

Grundvandets kemiske tilstand ift. pesticider

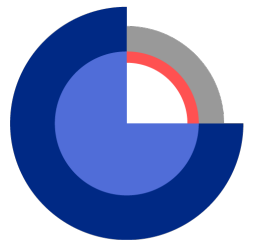
— metode og resultater

Chefkonsulent, Lærke Thorling, GEUS

Bertel Nilsson, Ingelise Møller, Lars Trolborg, Ulla Bollmann og Anders
Johnsen

ATV gå-hjem-møde 30. november 2021

Tilstanden af grundvandets kvalitet vurderet ud fra vandramme- direktivet



G E U S

Metodeudvikling.

- Metodeudviklingen bygger på resultater fra Nitrattilstandsvurderingen.
 - Beslutningstræ til maskinel indledende sortering af grundvandsforekomster
 - Dokumentationsark og retningslinjer for at udfylde det.
 - Koncepter for *Faglige temaer* og udarbejdelse af konkrete *Pesticidfaglige temaer*.
 - Udvælgelse af relevante øvrige temaer.
 - Sikring af ensartede principper gennem en konceptuel model for at skønne koncentrationer
 - Vurdere repræsentativitet af de forskellige datatyper i konkret grundvandsforekomst.

Særligt for pesticider: Behov for udarbejdelse af konceptuel forståelsesmodel.

- Hvilke stoffer indgår som pesticidstoffer
- 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 være iterative forløb, hvor fx tilføjelse af nye data eller test af den konceptuelle forståelse giver behov for en revurdering”.

Frit oversat fra EU, Guidance 18 om tilstandsvurdering.



G E U S

G E U S

Konceptuelle modeller

- Konceptuel forståelsesmodel bruges om opsummering og sammenstilling af den eksisterende viden, der er indlejret i de faglige temaer om pesticider, arealanvendelsen, jordbundsforhold og hydrogeologien.
- 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.
- **Den konkrete konceptuel model skal understøtte en vurdering af om mere end 20 % af GVF har overskridelser af grundvandskvalitetskriteriet for pesticider**



GEUS

Den konceptuelle forståelsesmodel

Hvilke pesticider og metabolitter?

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 konkret 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 methyldesphenylchloridazon (MDPC)	Landbrugsanvendelse i sukkerroer, fodersukkerroer, rødbeder og løg (fladebelastning og punktkilder)
N,N-dimetylsulfamid (DMS) (moderstoffer: tolylfluanid og dichlofluand)	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-CPP, 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

Dybdefordeling

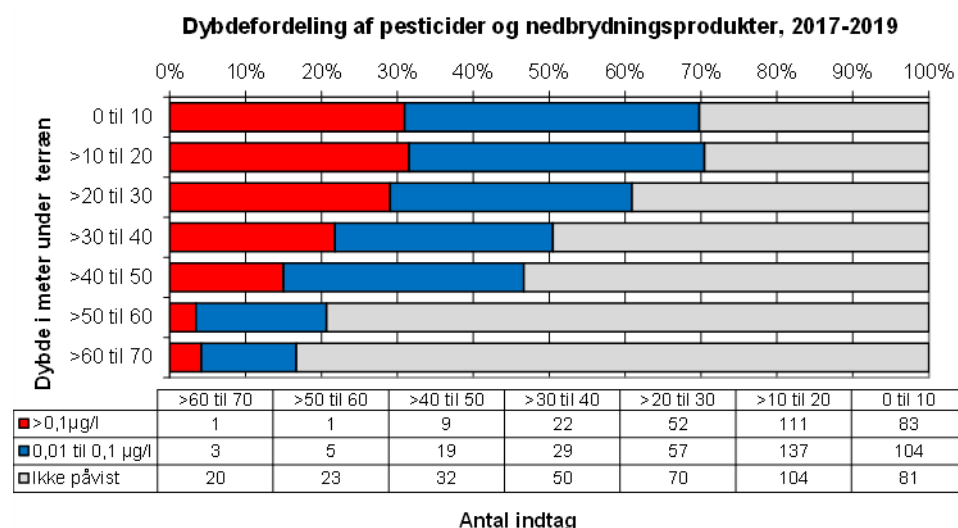
Dybden er den allervigtigste faktor.

