

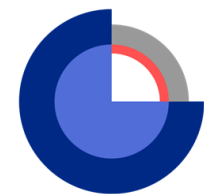
# De danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for Pesticider - Metode og vurdering

*Følgegruppemøde for kemisk tilstandsvurdering  
af grundvandsforekomster*

*7. juni 2021*

Chefkonsulent, Lærke Thorling, GEUS

Bertel Nilsson, Ingelise Møller, Lars Troldborg, Ulla Bollmann



**GEUS**

## Hvad siger Grundvandsdirektivet om tilstanden (artikel 4)?

Tilstanden er god, selvom der er overskridelser for et stof, hvis

- Omfanget af påvirkningen ikke er for stort.
- Øvrige betingelser for god tilstand er opfyldt (fx drikkevandstest og overfladevand).
- Mulighed for at anvende grundvandsforekomsten ikke er væsentligt forringet.

Disse elementer udfoldes i EU-Guidance Documents og i bilagene.



GEUS

GEUS

# Grundvandsdirektivets BILAG III

Vurdering af grundvandsforekomsternes KEMISKE TILSTAND, hvis overskridelse af tærskelværdier.

”Til undersøgelse af om kravene til en god kemisk grundvandstilstand som omhandlet i artikel 4, stk. 2, litra c), nr. i) og iv) er opfyldt, foretager medlemsstaterne, hvor det er relevant og muligt, og på grundlag af passende aggregering af overvågnings-resultaterne, eventuelt med udgangspunkt i skønnede koncentrationer baseret på en konceptuel model af grundvandsforekomsten eller gruppen af grundvandsforekomster, en vurdering af omfanget af den grundvandsforekomst, der har en årlig aritmetisk gennemsnitskoncentration af et forurenende stof, som ligger over grundvandskvalitetskravet eller en tærskelværdi.”



GEUS

GEUS

# Andre generelle forhold i Grundvandsdirektivet

## 3.3

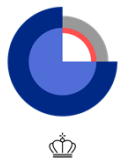
Der er retningslinjer for fastlæggelse af naturlig baggrundsværdier.

Dette gælder alene for sporstoffer, med naturlige indhold over tærskelværdien.

## 3.4

Direktivet opererer med kvantifikationsgrænsen, LQ.

- Danske laboratorier rapporterer data i forhold til detektionsgrænsen, LD.  $QL = 3DL$ .
- Værdier under kvantifikationsgrænsen LQ erstattes med  $\frac{1}{2} LQ$ .
- For sumværdier erstattes værdier under LQ med 0.



GEUS

GEUS

# Metodeudvikling.

- Metodeudviklingen bygger på resultater fra Nitrattilstandsvurderingen.
  - Dokumentationsark og retningslinjer for at udfylde det.
  - Koncepter for 'Faglige temaer'.
  - Udarbejdelse af konkrete 'Pesticidfaglige temaer'.
  - Udvalgelse af relevante øvrige temaer.
  - Sikring af ensartede principper for at skønne koncentrationer, hvor datagrundlag er mangelfuldt.
  - Vurdere repræsentativitet af de forskellige datatyper i konkret grundvandsforekomst.
  - Udvalgelse af grundvandsforekomster til test af metode (kalibreringsworkshops afholdt).

## Særligt for pesticider: Behov for udarbejdelse af konceptuel forståelsesmodel.

- I hvilket omfang er jordoverfladen udsat for pesticider?
- I hvilket omfang er pesticiderne/nedbrydningsprodukterne nået ned til grundvandsforekomsten?

Mange nye stoffer er særlige udbredte, - begrænset vidensgrundlag om disse.

”Opstilling af en konceptuel model ikke er en statisk proces. Der vil således være brug for iterative forløb, hvor fx tilføjelse af nye data eller test af den konceptuelle forståelse ved datasammenstillingen kan kræve en revurdering”.

*Frit oversat fra EU, Guidance 18 om tilstandsvurdering.*



GEUS

# Konceptuelle modeller

- Konceptuel forståelsesmodel bruges om opsummering og sammenstilling af den eksisterende viden om forureningskilderne, der er indlejret i de faglige temaer om forureningskilderne, stofgrupperne, arealanvendelsen og de fysiske-kemiske karakteristika af undergrunden.
- Den konceptuelle forståelsesmodel inkluderer viden om de enkelte stoffers forekomst i grundvandsforekomsterne samt de væsentligste parametre, der har indvirkning på stoffernes koncentration og nedbrydelig.
- Den konceptuelle forståelsesmodel ligger til grund for beslutningstræernes konkrete udformning.
- Den konkrete konceptuelle model, den model, der kan opstilles for den enkelte grundvandsforekomst for pesticider ved den konkrete undersøgelse.



GEUS

# Den konceptuelle forståelsesmodel

## I hvilket omfang er jordoverfladen udsat for pesticider?

Mere end 450 pesticider analyseret.  
De findes IKKE lige hyppigt.  
Forskel på by, land, skov og natur

Vi arbejder med betydende pesticider, hvor vidensgrundlaget for disse er afgørende for, hvor datadreven vurderingen er i den konkrete konceptuelle model i tilstandsvurderingen.

De betydende pesticider er :  
**BAM, DPC og DMS**  
2,6-dichlorbenzamid, desphenylchloridazon og N,N-dimetylsulfamid

Vigtige pesticider er:  
**1,2,4 Triazol og DEIA**  
DEIA: Desethylisopropylatrazin

