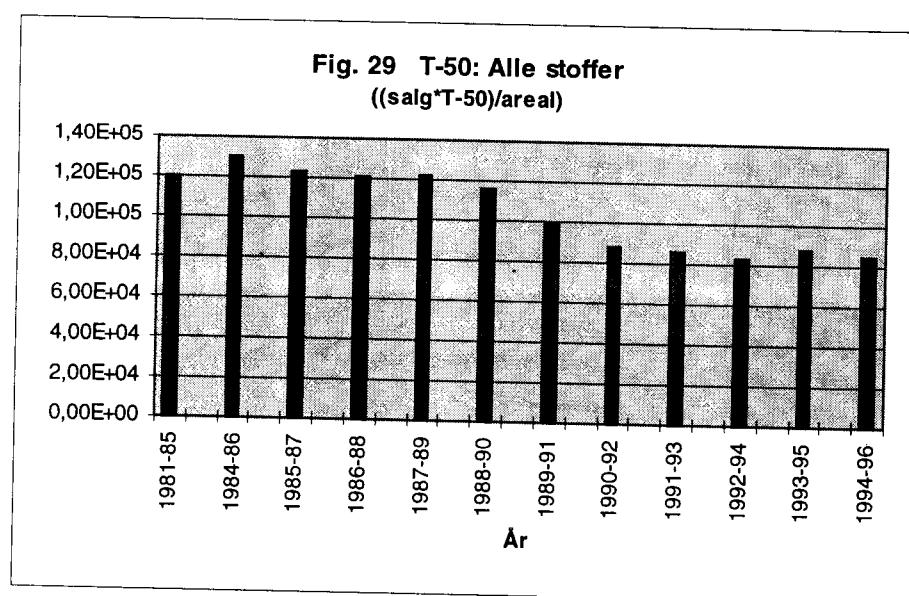
Alle stoffer:	70%
Herbicider:	71%
Vækstregulatorer:	94%
Fungicider:	65%
Insekticider:	80%

Figur 29.

Belastningstallene for halveringstiden i jord (T_{50}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticider samlet.

Figure 29. Index of load for degradation time in soil (T_{50}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticides.

Fig. 29 T-50: Alle stoffer
((salg*T-50)/areal)

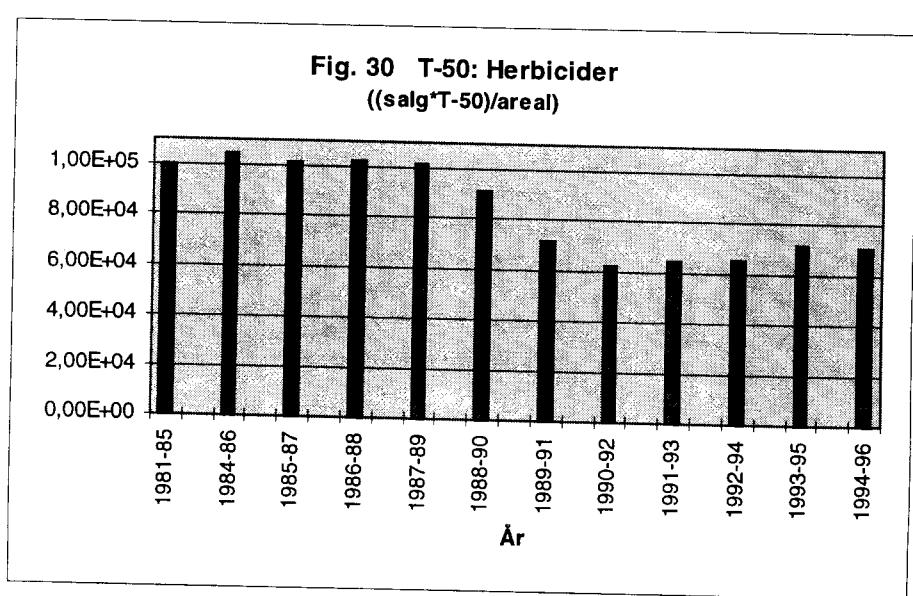


Figur 30.

Belastningstallene for halveringstiden i jord (T_{50}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Ukrudtsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 30. Index of load for degradation time in soil (T_{50}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Herbicides.

Fig. 30 T-50: Herbicider
((salg*T-50)/areal)



Figur 31.

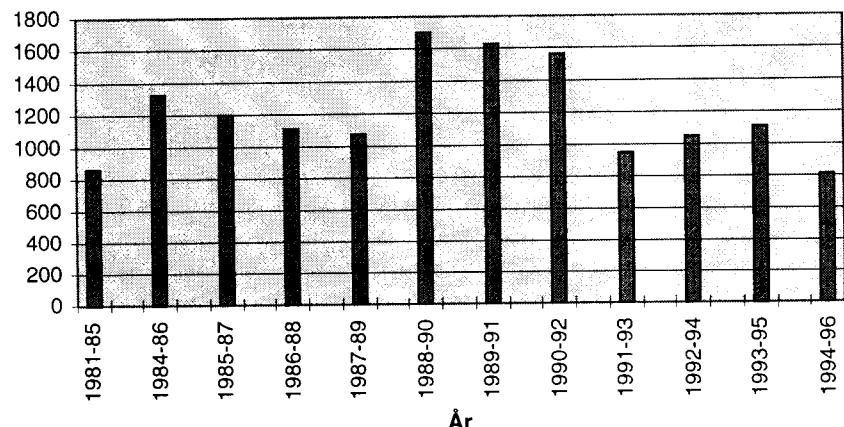
Belastningstallene for halveringstiden i jord (T_{50}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Vækstregulatorer.

Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 31. Index of load for degradation time in soil (T_{50}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.

**Fig. 31 T-50: Vækstregulatorer
((salg*T-50)/areal)**



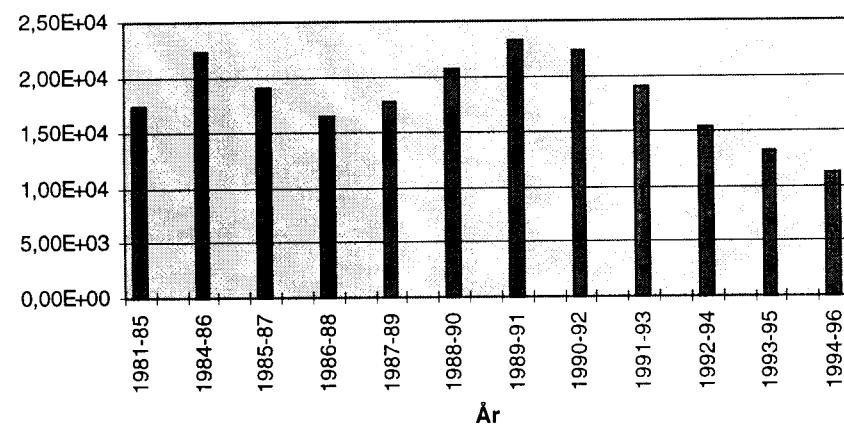
Figur 32.

Belastningstallene for halveringstiden i jord (T_{50}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Svampemidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 32. Index of load for degradation time in soil (T_{50}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Fungicides.