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

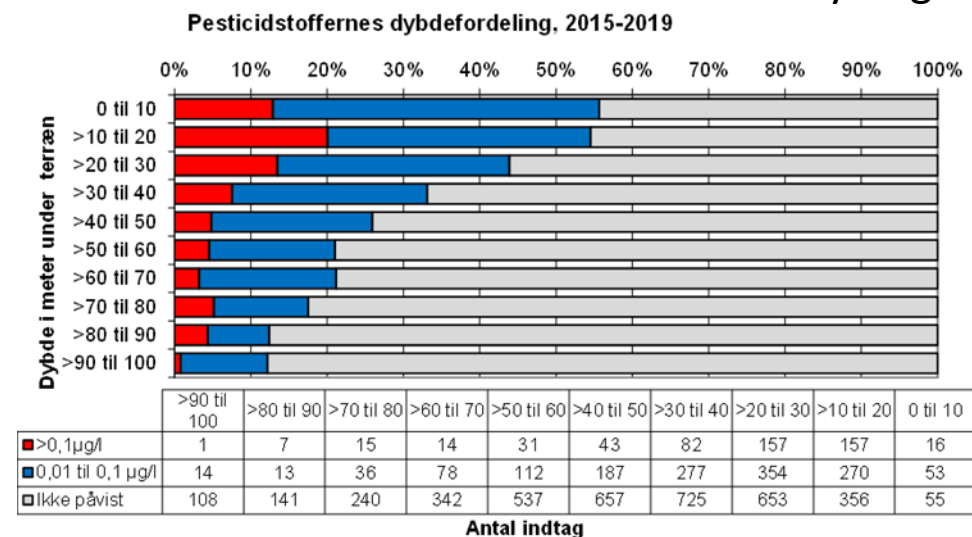
Pesticider nedbrydes generelt MEGET langsomt i grundvand.

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

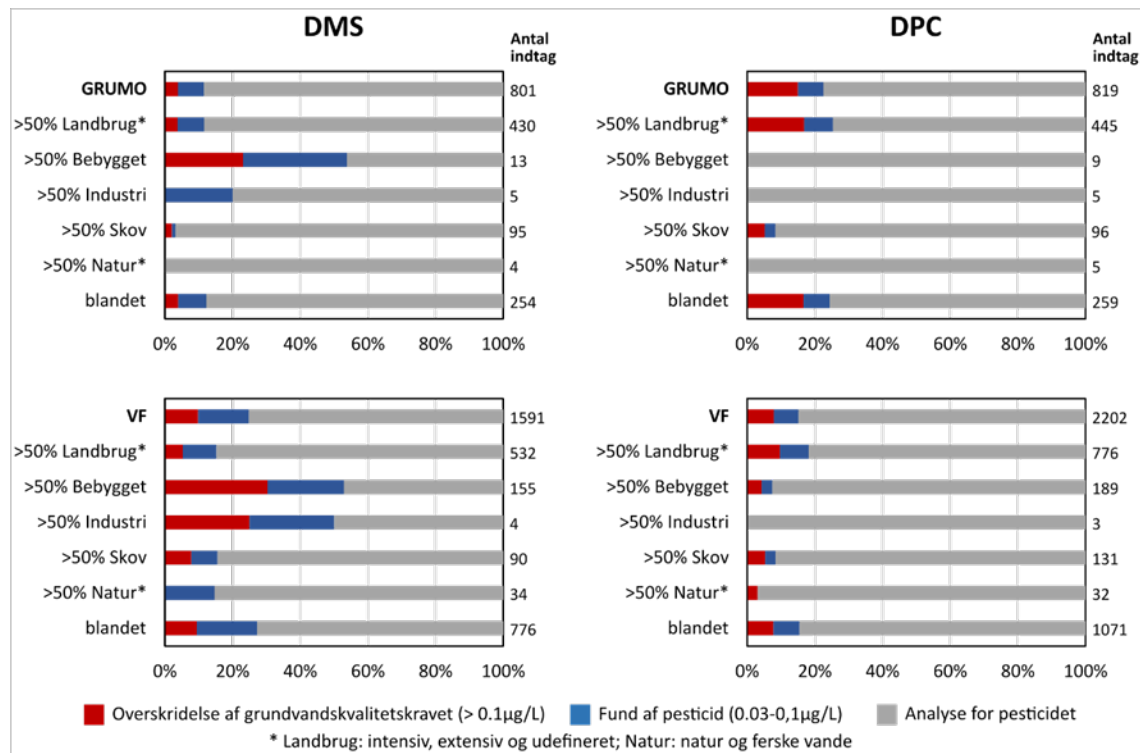
Den konceptuelle forståelsesmodel

Arealanvendelsens rolle

Eksempel på stoffer under forskellige arealanvendelse for de øverste 40 m.