Alle disse 5 stoffer er nedbrydningsprodukter

### Hyppigst fundne pesticider og deres anvendelse.

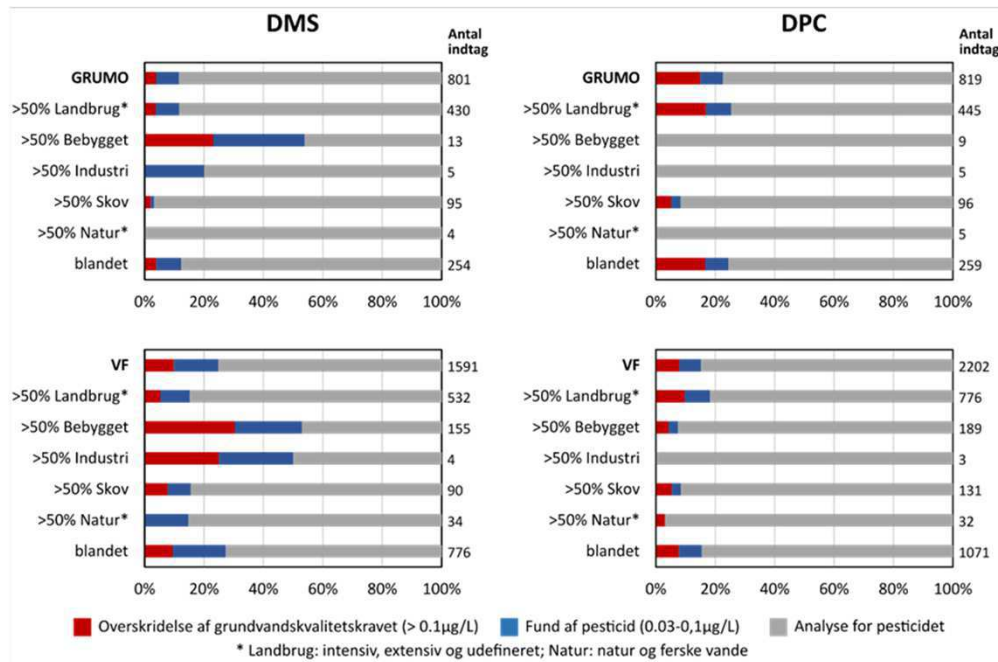
Stof eller stofgruppe	Anvendelse
2,6-dichlorbenzamid (BAM) (moderstoffer: dichlobenil, fluopicolid, chlorthiamid)	Fladebelastning fra befæstede arealer (indkørsler, gårdspladser, fortove osv.), busketter (parker og landejendomme) og frugtplantager; forekommer ofte i punktkilder i høje koncentrationer (4% af depot-indtag >1 µg/l).
Chloridazon og nedbrydningsprodukterne desphenylchloridazon (DPC) og methyl-desphenylchloridazon (MDPC)	Landbrugsanvendelse i sukkerroer, fodersukkerroer, rødbeder og løg (fladebelastning og punktkilder)
N,N-dimetylsulfamid (DMS) (moderstoffer: tolylfluamid og dichlofluamid)	Fra malet træværk (fladebelastning fra alle former for bebyggelser); sjældnere fra frugt og bærproduktion (fladebelastning og punktkilde)
Triazoler og deres nedbrydningsprodukter: tebuconazol, propiconazol, metconazol, epoxiconazol, prothioconazol o.a., 1,2,4-triazol	Landbrugsanvendelse (fladekilder og punktkilder), samt muligvis fra malet træværk (fladebelastning fra alle former for bebyggelser)
Phenoxysyrer, deres urenheder og nedbrydningsprodukter: mechlorprop, dichlorprop, 4-CP, MCPA, 2,4-D, 2,6-DCPP, chlormethylphenoler	Har været anvendt virkelig længe i mange forskellige produkter, landbrug, private have, golfbaner, byggematerialer (tagpap) osv. (fladebelastning og punktkilder)
Triazinerne og deres nedbrydningsprodukter: atrazin, simazin, metribuzin, terbutryn, hydroxyatrazin, DEIA, desethylatrazin, hydroxy-DEIA, o.a.	Landbrug, udyrkede arealer (herunder banelegemer), skovbrug (specielt juletræer og pyntegrønt); derudover bliver nogle triaziner anvendt i byggematerialer men bidraget fra disse er ukendt (fladebelastning og punktkilder)
Glyphosat/AMPA	Brugt overalt (fladebelastning og punktkilder)
Chloroacetanilider og deres nedbrydningsprodukter:alachlor, metazachlor, propachlor, dimethachlor, diverse -OA og -ESA nedbrydningsprodukter, t-sulfinyl acetic acid, CGA373464 og CGA369873	Landbrugsanvendelse (fladebelastning og punktkilder)

# Den konceptuelle forståelsesmodel I hvilket omfang er jordoverfladen udsat for pesticider?

Eksempel på stoffer under forskellige arealanvendelse.

Der er ikke taget højde for strømningmønsteret eller dybdeforhold i området.

Bemærk: Fordelinger i grundvandet er stofs specifik og afhænger af arealanvendelsen.



GEUS



# Den konceptuelle forståelsesmodel

I hvilket omfang er der nået pesticider ned til en grundvandsforekomst?

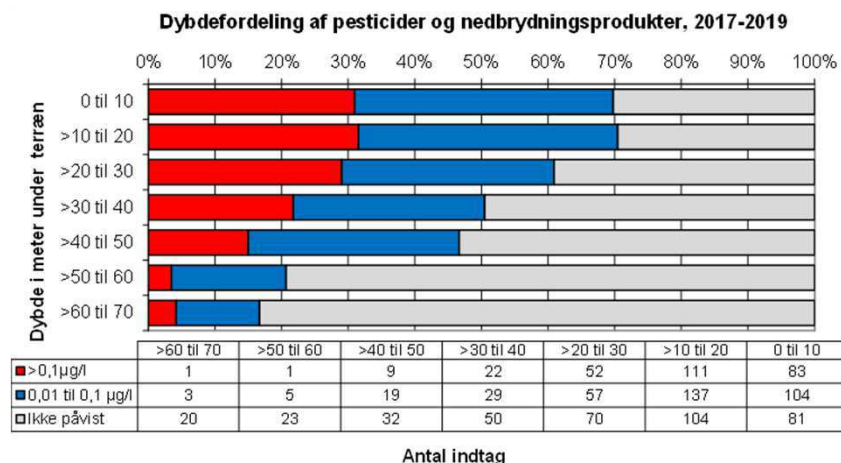
Dybden er den allervigtigste faktor.

Der findes ingen pesticidfront -kun en nitratfront og en tidshorisont.

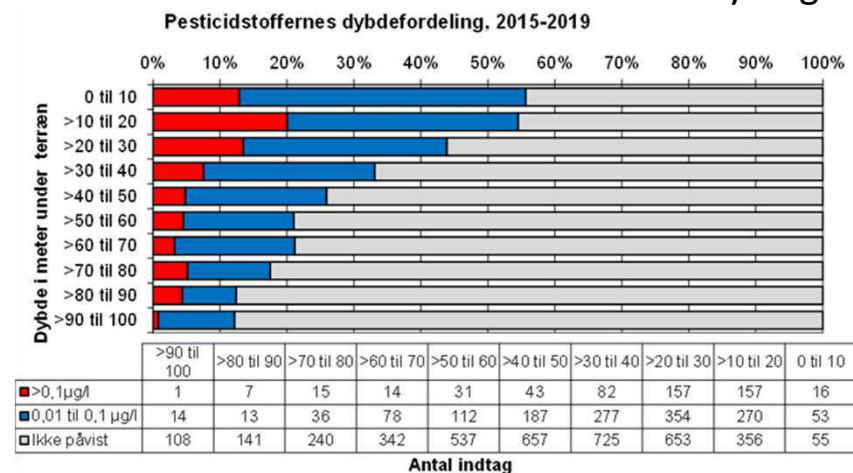
Pesticider nedbrydes generelt MEGET langsomt i grundvand.

Vandværker fravælger om muligt vand med  $> 0,1 \mu\text{g/l}$  pesticid.

## GRUMO



## Vandforsyningsboringer



Fundhyppighed alle pesticider i (a) GRUMO- og (b) aktive vandforsyningsindtag afhængig af dybden (Thorling mfl., 2021).