**Fig. 32 T-50: Fungicider
((salg*T-50)/areal)**



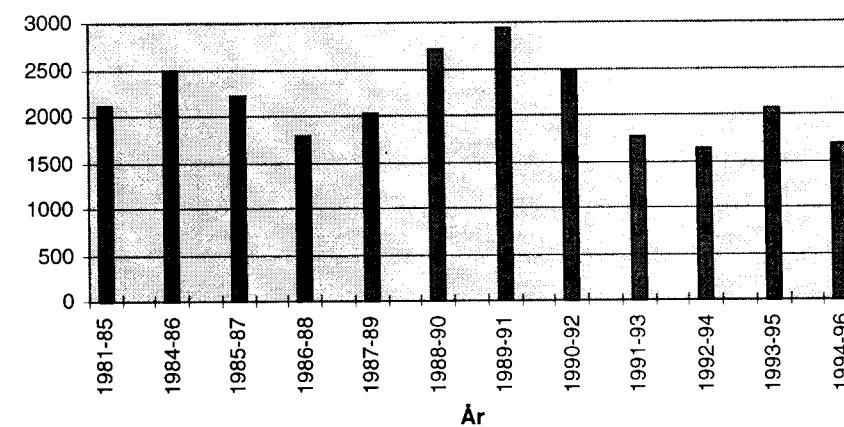
Figur 33.

Belastningstallene for halveringstiden i jord (T_{50}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Insektsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 33. Index of load for degradation time in soil (T_{50}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Insecticides.

**Fig. 33 T-50: Insektilcider
((salg*T-50)/areal)**



3.15 Bindingskoefficienten, K_{oc}

Resultaterne fremgår af figurerne 34-38 og korrelationerne mellem belastningstallene og tiden er som følger:

Alle stoffer:	$r_s = +0,552$	$0,05 < P < 0,1$ (tosidet)
Herbicider:	$r_s = +0,552$	$0,05 < P < 0,1$ (tosidet)
Vækstregulatorer:	$r_s = +0,119$	$P > 0,5$ (tosidet)
Fungicider:	$r_s = -0,441$	$0,05 < P < 0,1$
Insektilcider:	$r_s = -0,434$	$0,05 < P < 0,1$

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	66-77
Herbicider	35-43
Vækstregulatorer	4
Fungicider	13-15
Insektilcider	13-18

Der mangler data for 47 stoffer heriblandt dinoseb, glyphosat, TCA, parathion og lambda-cyhalothrin. Kun 1 af de manglende stoffer udgør mere end 5% af det samlede salg (6%, metamitron).

Belastningstallene i 1994-96 udgør følgende procentdel af belastningstallene i 1981-1985:

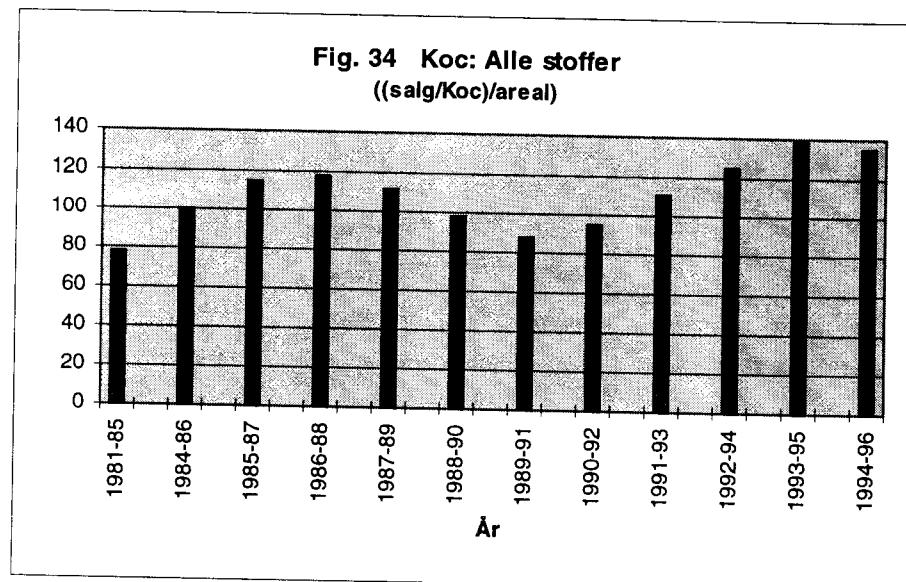
Alle stoffer:	173%
Herbicider:	176%
Vækstregulatorer:	113%
Fungicider:	55%
Insektilcider:	77%

Figur 34.

Belastringstallene for bindingen til jord (K_{oc}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticider samlet.

Figure 34. Index of load for adsorption to soil (K_{oc}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticides.

**Fig. 34 Koc: Alle stoffer
((salg/Koc)/areal)**

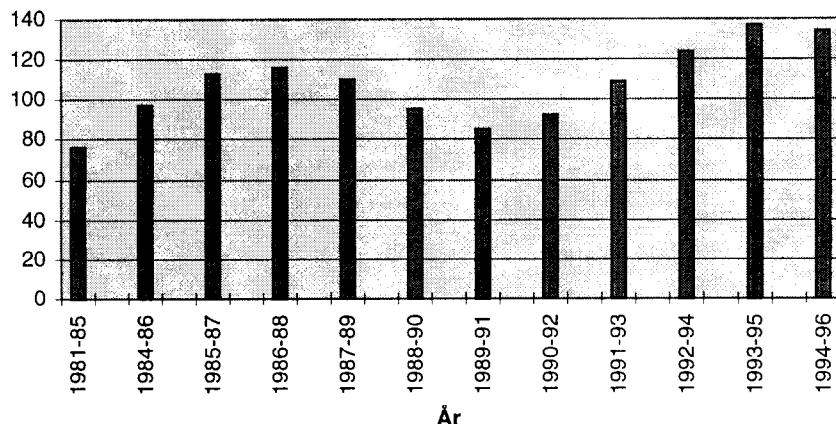


Figur 35.

Belastringsstallene for bindingen til jord (K_{oc}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Ukrudtsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 35. Index of load for adsorption to soil (K_{oc}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Herbicides.

**Fig. 35 Koc: Herbicider
((salg/Koc)/areal)**

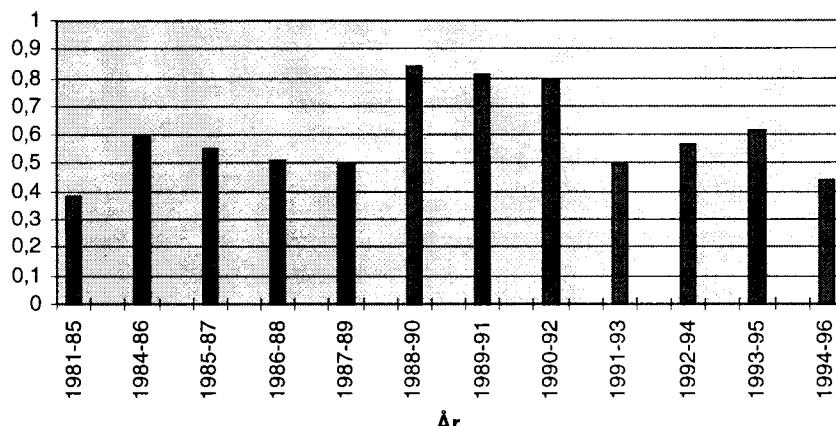


Figur 36.

Belastringsstallene for bindingen til jord (K_{oc}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Vækstregulatorer. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 36. Index of load for adsorption to soil (K_{oc}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.

**Fig. 36 Koc: Vækstregulatorer
((salg/Koc)/areal)**

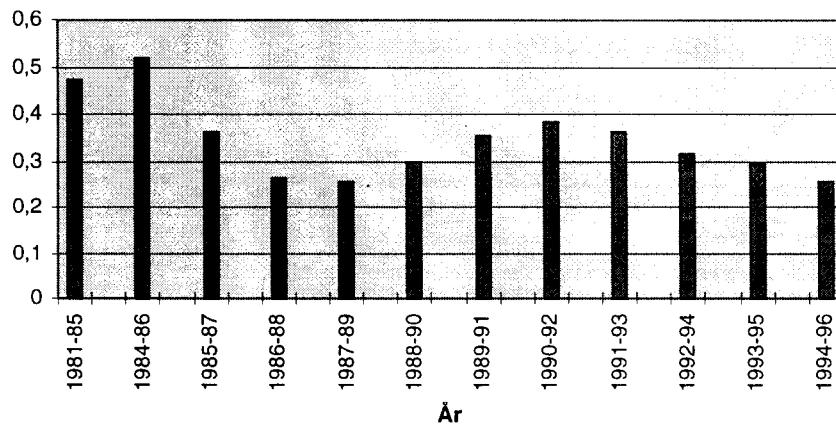


Figur 37.