Der er ikke taget højde for strømningsmønsteret i området.

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



GEUS

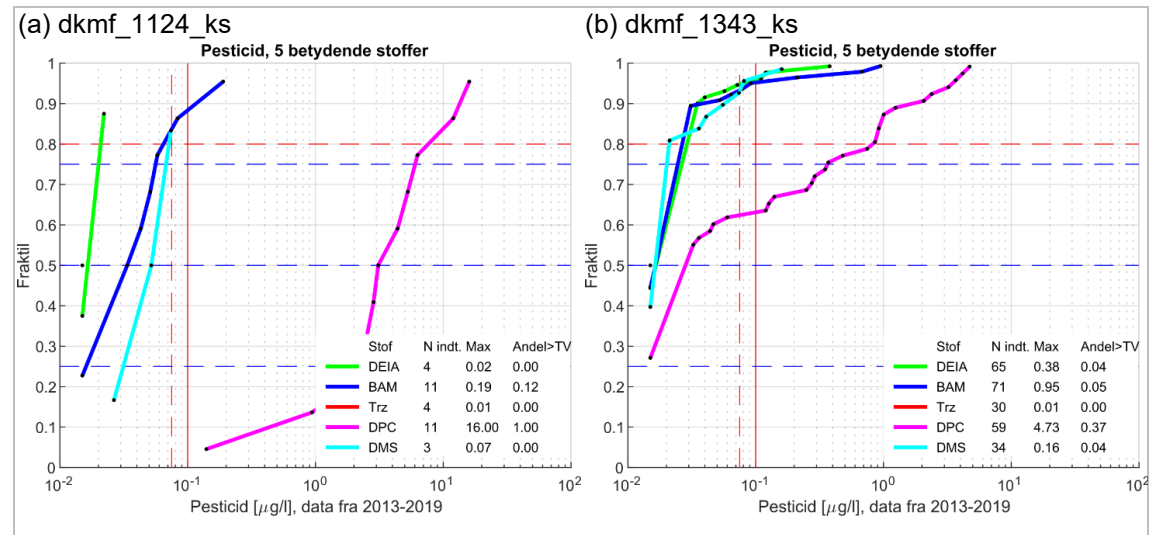
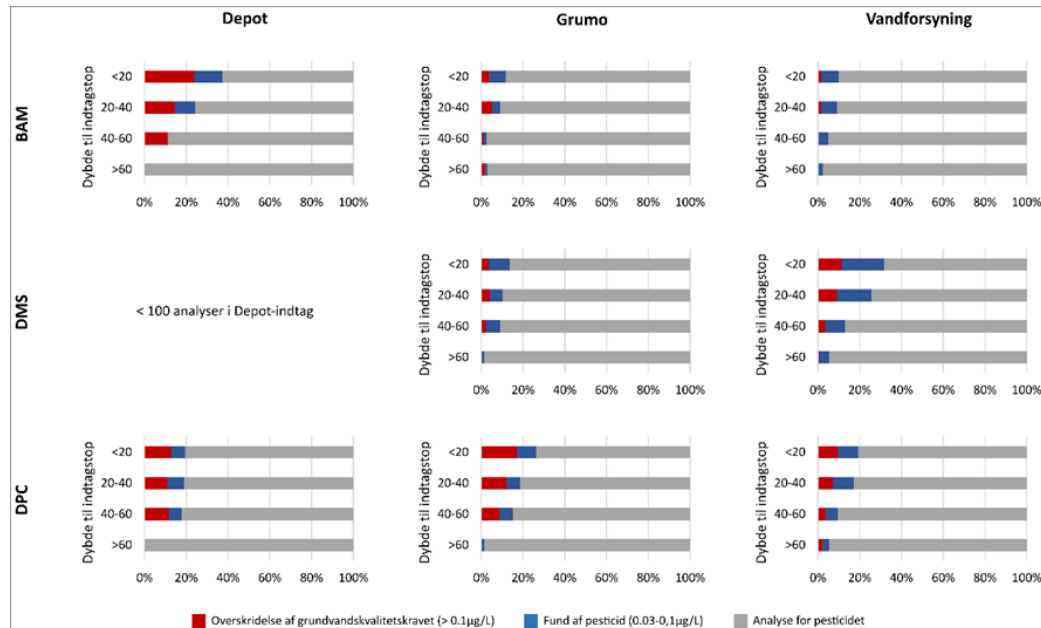
GEUS