GEUS

GEUS

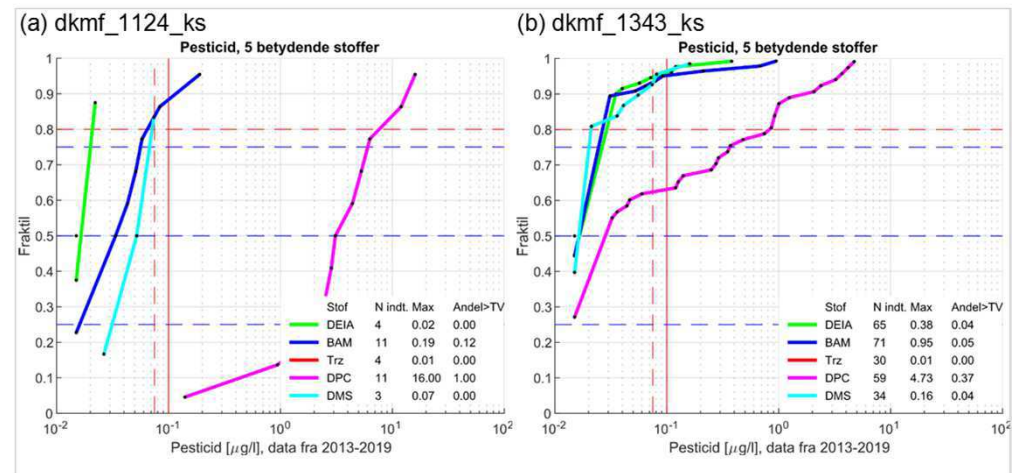
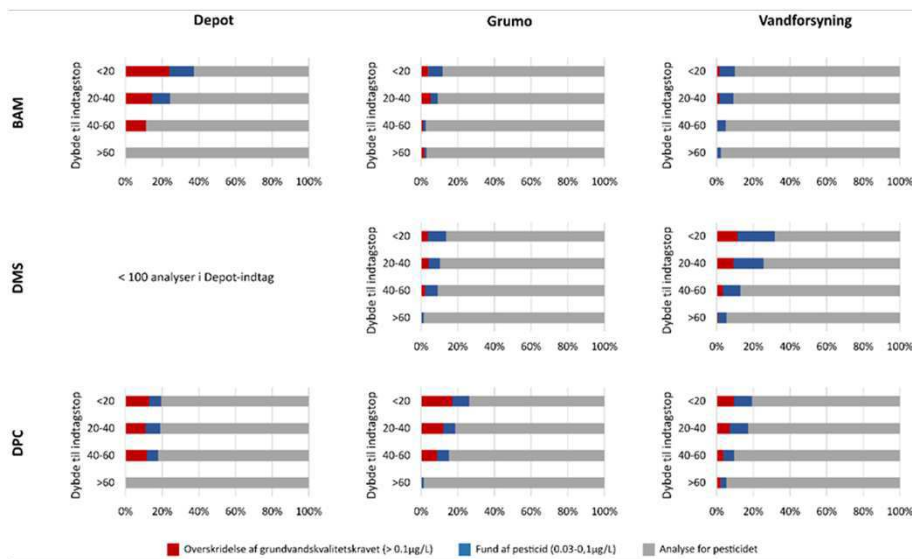
# Den konceptuelle forståelsesmodel

## I hvilket omfang er der nået pesticider ned til en grundvandsforekomst?

Eksempel på dybdefordeling for 3 af de betydende pesticider i forskellige datasæt.

Der er ikke taget højde for arealanvendelse.

Bemærk: Fordeling i grundvand er stofspezifisk.



Fordelingskurver af de 5 væsentligste pesticider (fagligt tema P-7) i (a) den terrænnære grundvandsforekomst, dkmf\_1124\_ks og (b) den dybereliggende grundvandsforekomst, dkmf\_1343\_ks.



GEUS

GEUS

# Den konceptuelle forståelsesmodel

- De betydende pesticider forklarer hovedparten af fund, men lokale forhold spiller en stor rolle for forbrugsmønstret. (fx DCP på landet DMS i byerne)
- 30 % af volumen af det terrænnære grundvand (op til 40 m.u.t.) indeholder et eller flere pesticider over 0,1 µg/l.
- Koncentrationen falder med dybden i takt med mere gammelt vand.
- Pesticidbelastning opdeles på landbrug, by, skovbrug og natur.
- Gamle skove er uden pesticider, nyere plantager bidrager noget.
- De forskellige datatyper har forskellig bias, der skal tages højde for.
- Ingen simpel sammenhæng til traditionelle faglige temaer som dæklagstykkelser geologi osv.
- Opadrettet gradient beskytter mod pesticider.
- Skråtstillede lag øger sårbarheden.

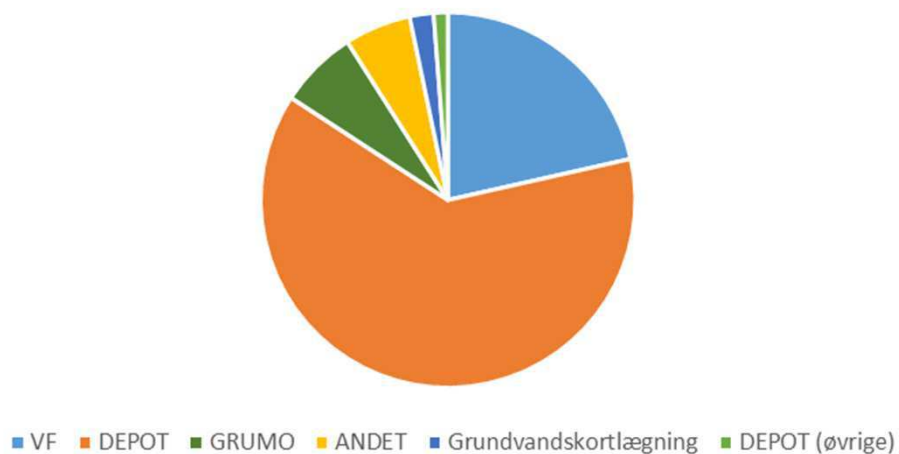


GEUS

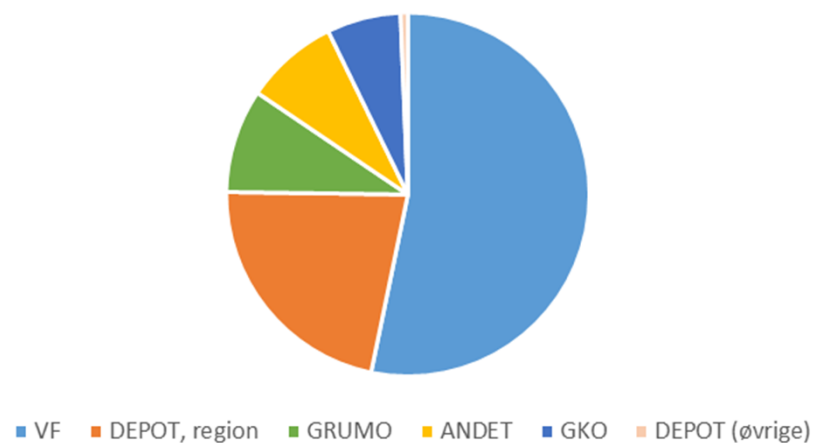
# Datatyper

## Rensede data fra koblede indtag

MFS-organiske  
datatyper fordelt på 15.235 antal indtag



Pesticider  
Datatyper- fordelt på 12.690 indtag



# Dataaggregering, alle projekter.

- Beregning af MAM, middel af årlige middelværdier.
  - Gøres for alle enkeltstoffer på indtagniveau (substituer  $< QL$  med  $\frac{1}{2}QL$ )
  - Gøres for sumværdier på prøve og indtagniveau (substituer  $< QL$  med 0)
- Indtag med sum  $> 0,5\mu\text{g/l}$  og uden enkeltstof  $MAM > 0,1\mu\text{g/l}$  optælles
  - Ét indtag i én forekomst med andre indtag med overskridelser af enkeltstoffer, sub ifht QL
- Der udarbejdes arbejdstabel med udvalgte metadata og  $MAM_{\text{max}}$  og MAM-Sum
- Betydende pesticider
  - Der er defineret 3 Betydende Pesticider (BP) fra fundhyppigheder GRUMO og VF
  - BAM, DCP og DMS
  - For hvert indtag beregnes  $n = \text{antal BP}$