Belastringsstallene for bindingen til jord (K_{oc}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Svampemidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 37. Index of load for adsorption to soil (K_{oc}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Fungicides.

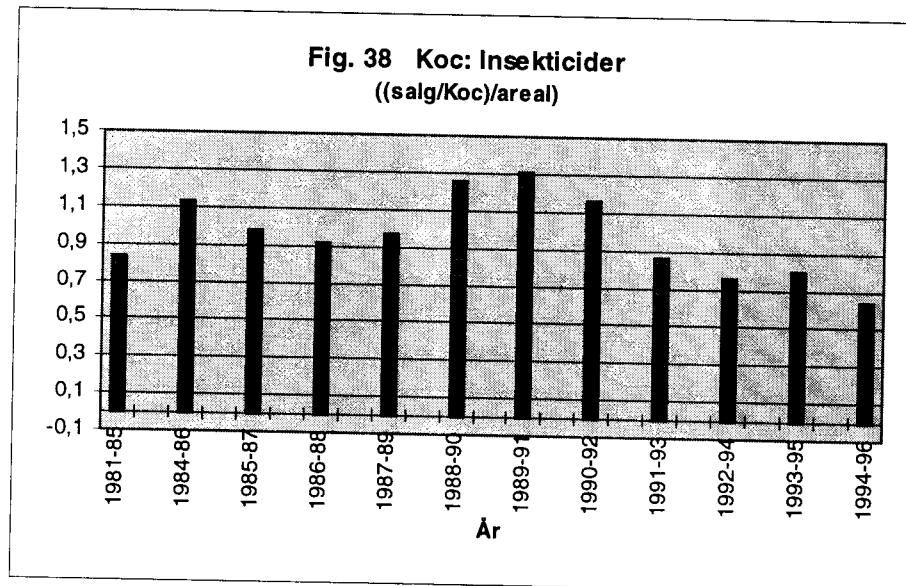
**Fig. 37 Koc: Fungicider
((salg/Koc)/areal)**



Figur 38.

Belastningstallene for bindingen til jord (K_{oc}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Insektmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 38. Index of load for adsorption to soil (K_{oc}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Insecticides.



3.16 Vandopløselighed, S

Resultaterne fremgår af figurerne 39-43 og korrelationerne mellem belastningstallene og tiden er som følger:

Alle stoffer:	$r_s = -0,676$	$0,01 < P < 0,025$
Herbicider:	$r_s = -0,888$	$P < 0,0005$
Vækstregulatorer:	$r_s = -0,168$	$P > 0,25$
Fungicider:	$r_s = +0,014$ $r^2 = +0,633$	$P > 0,5$ (tosidet); $0,02 < P < 0,05$ (tosidet)
Insekticider:	$r_s = -0,958$	$P << 0,0005$

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	85-103
Herbicider	49-55
Vækstregulatorer	4
Fungicider	15-20
Insekticider	16-25

Der mangler data for 7 stoffer

Belastringstallene i 1994-96 udgør følgende procentdel af belastningstallene i 1981-1985:

Alle stoffer:	49%
Herbicider:	16%
Vækstregulatorer:	99%
Fungicider:	19400%
Insekticider:	1,5%

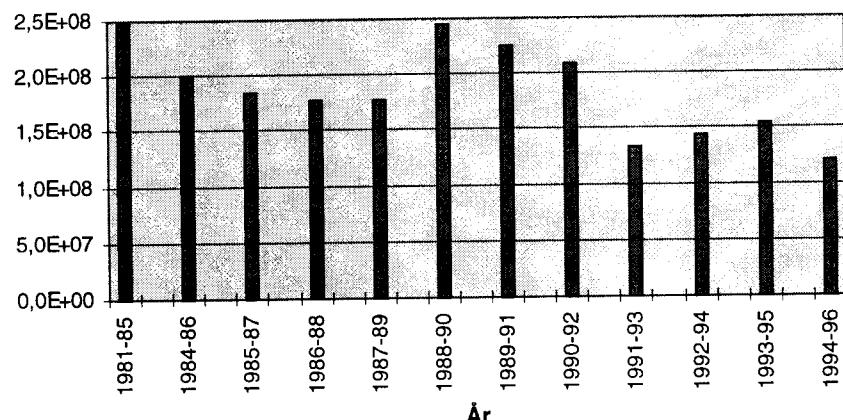
² r er den parametriske "product moment" korrelationskoefficient.

Figur 39.

Belastringsstallene for vandopløselighed for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticider samlet.

Figure 39. Index of load for solubility in water for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticides.

**Fig. 39 Vandopløselighed: Alle stoffer
((salg*vandopl.)/areal)**



Figur 40.

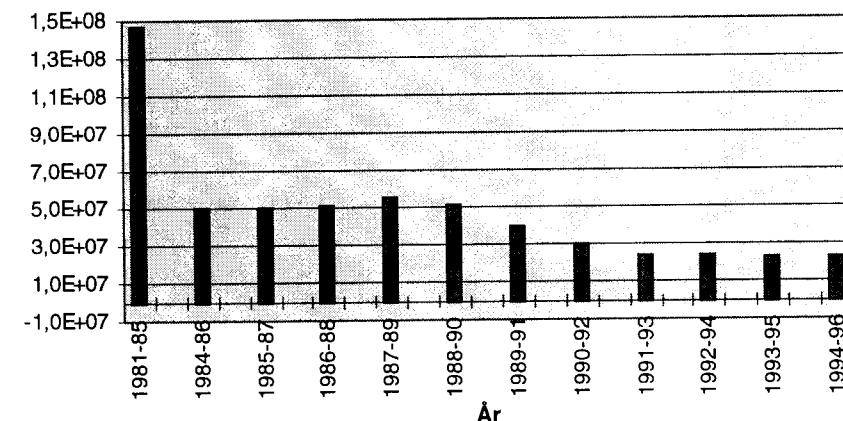
Belastringsstallene for vandopløselighed for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Ukrudtsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 40. Index of load for solubility in water for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996.

Herbicides.

**Fig. 40 Vandopløselighed: Herbicider
((salg*vandopl.)/areal)**



Figur 41.

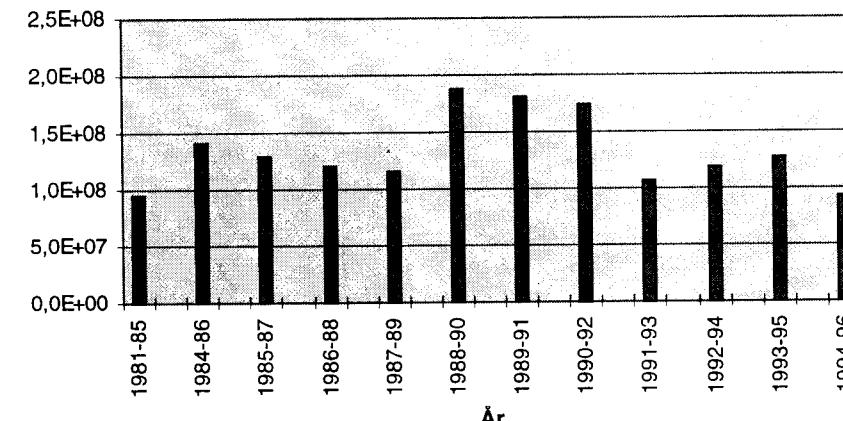
Belastringsstallene for vandopløselighed for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Vækstregulatorer.

Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 41. Index of load for solubility in water for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.

**Fig. 41 Vandopløselighed: Vækstregulatorer
((salg*vandopl.)/areal)**



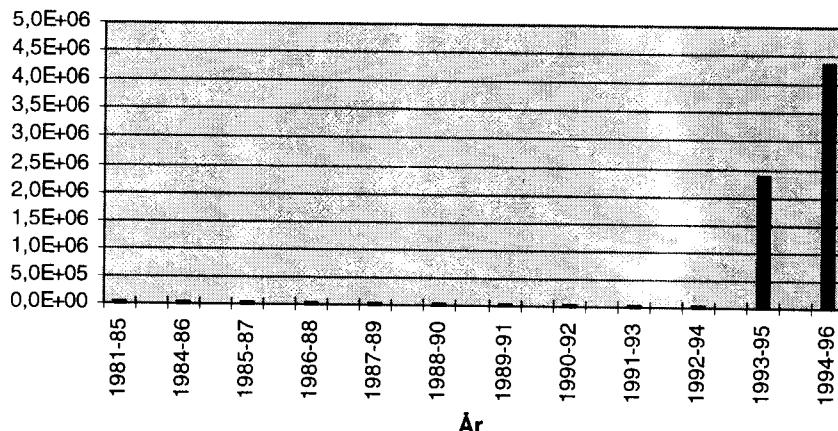
Figur 42.

Belastningstallene for vandopløselighed for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Svampemidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 42. Index of load for solubility in water for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996.

Fungicider.

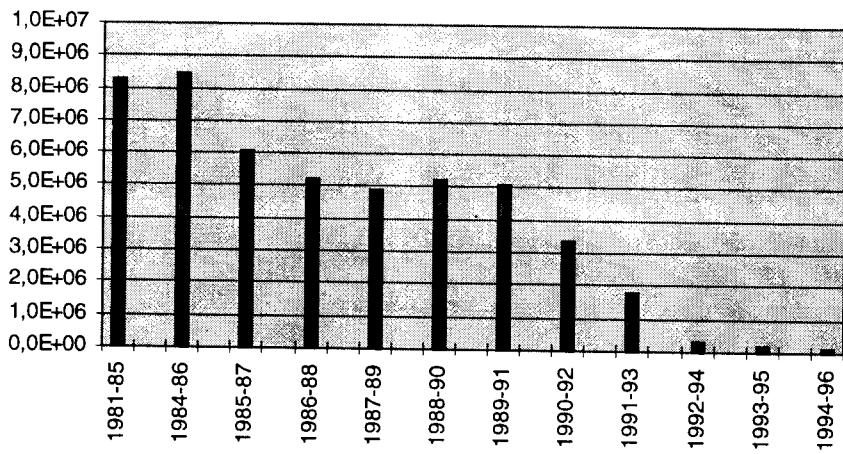
**Fig. 42 Vandopløselighed: Fungicider
((salg*vandopl.)/areal)****Figur 43.**

Belastningstallene for vandopløselighed for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Insektsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 43. Index of load for solubility in water for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996.

Fungicider.

**Fig. 43 Vandopløselighed: Insekticider
((salg*vandopl.)/areal)**

3.17 Fordeling i octanol-vand, K_{ow}

Resultaterne fremgår af figurerne 44-48 og korrelationerne mellem belastningstallene og tiden er som følger:

Alle stoffer:	$r_s = +0,376$	$0,2 < P < 0,5$ (tosidet)
Herbicider:	$r_s = +0,951$	$P << 0,001$ (tosidet)
Vækstregulatorer:	$r_s = -0,636$	$0,01 < P < 0,025$
Fungicider:	$r_s = +0,622$	$0,02 < P < 0,05$ (tosidet)
Insektsmidler:	$r_s = -0,622$	$0,01 < P < 0,025$

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	86-100
Herbicider	44-55
Vækstregulatorer	4
Fungicider	15-21
Insekticider	17-22

Der mangler data for 20 stoffer

Belastningstallene i 1994-96 udgør følgende procentdel af belastningstallene i 1981-1985:

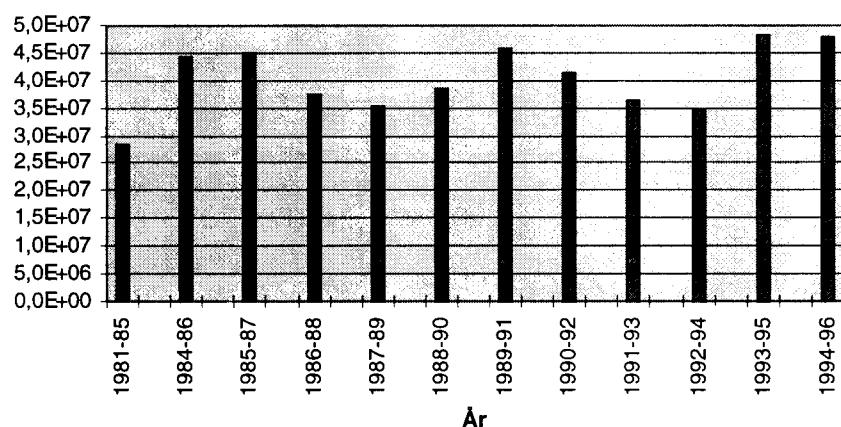
Alle stoffer:	169%
Herbicider:	578%
Vækstregulatorer:	52%
Fungicider	178%
Insekticider:	92%

Figur 44.

Belastningstallene for fordelingen i octanol/vand (K_{ow}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Alle pesticider samlet.

Figure 44. Index of load for the distribution in octanol/water (K_{ow}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. All pesticides.

Fig. 44 Kow: Alle stoffer
((salg*Kow)/areal)

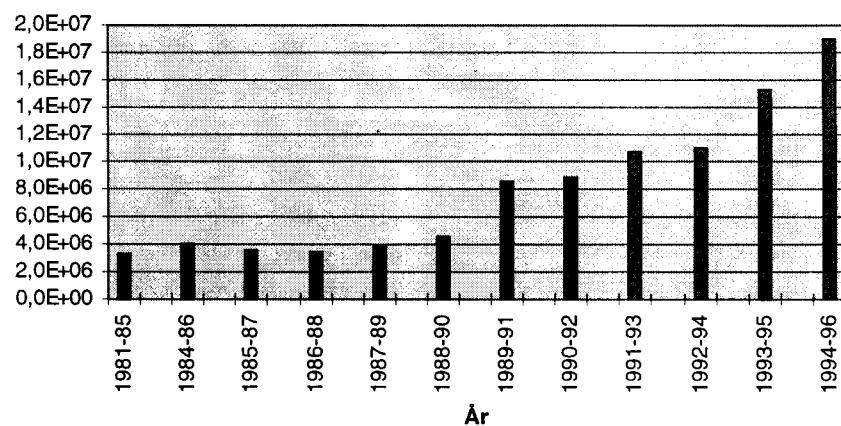


Figur 45.

Belastningstallene for fordelingen i octanol/vand (K_{ow}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996. Ukrudtsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 45. Index of load for the distribution in octanol/water (K_{ow}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Herbicider.

Fig. 45 Kow: Herbicider
((salg*Kow)/areal)



Figur 46.