Den konceptuelle forståelsesmodel

Datatyper og dybde

Eksempel på dybdefordeling for 3 af de betydende pesticider i to GVF.

Bemærk: Fordeling i grundvand er stofspecifik.



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.

De forskellige **datatyper** har forskellig bias, har hver især et bidrag til det samlede billede



GEUS

GEUS

Den konceptuelle forståelsesmodel

- De betydende pesticider forklarer hovedparten af fund
- 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.
- Pesticidpåvirkning kan 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.



G E U S

Datakilder hvilke: Grundvandsdata

Hvad	GRUMO	LOOP	Vandværker	Grundvands-kortlægning	Punktkilder	Andet
Hvor	Overvågnings-indtag	Overvågnings-indtag 1-5 mut.	Indvindings-boringer	Kortlægnings-boringer	Undersøgelses-boringer mm.	Lukkede VV mm
Hvorfor	NOVANA	NOVANA og Nitratdirektiv	Drikkevands-bekendtgørelsen	Den nationale grundvands-kortlægning	Jordforurenings-loven	diverse
Hvem	MST/GEUS	MST/DCE/GEUS	Vandværker/kommuner	MST	Regioner	diverse
Hvor mange	Over alle år ca. 2000 2015: 758	I alt ca. 100 2015: 91	I alt ca. 8.000 2015: 1584	Ca. 2000	I alt ca. 10.000 indtag Data på vej til JUPITER	
NOVANA Rapport	Hvert år	Hvert år	Hvert år			
Nitrat Direktiv	Hvert 4. år	DCE indberetter hvert år aggregere data				
Vandramme Direktiv	Hvert 6. år	Hvert 6. år	Hvert 6. år	Hvert 6. år	Hvert 6. år	Hvert 6. år
Bias	Ikke meget dybt	Terrænnært højt gvs.	Drikkevands-kvalitet	kun OSD	Punktkilder-påvirkede	Diverse bias

Oversigt over bidrag til og aspekter af overvågningen af grundvand i Danmark, herunder omfang af bidrag til datagrundlaget for rapportering i forskellig sammenhæng. Antal punktkilder et skøn baseret på forespørgsler i flere regioner.