GEUS

# Beslutningstræ

## A: Maskinel tilstandsvurdering

Grundvandsforekomster uden data

- God eller ukendt tilstand.

Grundvandsforekomster med data

- God eller potentielt ringe tilstand.

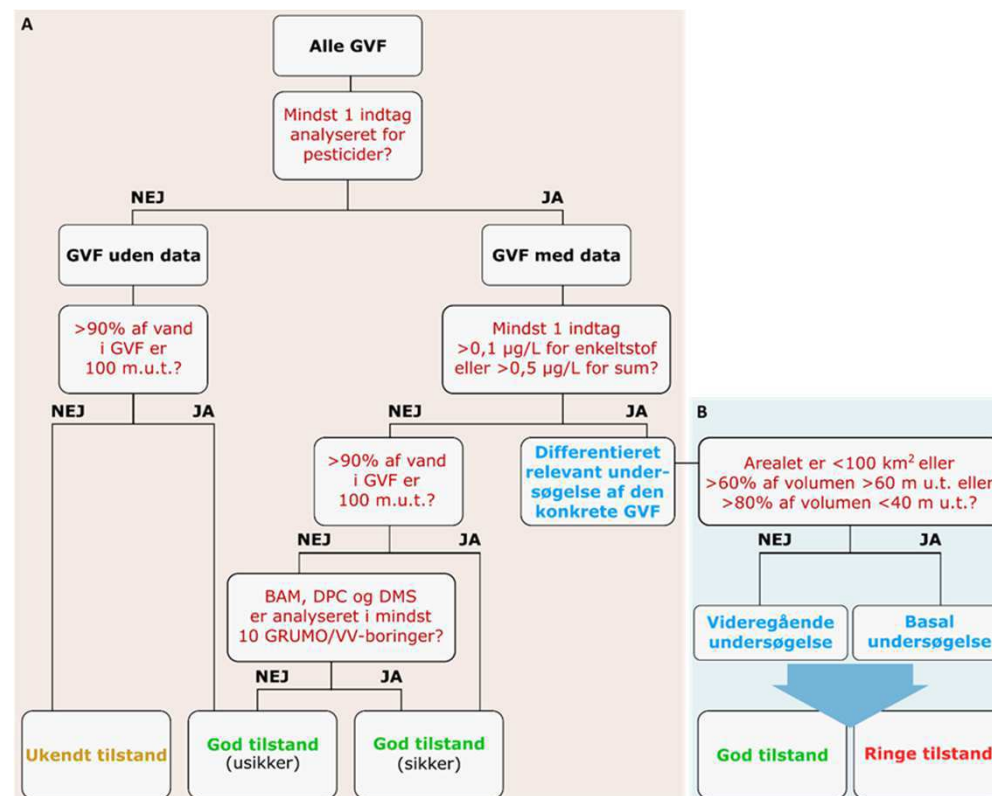
## B: Relevant undersøgelse og konceptuel model

Basal undersøgelse

- Små eller terrænnære/dybe grundvandsforekomster.

Videregående undersøgelse

- GVF store typisk regionale grundvandsforekomster.



(A) Beslutningstræ til maskinel sortering af grundvandsforekomster. (B) Den efterfølgende opdeling af den differentierede relevante undersøgelse for grundvandsforekomster maskinelt vurderet 'potentielt ringe' i henholdsvis en basal og en videregående undersøgelse.

# Konkrete undersøgelser

## Den trinvis metode, pesticider

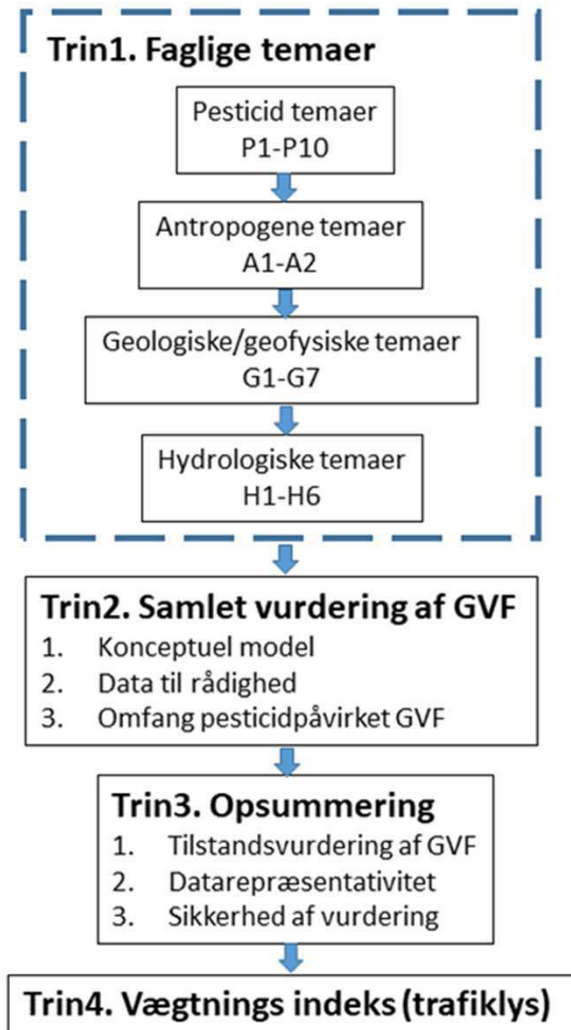
Metoden bygger på de principper der blev fastlagt i forbindelse med tilstandsvurdering af nitrat.

Der udarbejdes et dokumentationsskema til at sikre ensartet metodisk opstilling af konkret konceptuel model.

Faglige temaer udarbejdet automatisk efter faste opskrifter.