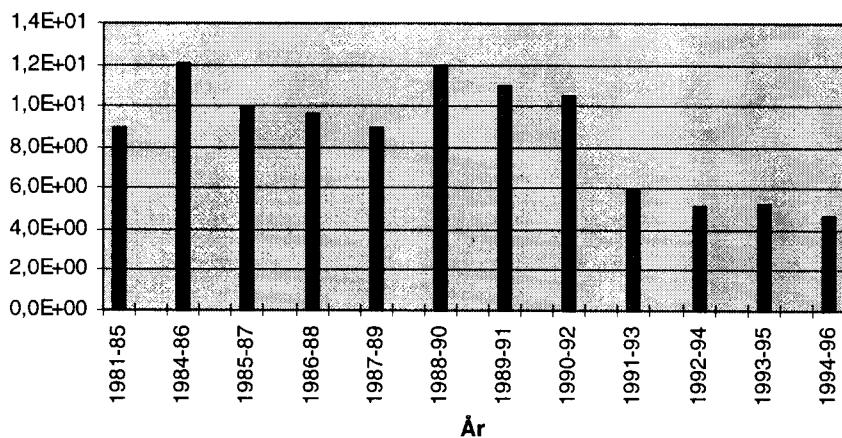
Belastningstallene for fordelingen i octanol/vand (K_{OW}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Vækstregulatorer.

Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 46. Index of load for the distribution in octanol/water (K_{OW}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996. Growth regulators.

**Fig. 46 Kow: Vækstregulatorer
(salg*Kow)/areal)**



Figur 47.

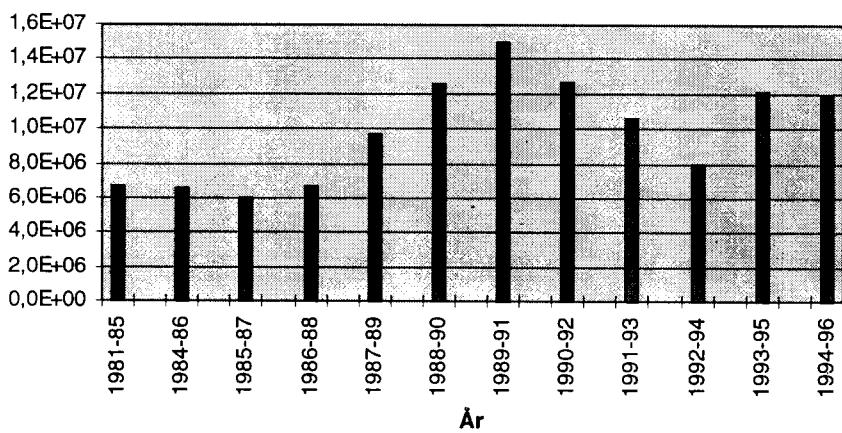
Belastningstallene for fordelingen i octanol/vand (K_{OW}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Svampemidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 47. Index of load for the distribution in octanol/water (K_{OW}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996.

Fungicides.

**Fig. 47 Kow: Fungicider
(salg*Kow)/areal)**



Figur 48.

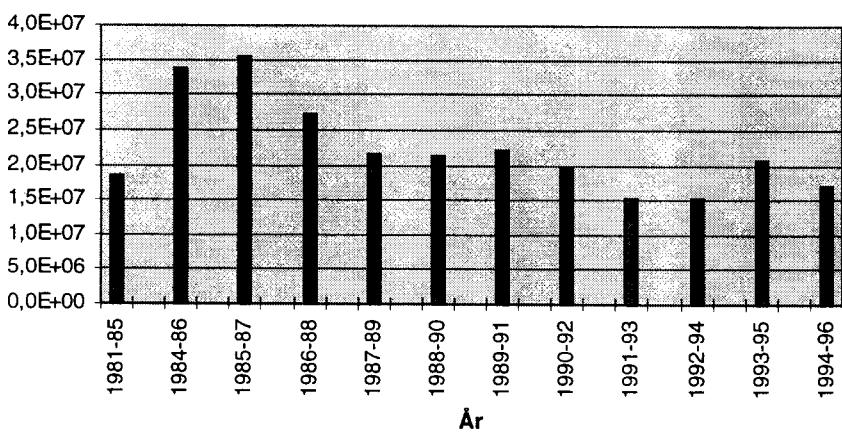
Belastningstallene for fordelingen i octanol/vand (K_{OW}) for referenceperioden (1981-1985) og treårsperioderne frem til 1996.

Insektsmidler. Bemærk skalaen på y-aksen.

Figure 48. Index of load for the distribution in octanol/water (K_{OW}) for the reference-period (1981-1985) and the three-year periods up to 1996.

Insecticides.

**Fig. 48 Kow: Insekticider
(salg*Kow)/areal)**



3.18 Biokoncentrationsfaktoren, BCF

Antallet af stoffer, for hvilke der er data er:

Alle typer:	33-37
Herbicider	17-21
Vækstregulatorer	1
Fungicider	7-8
Insekticider	7-9

Der mangler data for 93 stoffer.

4 Diskussion

4.1 Metode

Som udtryk for den relative belastning vedrørende et givent mål for giftighed er i denne analyse anvendt udtrykket belastningstal = $(\text{salg}/\text{toks})/\text{areal}$, hvor toks er det aktuelle mål for giftighed (LD_{50} , NOEL osv.). Det er den samme størrelse, som anvendes i Gyldenkærne (1997).

I myndigheders vurdering af faren og risikoen ved brug af pesticider er det en udbredt praksis at sammenholde eksponeringen med giftigheden overfor forskellige organismer. Det grundlæggende i henværende analyse er, at salget sættes i forhold til det givne giftigheds mål (vægtes med giftigheden). Salg/toks kan betragtes som et udtryk for antallet af anvendte giftighedsdoser.

Dette er også det grundlæggende i metoderne anvendt i USDA ERS "Chronic and Acute Risk Indicators of Pesticide Use" og i den tyske SYNOPS model, begge beskrevet i papirerne fra OECD Workshop vedrørende indikatorer for pesticidrisiko i april 1997 i København (Levitán 1997).

I USDA ERS ganges denne værdi med halveringstiden i jord, der betragtes som et udtryk for en generel eksponeringstid.

I SYNOPS er salget modifieret til en vurdering af den sandsynlige koncentration i det givne miljø (jord, vand osv.), den såkaldte Predicted Environmental Concentration (PEC). PEC/toks vægtes derefter med afgrødens relative areal og ganges med sandsynligheden for, at sprøjting vil finde sted. Modellen er således langt mere detaljeret og kompliceret end det her anvendte udtryk.

Også beskrevet i ovennævnte OECD-papirer er Consumer Union's Indices of Trends in Agricultural Pesticide Risk. I dette tilfælde opereres med et "use-weighted toxicity average", der er den gennemsnitlige giftighed pr. kg (eller lign. vægtenhed): $S(\text{salg af pesticid } i \times \text{LD}_{50i})/\text{Ssalg}$. Consumer Union opererer i øvrigt med en "Cancer Potency Factor", der er den øvre 95% sikkerhedsgrænse for hældningen af kurven for carcinogen respons. Hvad det mere præcist er for type tal, der bruges er ikke beskrevet, men det er klart at man opererer med antagelsen om, at der er en dosis-respons.

De i analysen anvendte toksicitetsværdier er de laveste af dem, der er blevet noteret, idet det er disse værdier, der anvendes ved myndighedernes risikovurderinger. Hvis der for et givent stof er foretaget et stort antal bestemmelser af f.eks. LD_{50} for forskellige dyrearter, vil sandsynligheden for at få "de mindste" værdier selvsagt være større end hvis, der kun er én måling. Der er dog

gennemgående få bestemmelser; for pattedyr LD₅₀ er der eksempelvis højst 6 værdier, og for omkr. 80% af stofferne er der tre eller færre LD₅₀ værdier. Forskelle i antallet af toksicitetsværdier skønnes således ikke at medføre betydende skævheder i analysen. Brugen af mindste noterede værdi afspejler ønsket om at anvende forsigtighedsprincippet. I en analyse som denne er det uden betydning, om man anvender mindste værdi eller gennemsnittet, hvis disse vil blot være ”parallelforskudt”.