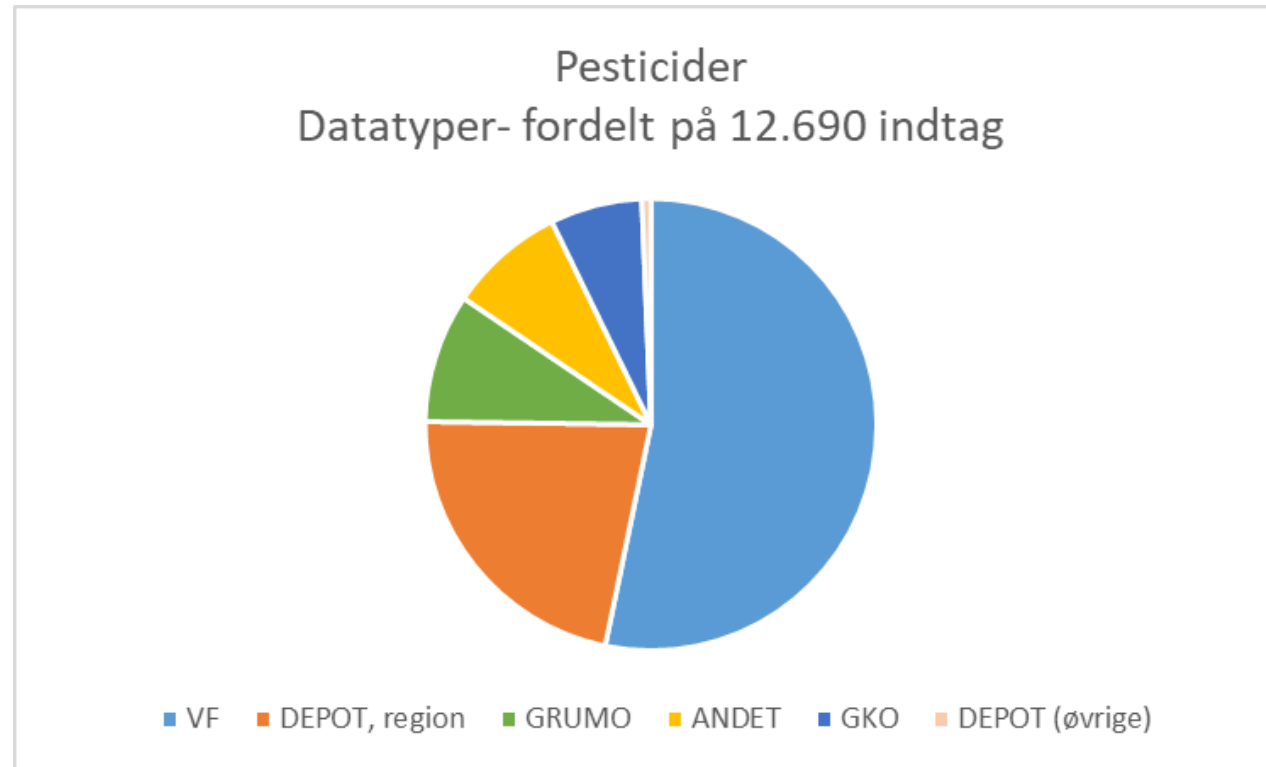


GEUS

GEUS

Datagrundlag

Rensede data fra koblede indtag fordelt på datatype



Mere end 1.000.000 enkeltanalyser for pesticidstoffer



GEUS

GEUS

Dataaggregering.

- Beregning af MAM, middel af årlige middelværdier.
 - Gøres for alle enkeltstoffer på indtagsniveau (substituer $< QL$ med $\frac{1}{2}QL$)
 - Gøres for sumværdier på prøve og indtagsniveau (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_{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 $n = \text{antal BP}$



G E U S

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

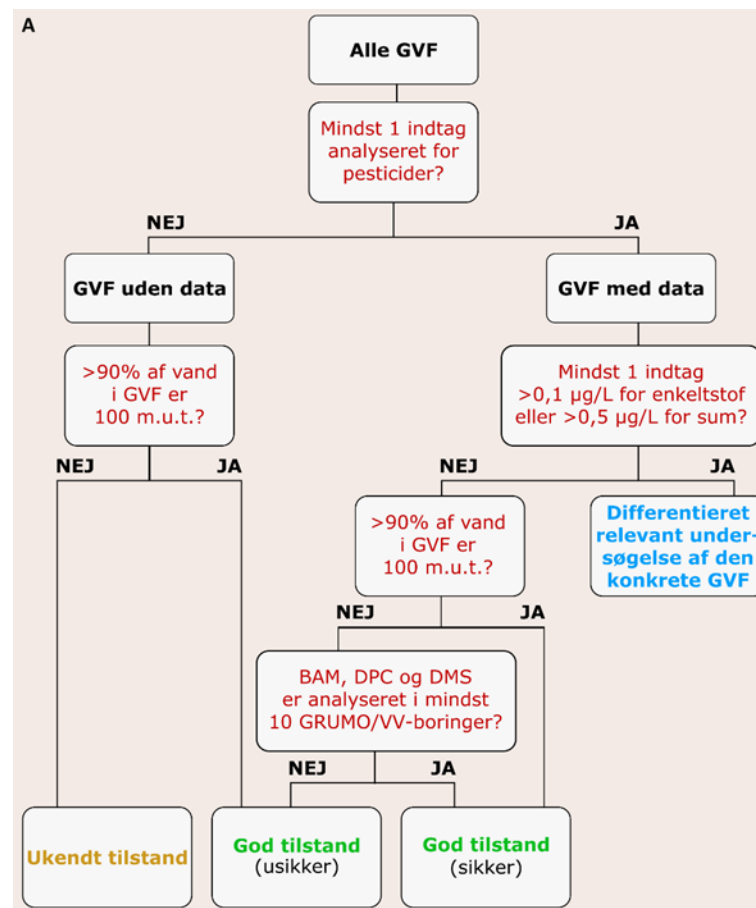
> 20 vol% overskridelser?