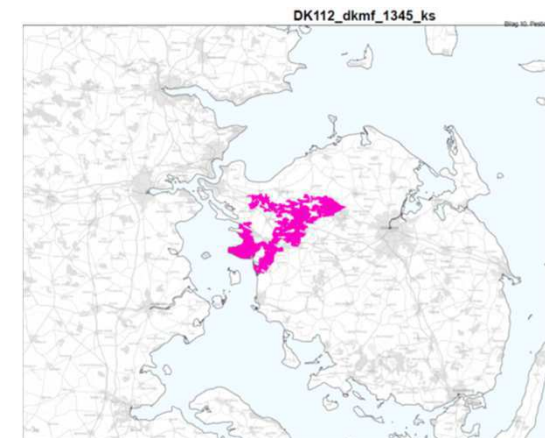
Systematisk opsamling på model, datakvalitet og repræsentativitet.

Ensartet vurdering af omfang pesticidpåvirket grundvand.



# Pesticidtemaer, eksempel på ringe tilstand DK112\_dkmf\_1345ks

GVF (størrelse, hydrogeologi og udnyttelses%)		Andel af GVF volumen:		DATATYPER (antal overskr./Indtag)		Pesticider (antal overskr./Indtag)		AREALANVENDELSE (% af areal)		
DKM lag:	ks 2	over 20 m:	20%	GRUMO:	2 af 2	100%	Indtag ialt:	11 af 40	28%	
Middeldybde top magasin [m]:	27,69	over 40 m:	61%	VF:	8 af 35	23%	BAM:	1 af 40	3%	
Areal (projektion) [km <sup>2</sup> ]	157,73	over 60 m:	91%	DEPOT:	1 af 1	100%	DPC:	9 af 36	25%	
Antal magasiner:	1	over 80 m:	98%	GKO:	0 af 0	0%	DMS:	3 af 19	16%	
Litologi:	Quaternary sand and gravel	over 100 m:	100%	ANDET:	0 af 2	0%	1,2,4-Triazol:	0 af 25	0%	
Boringer ialt	40						4-CPP	0 af 40	0%	
Udnyttelsesgrad:	3,41%						Antal betydnende pest.	3		
									VI/VZ (pesticid relevant):	0%



Indledende overblik, fra hovedet på dokumentationsarket.

- Geologiske forhold
- Dybdeforhold volumenfordeling
- Datatyper
- Pesticidpåvirkning
- Arealanvendelse

Dernæst:

Faglige temaer: Hvor er vi og hvordan er geologien?



GEUS

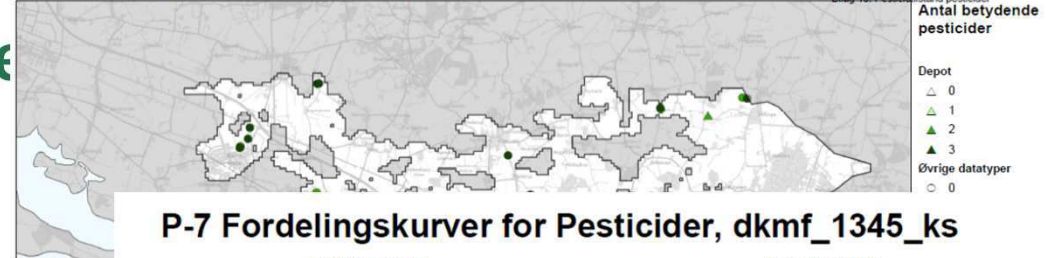
GEUS



# Pesticidtemaer, eksempel på ringe

Pesticid temaer		Vægt:
<b>Tema P-1:</b>	<b>Datatyper i x,y (kort)</b>	grøn
Kommentar:	Boringer (mest VF) spredt over store dele af GVF	
<b>Tema P-2:</b>	<b>Antal betydende pesticider i x,y (kort)</b>	grøn
Kommentar:	Indtag med 3 betydende pesticider spredt over hele GVF	
<b>Tema P-3:</b>	<b>MAM for Desphenyl chloridazon, DPC og Dimethylsulfamid, DMS i x,y (2 kort)</b>	grøn
Kommentar:	Mange overskridelser og fund af DPC spredt over hele GVF, fund og overskridelser af DMS flere steder - analyse af DMS i den NØ-lige del	
<b>Tema P-4:</b>	<b>Maks MAM i x,y (kort)</b>	grøn
Kommentar:	Mange overskridelser og fund spredt over hele GVF	
<b>Tema P-5:</b>	<b>Maks MAM o</b>	
Kommentar:	Fund/overskrid	
<b>Tema P-6:</b>	<b>Tablet, stoffer</b>	
Kommentar:	DMS, chlorida	
<b>Tema P-7:</b>	<b>Fordelingskur</b>	
Kommentar:	Overskridelser	
<b>Tema P-8:</b>	<b>Maks MAM fr</b>	
Kommentar:	Fund og overs	
<b>Tema P-9:</b>	<b>Vandtyper i x</b>	
Kommentar:	Overvejende v	
<b>Tema P-10:</b>	<b>Redoxfront (k</b>	
Kommentar:	Overvejende <	

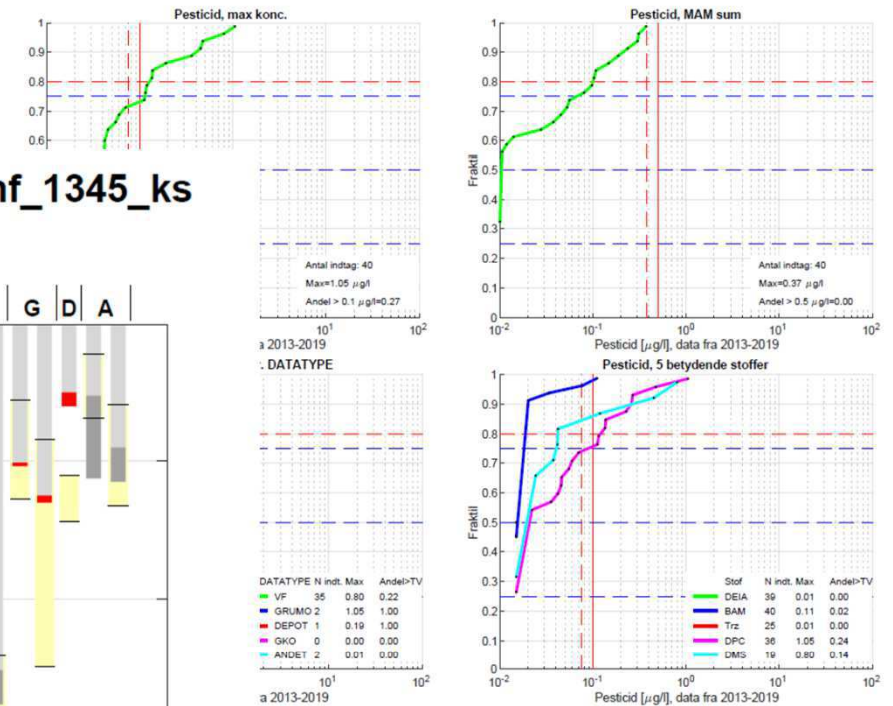
Tema P2: Antal betydende pesticider DK112\_dkmf\_1345\_ks