Den her anvendte metode giver et relativt mål for den belastning, der relaterer sig til det givne mål for giftigheden (akut oral LD₅₀, kronisk NOAEL osv.) og størrelserne for de forskellige mål for giftighed er ikke sammenlignelige, bl.a. fordi de forskellige forsøg, der ligger til grund for disse er af vidt forskelligt design, og fordi forskellige organismer lever under forskellige kår, så deres respons ikke er sammenlignelige.

Det anvendte mål udtrykker noget om de anvendte pesticiders iboende egenskaber, en ”fare-rangordning”, og tager ikke hensyn til sandsynligheden for eksponering i felten, og belastningstallene kan kun bruges til at vurdere nogle udviklingstendenser med hensyn til, om forbruget har ændret sig mod mere eller mindre skadelige midler og/eller forbrug på en række nærmere definerede områder.

Den faktiske eksponering og effekterne i felten afhænger af et stort antal faktorer, og det skal understreges at herværende analyse ikke inkluderer indirekte effekter, som muligvis er af større betydning end de direkte effekter.

Det bør ligeledes bemærkes, at analysen ikke omfatter højere planter, som i mange tilfælde er af afgørende betydning for faunaen og de berørte økosystemer.

Herværende analyse kan således ikke sige noget om faktiske effekter eller tilstanden i miljøet, endsige noget om effekter på økosystemer, men blot angive tendenser i udviklingen med hensyn til specifikke former for giftigheds- og skæbnemål.

Det samlede salg af pesticider er faldet med omkr. 40% siden referenceperioden, og hvis giftigheden af pesticiderne havde holdt sig konstant ville belastningstallene være faldet tilsvarende.

Man bør have ”in mente”, at en vis del af de statistiske analyser viser signifikans ved en tilfældighed, og at sandsynligheden for, at nogle af de signifikante tests ikke er sande, er høj, når et stort antal tests udføres.

4.2 Pattedyr. Akut oral giftighed

Værdien for akut oral giftighed er faldet med 98% i løbet af handlingsplansperioden. Gyldenkærne (1997) fandt tilsvarende et fald på 93%, men Gyldenkærne benytter perioden 1982-85 som referenceperiode og han anvender ikke rullende gennemsnit).

Den vigtigste faktor i faldet af værdien for akut giftighed overfor pattedyr er parathions forsvinden fra markedet. Det bemærkes, at blandt de 20 stoffer, der havde de største værdier i referenceperioden er de 15 blevet udfaset eller stærkt begrænset i deres tilladte brug. Disse 15 stoffer er følgende:

parathion
DNOC
dinoseb
aldicarb
dichlorprop
carbofuran
MCPA
paraquat
2,4-D
mechlорprop
dinoterb
diquat
cyanazin
phosphamidon
tridemorph

4.3 Pattedyr. Kronisk giftighed

For alle stoffer under et, og for herbicider og insekticider separat, er der et markant fald i værdierne.

Den vigtigste faktor i faldet af værdien for kronisk giftighed overfor pattedyr er parathions forsvinden fra markedet, og at en række af stofferne med de største værdier er blevet udfaset eller stærkt begrænset i deres tilladte brug. For kronisk giftighed er dette således 13 af de 20 stoffer, der havde de største værdier i referenceperioden. Disse 13 stoffer er følgende:

parathion
MCPA
cyanazin
mehchlorprop
diquat
2,4-D
oxydemeton-methyl
diazinon
formothion

dichlorprop
phoxim
chlorfenvinphos
tridemorph

Den vigtigste faktor i stigningen i værdierne for fungiciderne er fenpropimorph. Tallet for dette stof udgør omkr. 80% af det samlede tal for 1994-96 og salget i 1981-85 udgjorde kun omkr. 6% af salget i 1994-96.

4.4 Pattedyr. Effekter på reproduktion samt fosterskader

Der har ikke altid været forlangt forsøg over bekæmpelsesmidlers effekt på reproductionsevnen eller midernes evne til at fremkalde fosterskader. Derfor vil disse undersøgelser ikke foreligge for mange gamle stoffer, der er udgået inden eller ved revurderingen pga. manglende data.

Endvidere har principperne for vurdering og klassificering af disse effekter ændret sig de senere år, hvorfor kun de sidst vurderede stoffer vil kunne sammenlignes. Der er altså ikke materiale nok om disse effekter til at bearbejde statistisk og grafisk, hvorfor der ikke er medtaget søjlediagrammer om disse effekter.

Hvis effekterne er alvorlige og forekommer ved lave doser, vil midlerne ikke blive godkendt i dag, med mindre de bruges i så lav dosering eller med en anvendelse, der giver en så lille eksponering, at der ikke er uacceptabel risiko ved brug af midlerne. Eksempler på en sådan eksklusion er vinclozolin-holdige midler, der er ved at blive forbudt.

4.5 Pattedyr. Kræftfremkaldende effekter

Vurderingen af hvorvidt et stof er kræftfremkaldende sker dels ud fra langtidsforsøg på to dyrearter, normalt rotter og mus, og dels ud fra forskellige mutagenforsøg. Den samlede vurdering resulterer i en klassificering som kræftfremkaldende, hvis der vurderes at være en effekt, som er relevant for mennesker.

Der er tre kategorier af kræftfremkaldende stoffer: Carc 1, Carc 2 og Carc 3. Stoffer i kategorierne 1 og 2 bliver ikke godkendt, mens det kommer an på, hvor stor en mængde stof brugerens udsættes for under brugen, om stoffer i kategori 3 kan godkendes eller ej.

Da det som ovenfor nævnt ikke er muligt at vurdere et stofs kræftfremkaldende effekt ud fra et enkelt forsøg, er det klassificeringen af stofferne, der er lagt til grund ved opgørelsen af kræftfremkaldende effekt og ikke NOAEL fra de enkelte dyreforsøg.

Som det fremgår af figur 11 er der indtil sidst i firserne sket et fald i salget af Carc3 stoffer, primært på grund af et fald i 2,4-D-salget, hvorefter der gennem de seneste 7-8 år har været en stigning som især skyldes et øget salg af isoproturon. Det samlede salg i 1994-96 er således af samme størrelsesorden som i referenceperioden.

De øvrige 10 stoffer er alachlor, atrazin, benazolin, benomyl, carbendazim, chlorothalonil, linuron, propyzamid og triflusulfuron-methyl. Af disse 12 stoffer er alachlor, atrazin, benazolin, benomyl og carbendazim ikke længere på markedet til landbrugsformål og isoproturon, 2,4-D og propyzamid har fået større eller mindre indskrænkninger i anvendelsen, og iprodion er blevet indstillet til forbudsprocedure.

Der mangler oplysninger på en række stoffer, men blandt dem som udgør mere end 5% af det samlede salg, er der ingen for hvilke der mangler oplysninger med undtagelse af TCA.

Selvom der skulle være stoffer fra referenceperioden, som er udgået uden at have været vurderet med hensyn til kræftfremkaldende effekt, er det således overvejende sandsynligt, at salgskurven for Carc3 mærkede stoffer er steget i de senere år som følge af et forøget salg af specielt isoproturon.

4.6 Fugle. Akut oral giftighed

Kurverne for ”alle stoffer” og insekticider ser stort set ud som kurverne for akut oral pattedyrgiftighed, og også i dette tilfælde er det specielt parathion, der har betydning.

Gyldenkærne (1997) fandt ikke væsentlige ændringer med hensyn til giftigheden på fugle, idet parathion ikke skulle være særlig giftigt over fugle. Ifølge Pesticide Manual er LD₅₀ overfor fugle dog på 2 mg/kg.

Blandt de stoffer, for hvilke der mangler data, er bl.a. dinoseb, som er blandt de 10 stoffer med de største værdier for pattedyr akut oral giftighed. Da stoffet er udfaset ville inkludering af dinoseb formentlig forstærke den nuværende tendens i belastningstallene, da der er fundet en lille men statistisk meget sikker sammenhæng mellem pattedyr-LD₅₀ og fugle-LD₅₀, idet korrelationen mellem de logaritmisk transformerede værdier er: r = 0,595; P << 0,001 (tosidet). Det er derfor ikke usandsynligt, at dinoseb vil vise sig at være giftigt overfor fugle og i så fald vil indkludering af dinoseb-data formentlig medføre et yderligere fald i værdierne samlet og for insekticider fra referenceperioden til 1994-96.