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 trinvise metode, pesticider

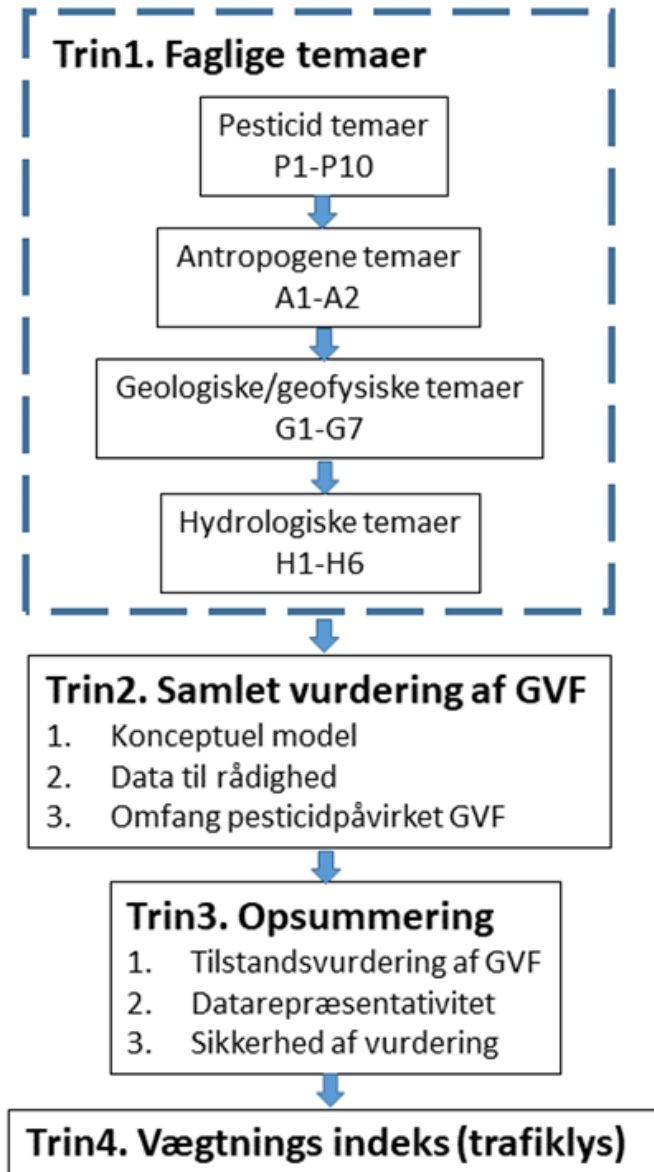
Metoden bygger på de principper der blev fastlagt i forbindelse med tilstandsvurdering af nitrat.

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 (>20%?).

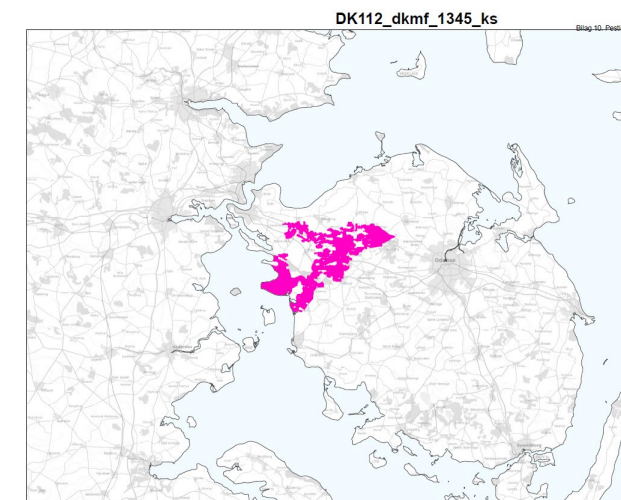


GEUS

GEUS

Pesticidtemaer, eksempel på ringe tilstand DK112_dkmf_1345ks

Dokumentationsark for grundvandsforekomst DK112_dkmf_1345_ks									
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 i alt:	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) [km²]:	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%
Uitologi:	Quaternary sand and gravel	over 100 m:	100%	ANDET:	0 af 2	0%	1,2,4-Triazol:	0 af 25	0%
Boringer i alt:	40						4-CPP:	0 af 40	0%
Udnyttelsesgrad:	3,41%						Antal betydnende pest.	3	
								V1/V2 (pesticid relevant):	0%