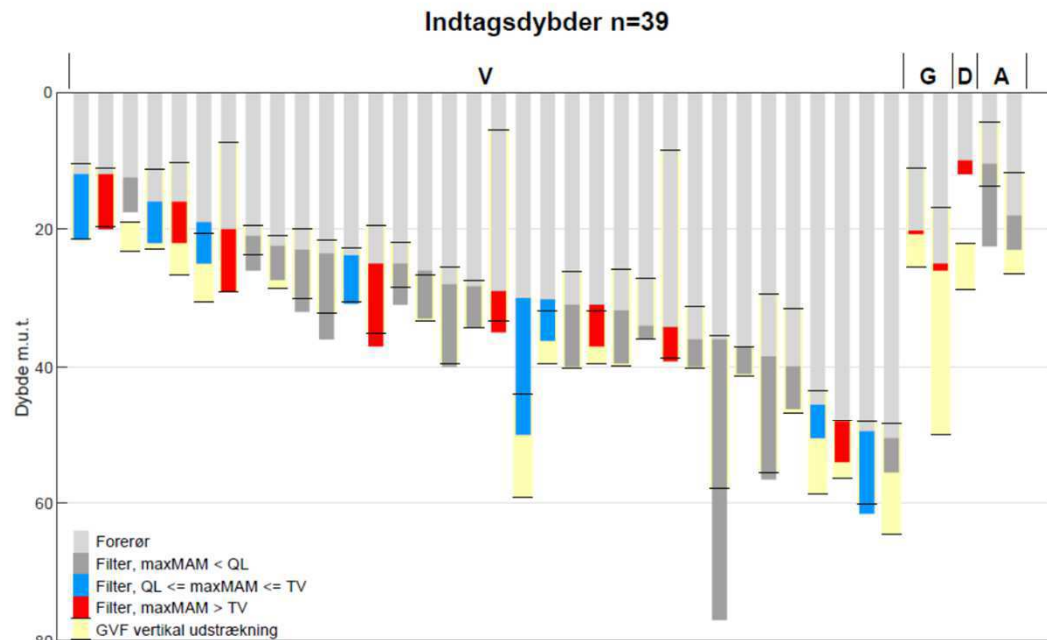
Tema P4: Maks MAM



P-7 Fordelingskurver for Pesticider, dkmf\_1345\_ks



P-8 maxMAM for indtagsdybde pr. datatype, dkmf\_1345\_ks



V = Vandforsyning, G = Grumo, D = Depot, K = Grundvandskortlægning, A = Andre

Data fra perioden 2013-2019, udtrukket 29. maj 2020

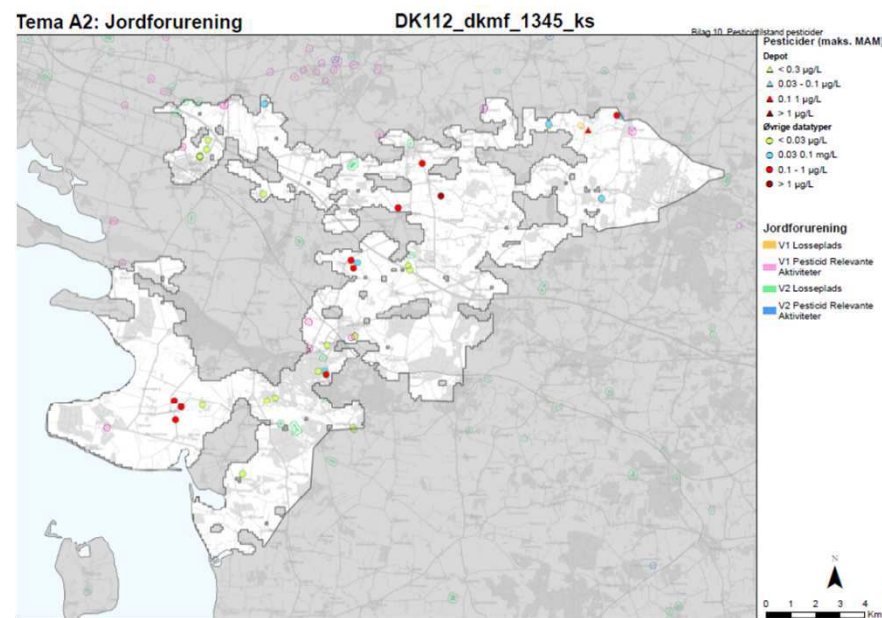
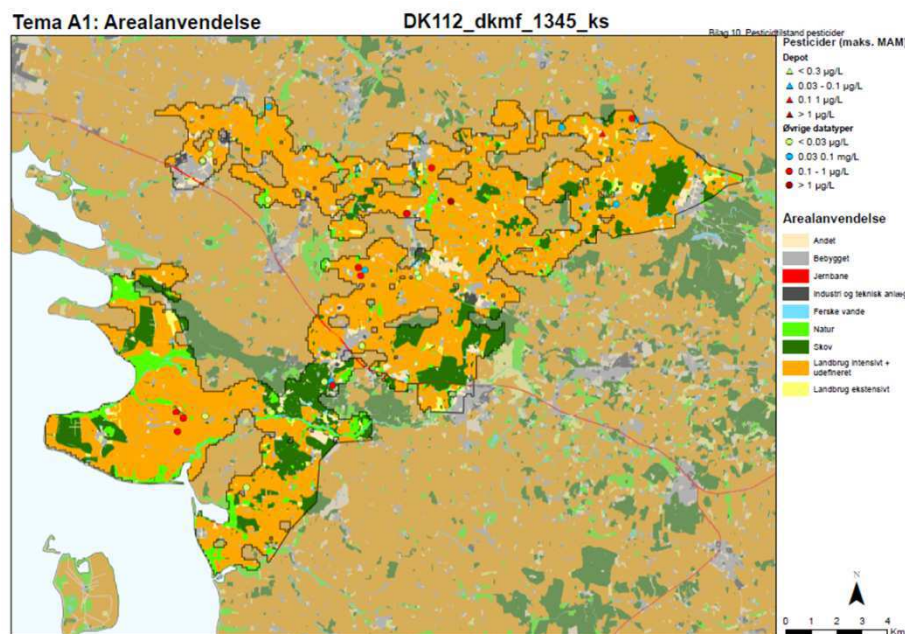


GEUS

GEUS

# Pesticidtemaer, eksempel på ringe tilstand DK112\_dkmf\_1345ks

Antropogene temaer		Vægt:
<b>Tema A-1:</b>	<b>Arealanvendelse (kort)</b>	grøn
Kommentar:	62 % af arealet udgøres af landbrug mens 14 % udgøres af en større og mindre skove. spredte naturområder fx i ådale. kun småbyer med 6 % areal.	
<b>Tema A-2:</b>	<b>Jordforurening, V1, V2 og lossepladser (kort)</b>	gul
Kommentar:	Spredte lossepladser og pesticidrelevante jordforureninger udgør under 1 % af arealet	