Blandt de 20 stoffer med de største værdier er 9 henholdsvis 3 stoffer blevet indskrænket i deres brug eller er ude af markedet. Sidstnævnte er diquat, mevinphos og phoxim.

4.7 Fugle. Akut fødegiftighed

Blandt de stoffer for hvilke der mangler data er bl.a. carbofuran, cyanazin, dinoseb, diquat, formothion og parathion, som er blandt de 10 stoffer med de største værdier for pattedyr akut oral og kronisk giftighed. Alle disse 6 stoffer er ikke længere på markedet eller indstillet til forbudsprocedure, og inkludering af data for disse stoffer ville formodentlig medføre at tendensen ville komme til at ligne tendensen i BT-akut oral.

4.8 Fugle. Reproduktionsgiftighed

Antallet af stoffer, for hvilke der er data, er meget lille og en række meget anvendte stoffer mangler i analysen. Data er således ikke repræsentative.

4.9 Regnorme

Der mangler data for en række af de meget anvendte stoffer, heriblandt benomyl, der er kendt for at være giftigt overfor regnorme.

Benomyl er blevet udfaset og inkludering af benomyl data vil således styrke en faldende tendens i belastningstallene.

4.10 Fisk

For alle stofgrupper samlet synes der ikke at være en klar stigende eller faldende tendens i udviklingen af belastningstallene. Dette er resultatet af modsatrettede tendenser i forskellige grupper; således er der et signifikant fald i tallene for fungicider og en signifikant stigning i tallene for insekticiderne.

Det er især pyrethroiderne, der bidrager med høje værdier indenfor insekticiderne.

4.11 Krebsdyr. Akut EC₅₀

Insekticiderne viser et meget klart fald i belastningstallene, hvilket slår igennem i tallene for stofferne samlet, mens der ikke er nogen tydelig faldende eller stigende tendens indenfor herbicider, vækstregulatorer og fungicider.

Blandt herbiciderne mangler der data for de meget anvendte stoffer 2,4-D, dinoseb, isoproturon, MCPA, og TCA, så materialet kan ikke betragtes som repræsentativt for herbiciderne.

Faldet i tallene for insekticiderne skyldes primært udfasningen af parathion. Parathion er ganske vist omkring en faktor 10 gange mindre giftigt overfor krebsdyr end pyrethroiderne, men den store mængde af parathion gør at stoffet kommer til at dominere i belastningstallet. Grunden til, at parathion ikke "slår så meget igennem" hos fisk, skyldes, at krebsdyrene er omkring 100 gange mere følsomme overfor parathion end fisk er.

4.12 Krebsdyr. Reproduktion

Der er kun data for få stoffer. Blandt andet mangler der data for en række pyrethroider og for parathion, og materialet er således ikke repræsentativt.

4.13 Alger

Der er et ikke signifikant fald i BT for fungiciderne og et signifikant fald for vækstregulatorerne. Materialet for herbicider og insekticider er ikke repræsentativt på grund af manglende data.

4.14 Halveringstiden, T_{50}

Der har været en klart faldende tendens i tallene for halveringstiden i jord for alle stoffer samlet og for herbicider. For de øvrige grupper har tendensen samme retning, men er ikke signifikant.

Faldet skyldes mest et lille fald i mange stoffer; man noterer sig dog udfasningen af et stof som paraquat.

Da der ikke er data for parathion er data muligvis ikke repræsentative for insekticider.

4.15 Bindingskoefficienten, K_{oc}

Generelt er der ingen klar stigende eller faldende tendens med hensyn til tallene for K_{oc} med undtagelse af et lille men signifikant fald for insekticiderne.

Der mangler nogle af de meget anvendte stoffer blandt herbiciderne og insekticiderne, så resultaterne for disse to grupper skal tages med forbehold.

4.16 Vandopløselighed, S

For vandopløseligheden, S, er der for alle pesticiderne samlet set noteret et signifikant fald. Faldet er markant for herbiciderne og for insekticiderne, mens der derimod er en dramatisk stigning i værdien for fungiciderne. Da Spearmans Rank korrelationsanalyse ikke vægter ekstreme værdier i forhold til deres størrelse, er der også blevet foretaget en product-moment korrelationsanalyse.

Faldet i herbicidværdierne skyldes først og fremmest udfasningen af TCA og alloxidim, mens faldet for insekticiderne især skyldes udfasning af acephat, oxydemeton-methyl, phosphamidon og mevinphos.

Den kraftige stigning i tallene for fungiciderne skyldes helt overvejende introduktionen af propamocarb, som er meget vandopløseligt. Det skal dog bemærkes, at BT for fungiciderne højst udgør 4,5% af det samlede BT.

4.17 Fordeling i octanol-vand, K_{ow}

Samlet set er der en ikke statistisk signifikant stigende tendens. Derimod er der klare tendenser i tallene for herbicider, vækstregulatorer og fungicider, idet herbicidtallene og fungicidtallene stiger og BT for vækstregulatorer falder.

Stigningen i herbicidtallene skyldes primært at prosulfocarb kommer på markedet sammen med en stigning i salget af pendimethalin, isoproturon og ioxynil.

En dominerende faktor i stigningen i belastningstallet for fungiciderne er en stigning i forbruget af svovl.

De manglende data vil næppe ændre tendenserne.

4.18 Biokoncentrationsfaktoren, BCF

Samlet set er der en stigning i belastningstallet, som går igen i de enkelte grupper, bortset fra vækstregulatorerne.

Der mangler data for mange stoffer, og materialet er ikke repræsentativt. Sammenholdt med K_{ow} , som også bruges som en indikation af potentialet for bioakkumulering, synes der at tegne sig et billede af en generel stigning i bioakkumuleringspotentialet. I denne analyse er der dog ikke taget hensyn til, at man ved vurderingen af bioakkumuleringsfarens også ser på udskillelseshastigheden.

En stigning i K_{ow} vil i øvrigt være forventeligt når man får et fald i vandopløseligheden, da stoffer, der er opløselige i octanol oftest vil være mindre opløselige i vand og omvendt.

5 Konklusioner

Den udførte analyse kan ikke anvendes til at vurdere faktiske effekter eller tilstanden i miljøet. Analysen angiver relative mål for og tendensen i de anvendte pesticiders iboende egenskaber med hensyn til specifikke former for giftigheds- og skæbnemål vægtet med salget.

Højere planter er ikke inkluderet i analysen på grund af manglende data, idet der ikke er krav om plantetests i godkendelsesordningen.

Akut giftighed overfor pattedyr, fugle, fisk, regnorme og krebsdyr

Der er gennemgående sket et markant fald i belastningstallene for akut giftighed for alle de undersøgte dyregrupper med undtagelse af tallene for fisk og regnorme, hvor den samlede tendens ikke har en klar hældning.

Vigtigste faktor for dette fald er udfasningen af parathion og en række andre stoffer, bl.a. i forbindelse med revurderingen af de "gamle" pesticider.

Kronisk giftighed overfor pattedyr

Belastningstallene for kronisk giftighed hos pattedyr af falset markant af samme årsager som for akut giftighed.

Reproduktions- og fosterskadegiftighed overfor pattedyr, fugle og krebsdyr

Der er for mange manglende data til at drage sikre konklusioner vedrørende belastningstallene for reproduktionsgiftighed for de tre undersøgte dyregrupper.