Arealfordeling findes i hovedet af dokumentationsarket

08/06/2021



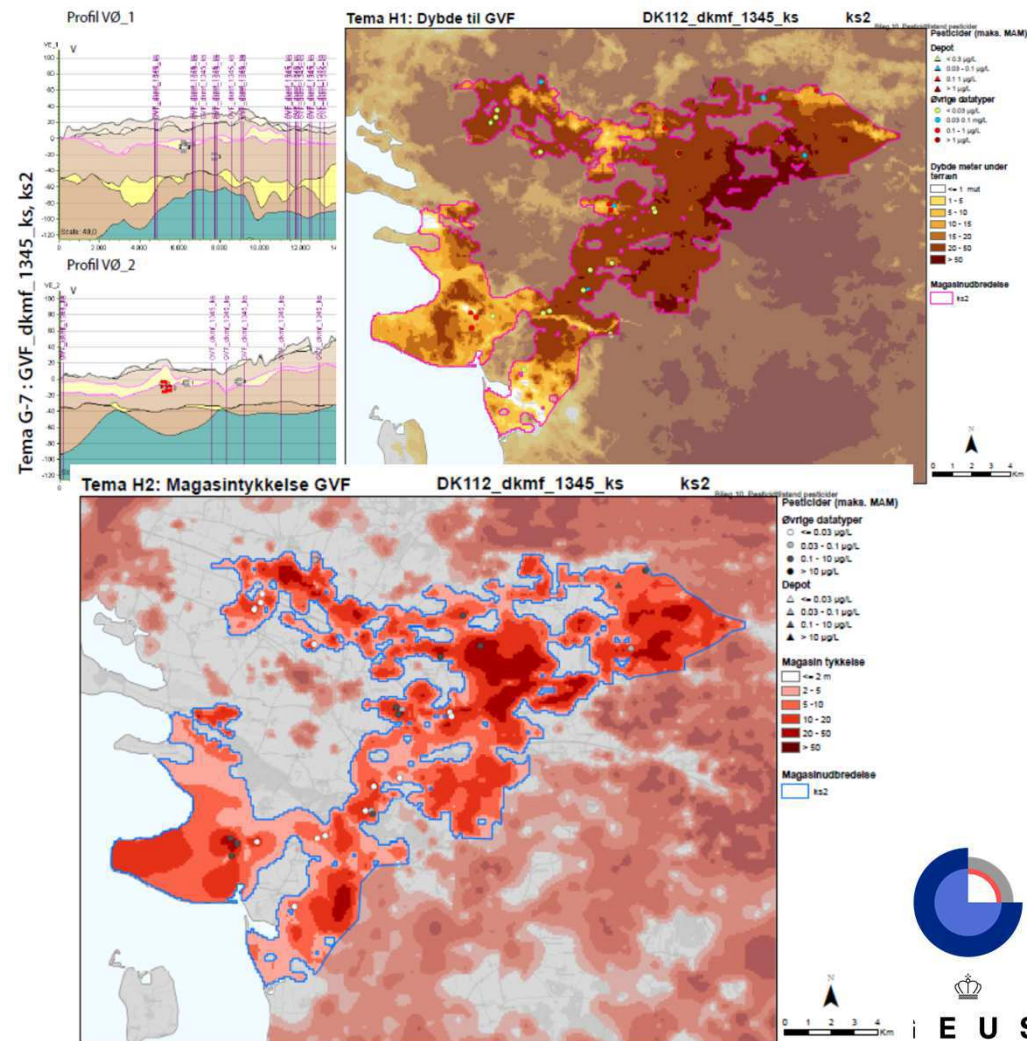
GEUS

GEUS

# Pesticidtemaer, eksempel på ringe tilstand DK112\_dkmf\_1345ks

Geologiske/geofysiske temaer		Vægt:
<b>Tema G-1:</b>	<b>Overordnet geologisk ramme</b>	gul
Kommentar:	Se tematekst	
<b>Tema G-2:</b>	<b>Geomorfologisk kort</b>	rød
Kommentar:	Området er karakteriseret som et bundmorænelandskab mod vest og dødsiområde mod øst. Der findes et randmorænestrøg i den sydvestlige del af området med et SØ-NV forløb. Der ses tunneldale, erosionsdale og enkelte issøbakker og mindre områder med hedeslette.	
<b>Tema G-3:</b>	<b>Terræn 10 m grid</b>	rød
Kommentar:	Variert terræn, som er højstliggende og mest kuperet centralt og mod øst. I den sydvestlig lavereliggende del er terrænet ujævnt med nedskåmte erosionsdale.	
<b>Tema G-4:</b>	<b>Jordartskort (Kombineret 1:25.000 - 1:200.000)</b>	rød
Kommentar:	Overvejende morænele, dog centralt større områder med smeltevandssand og -grus. Spredte forekomster af ferskvandsaflejringer i lavninger.	
<b>Tema G-5:</b>	<b>Oversigtskort over geofysik</b>	gul
Kommentar:	Ca. 3/4 af området er dækket af geofysik.	
<b>Tema G-6:</b>	<b>Boringer med litologi (kort)</b>	gul
Kommentar:	Lille til mellem datatæthed.	
<b>Tema G-7:</b>	<b>Geologiske profiler med maks MAM og antal betydende pesticider</b>	grøn
Kommentar:	Overvejende næstøverste sandmagasin med mægtige ler på 10-20 m, overlejret af ler og sandlag af varierende tykkelse (10-40 m). Hvor dæklagen er tykke er de domineret af ler.	
Hydrologiske temaer (fra DK-model2019)		Vægt:
<b>Tema H-1:</b>	<b>Dybde til Grundvandsforekomst</b>	grøn
Kommentar:	Mere end 50 mut mod nordøst, faldende dybder fra nordøst mod nord, syd og vest, til mindre end 5 mut.	
<b>Tema H-2:</b>	<b>Magasintykkelse</b>	gul
Kommentar:	Stor variation i magasintykkelse. Største mægtigheder mod nord.	
<b>Tema H-3:</b>	<b>Grundvandsdannelse til GVF med indvindinger</b>	rød
Kommentar:	Stor variation i grundvandsdannelse til GVF. Spredte indvindinger med typisk mindre intensitet.	
<b>Tema H-4:</b>	<b>Dybde til grundvandsspejl og strømningsretninger i GVF</b>	rød
Kommentar:	Typisk lille dybde til grundvandsspejlet.	
<b>Tema H-5:</b>	<b>Dæklertykkelse umiddelbart over GVF</b>	rød
Kommentar:		
<b>Tema H-6:</b>	<b>Akkumuleret lertykkelse over GVF</b>	rød
Kommentar:		

Bemærk: ikke alle temaer er væsentlige hver gang.



08/06/2021

GEUS



# Pesticidtemaer, eksempel på ringe tilstand DK112\_dkmf\_1345ks

## Samlet vurdering

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:
<b>1. Opstilling af konceptuel model:</b> <i>Kvartært sandmagasin med mægtigheder på 10-20 m, overlejret af overvejende lerlag og stedvise sandlag af varierende tykkelse (10-40 m). Hvor dæklagene er tykke er de domineret af ler. Overskridelser i VF og Grumo-indtagene, hovedsagelig fra DMS og DPC. Pesticidpåvirkning i hele GVF (mange fund under TV, overskridelser og fund i alle dybder 10-60m). Mindre belastning i områder med større dæklag. Samlet set vurderes GVF påvirket af pesticid med 20-35% over tærskelværdi.</i>
<b>2. Vurdering af data der er tilrådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF:</b> <i>Tilstrækkelig kemidata spredt over GVF, også for de 3 betydende pesticider. Det vurderes at kemidata er repræsentative for GVF. Øvrige data er fyldestgørende for den hydrogeologiske forståelse.</i>
<b>3. Vurdering af omfanget af pesticidpåvirket grundvand:</b> >20%

Opsummering:		
Tilstandsvurdering af GVF: GOD/RINGE/UKENDT	ringe	Bedømmere: LTS, UEB, BN, ILM
Datarepræsentativitet: GOD/MELLEM/RINGE	god	
Sikkerhed af vurderingerne: STOR/MELLEM/RINGE	stor	Dato: 05-10-2020

Arealfordeling findes i hovedet af dokumentationsarket

08/06/2021



GEUS

GEUS

# Samlede tilstandsvurdering

Vurderingsklasse	Maskinel vurdering	Workshops		Endelig resultat	
		Basal	Videregående	antal	%
God tilstand (sikker)	43			43	2,1
God tilstand (usikker)	367			367	17,9
Ukendt	1361			1361	66,4
Potentielt ringe	279			0	0
God		85	40	125	6,1
Ringe		136	18	154	7,5
Hovedtal	2050	222	58	2050	100

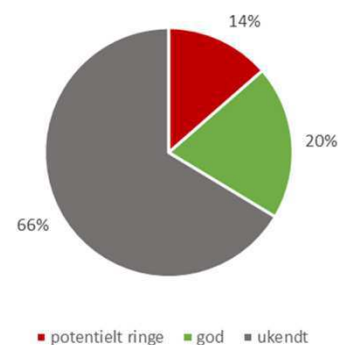
Samlet tilstandsvurdering antal Grundvandsforekomster:

God tilstand: **535**

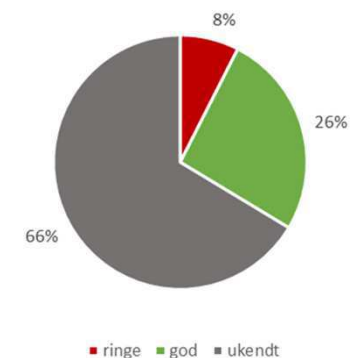
Ringe tilstand: **154**

Ukendt tilstand: **1361**

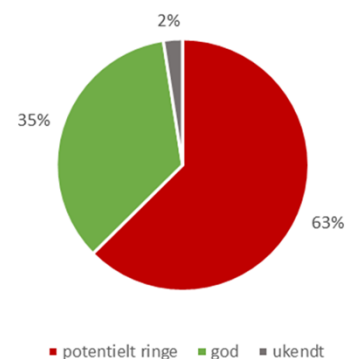
Maskinel tilstand antalsmæssigt



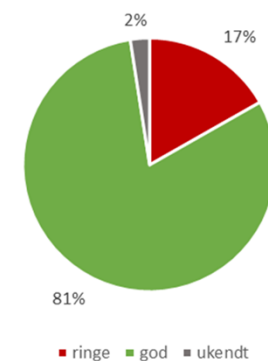
Endelig tilstand antalsmæssigt



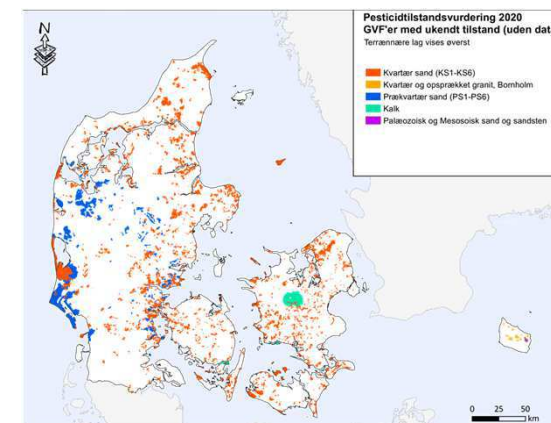
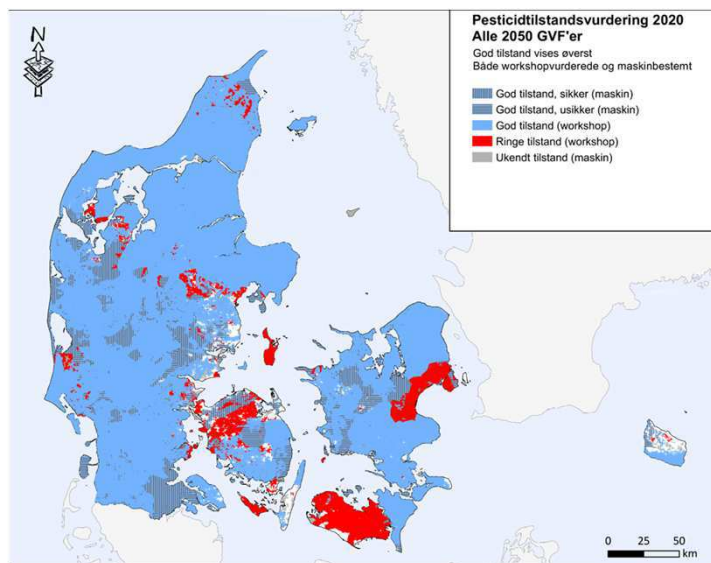
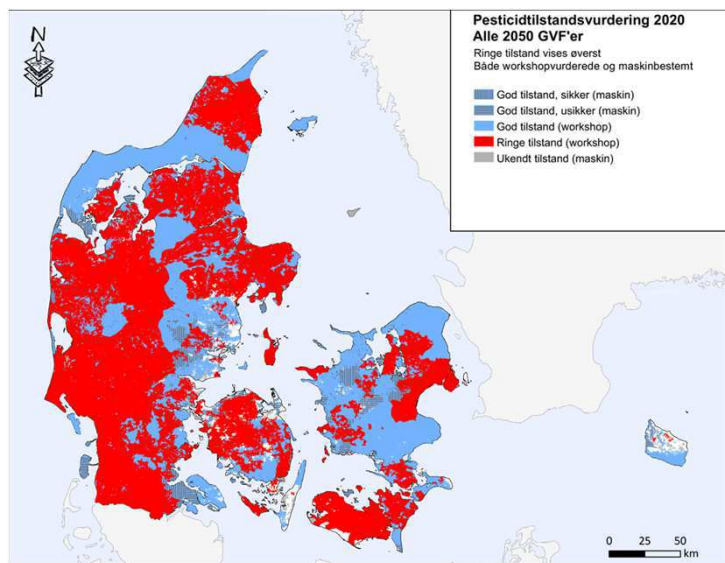
Maskinel tilstand volumenmæssigt



Endelig tilstand volumenmæssigt



# Geografiske fordeling tilstandsvurdering



Ukendt tilstand

Samme kort sorteret forskelligt ved udtegning med henholdsvis ringe og god tilstand øverst.