Kræftgiftighed overfor pattedyr

Salgstallet for Carc3 (mistænkt for at kunne fremkalde kræft) mærkede stoffer er steget signifikant siden 1987, så niveauet i 1996 er det samme som i referenceperioden.

Alger

Tendenserne er ikke klare bl.a. på grund af manglende data.

Nedbrydningshastigheden, T_{50}

Der er sket et klart fald i belastningstallene for nedbrydningshastigheden.

Binding til organisk stof i jord, K_{oc}

Der er ingen klar stigende tendens med hensyn til K_{oc} .

Vandopløselighed, S

Belastningstallene for vandopløseligheden er falset med undtagelse af værdierne for fungiciderne, hvor der har været en dramatisk stigning, primært på grund af det meget vandopløselige propamocarb. BT for fungicider udgør dog højest omkr. 4½% af det samlede BT.

Det generelle fald i værdierne for vandopløseligheden skyldes primært udfasningen af en række stoffer.

Bioakkumuleringspotentiale

Samlet set giver K_{ow} og BCF et billede af, at der er sket en stigning i belastningstallene for bioakkumuleringspotentiale.

belastningstallene for akut giftighed hos de undersøgte dyreformer generelt er faldet, bl.a. som resultat af udfasningen af en række stoffer

belastningstallene for kronisk giftighed hos pattedyr viser en faldende tendens bl.a. som resultat af udfasningen af en række stoffer

salgstallene for Carc3 mærkede stoffer er i 1994-96 af samme størrelsesorden som i referenceperioden, men salget er steget konstant siden 1987.

belastningstallene for to af de tre mål, der har betydning for nedvaskning i jorden viser en faldende tendens, som bl.a. skyldes udfasning af en række stoffer

belastningstallene for bioakkumulerende potentiale synes at vise en stigende tendens

6 Referencer

Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 69 af 7. februar 1996

Gyldenkærne, S. (1997): "Udvikling i den direkte toksikologiske belastning fra pesticider overfor pattedyr, fugle, bier og vandlevende organismer i perioden 1982/85-1995", Statens Planteavlsforsøg Rapport 11: 63-65

Levitán, L. (1997): "An Overview of Pesticide Impact and Risk Assessment Systems (Pesticide Risk Indicators)" OECD Workshop on Pesticide Risk Indicators Copenhagen 21st - 23rd April 1997

Miljøstyrelsen (1992): "Landbrugets Pesticidanvendelse i 1990", Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 1, 1992

Miljøstyrelsen: Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik: Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1, 1994; nr.2, 1995; nr.8, 1995; nr.8, 1996 og nr. 10, 1997

Tomlin, C. (ed.)(1994): "The Pesticide Manual, Tenth Edition", Bath Press, Bath, samt tidligere udgaver

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion og Sekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi
Afd. for Miljøkemi
Afd. for Systemanalyse*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejlsøvej 25
Postboks 413
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Sø- og Fjordøkologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 14

*Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Tagensvej 135, 4
2200 København N
Tlf.: 35 82 14 15
Fax: 35 82 14 20

Afd. for Arktisk Miljø

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.
I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

1997

- Nr. 195: Modelling the Atmospheric Nitrogen Deposition to Løgstør Bredning. Model Results for the Periods April 17 to 30 and August 7 to 19 1995. By Runge, E. et al. 49 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 196: Kontrol af indholdet af benzen og benzo(a)pyren i kul- og olieafledte stoffer. Analytisk-kemisk kontrol af kemiske stoffer og produkter. Af Rastogi, S.C. & Jensen, G.H. 23 s., 40,00 kr.
- Nr. 197: Standardised Traffic Inputs for the Operational Street Pollution Model (OSPM). Af Jensen, S.S. 53 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 198: Reduktion af CO₂-udslip gennem differentierede bilafgifter. Af Christensen, L. 56 s., 100,00 kr.
- Nr. 199: Photochemical Air Pollution. Danish Aspects. By Fenger, J. (ed.). 189 pp., 200,00 DKK.
- Nr. 200: Benzin i blodet. Kvæntitativ del. ALTRANS. Af Jensen, M. 139 s., 100,00 kr.
- Nr. 201: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1996/97 i Danmark. Af Clausager, I. 43 s., 35,00 kr.
- Nr. 202: Miljøundersøgelser ved Mestersvig 1996. Af Asmund, G., Riget, F. & Johansen, P. 30 s., 50,00 kr.
- Nr. 203: Rådyr, mus og selvforyngelse af bøg ved naturnær skovdrift. Af Olesen, C.R., Andersen, A.H. & Hansen, T.S. 60 s., 80,00 kr.
- Nr. 204: Spring Migration Strategies and Stopover Ecology of Pink-Footed Geese. Results of Field Work in Norway 1996. By Madsen, J. et al. 29 pp., 45,00 DKK.
- Nr. 205: Effects of Experimental Spills of Crude and Diesel Oil on Arctic Vegetation. A Long-Term Study on High Arctic Terrestrial Plant Communities in Jameson Land, Central East Greenland. By Bay, C. 44 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 206: Pesticider i drikkevand 1. Præstationsprøvning. Af Spliid, N.H. & Nyeland, B.A. 273 pp., 80,00 kr.
- Nr. 207: Integrated Environmental Assessment on Eutrophication. A Pilot Study. Af Iversen, T.M., Kjeldsen, K., Kristensen, P., de Haan, B., Oirschot, M. van, Parr, W. & Lack, T. 100 pp., 150,00 kr.
- Nr. 208: Markskader forvoldt af gæs og svaner - en litteraturudredning. Af Madsen, J. & Laubek, B. 28 s., 45,00 kr.
- Nr. 209: Effekt af Tunø Knob vindmøllepark på fuglelivet. Af Guillemette, M., Kyed Larsen, J. & Clausager, I. 31 s., 45,00 kr.
- Nr. 210: Landoversvågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Grey Jensen, P. & Rasmussen, P. 141 s., 150,00 kr.
- Nr. 211: Ferske vandområder - Søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. 103 s., 125,00 kr.
- Nr. 212: Atmosfærisk deposition af kvælstof. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Ellermann, T., Hertel, O., Kemp, K., Mancher, O.H. & Skov, H. 88 s., 100,00 kr.
- Nr. 213: Marine områder - Fjorde, kyster og åbent hav. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Jensen, J.N. et al. 124 s., 125,00 kr.
- Nr. 214: Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Windolf, J., Svendsen, L.M., Kronvang, B., Skriver, J., Olesen, N.B., Larsen, S.E., Baattrup-Pedersen, A., Iversen, H.L., Erfurt, J., Müller-Wohlfeld, D.-I. & Jensen, J.P. 109 s., 150,00 kr.
- Nr. 215: Nitrogen Deposition to Danish Waters 1989 to 1995. Estimation of the Contribution from Danish Sources. By Hertel, O. & Frohn, L. 53 pp., 70,00 DKK.
- Nr. 216: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1996. By Kemp, K., Palmgren, F. & Mancher, O.H. 61 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 217: Indhold af organiske oplosningsmidler og phthalater i legetøj. Analytisk-kemisk kontrol af kemiske stoffer og produkter. Af Rastogi, S.C., Worsøe, I.M., Køppen, B., Hansen, A.B. & Avnskjold, J. 34 s., 40,00 kr.
- Nr. 218: Vandføringsevne i danske vandløb 1976-1995. Af Iversen, H.L. & Ovesen, N.B. 2. udg. 55 s., 50,00 kr.
- Nr. 220: Interkalibrering af bundvegetationsundersøgelser. Af Middelboe, A.L., Krause-Jensen, D., Nielsen, K. & Sand-Jensen, K. 34 s., 100,00 kr.

1998

- Nr. 221: Pollution of the Arctic Troposphere. Northeast Greenland 1990-1996. By Heidam, N.Z., Christensen, J., Wåhlin, P. & Skov, H. 58 pp., 80,00 DKK.