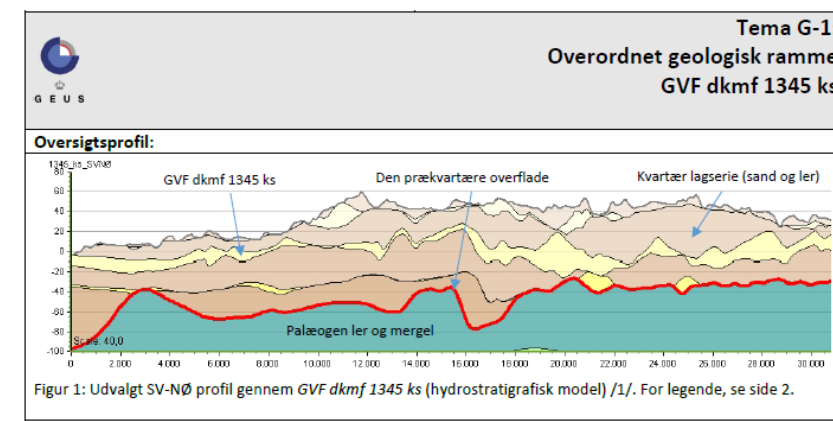


Indledende overblik, fra hovedet på dokumentationsarket.

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

Dernæst:

Faglige temaer: Hvor er vi. og hvordan er geologien.



Pesticidtemaer, eksempel på ringe tilstand

DK112 dkmf 1345ks

Pesticid temaer	
Tema P-1:	Datatyper i x,y (kort)
Kommentar:	Boringer (mest VF) spredt over store dele af GVF
Tema P-2:	Antal betydende pesticider i x,y (kort)
Kommentar:	Indtag med 3 betydende pesticider spredt over hele GVF
Tema P-3:	MAM for Desphenyl chloridazon, DPC og Dimethylsulfamid, DMS i x,y (2 kort)
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
Tema P-4:	Maks MAM i x,y (kort)
Kommentar:	Mange overskridelser og fund spredt over hele GVF
Tema P-5:	Maks MAM over og under GVF i x,y (kort)
Kommentar:	Fund/overskridelser over GVF men ikke under i den nordlige del, i
Tema P-6:	Tabel, stoffer med MAM over TV
Kommentar:	DMS, chloridazon metabolitter
Tema P-7:	Fordelingskurver for pesticider (plot)
Kommentar:	Overskridelser i >20% af VF-indtag; DMS/DPC concentration op til
Tema P-8:	Maks MAM for indtagsdybde pr. datatype (plot)
Kommentar:	Fund og overskridelser alle dybder (10-50mut), toppen og bunden
Tema P-9:	Vandtyper i x,y (kort)
Kommentar:	Overvejende vandtype C
Tema P-10:	Redoxfront (kort)
Kommentar:	Overvejende <5mut, i den sydlige del lidt dybere (<10mut)

Tema P

Tema P2: Antal betydende pesticider

DK112_dkmf_1345_ks

Bilag 10. Pesticidtilstand pesticider

Antal betydende pesticider

Depot

△ 0

△ 1

△ 2

pesticider
s MAM

0.3 µg/L

.03 - 0.1 µg/L

.1 1 µg/L

1 µg/L

pesticider

per

0.03 µg/L

.03 0.1 mg/L

.1 - 1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

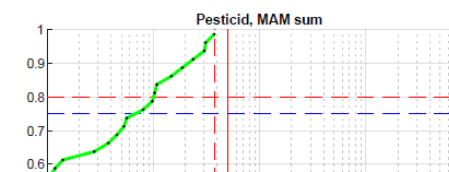
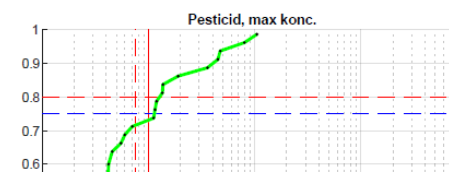
1 µg/L

1 µg/L

1 µg/L

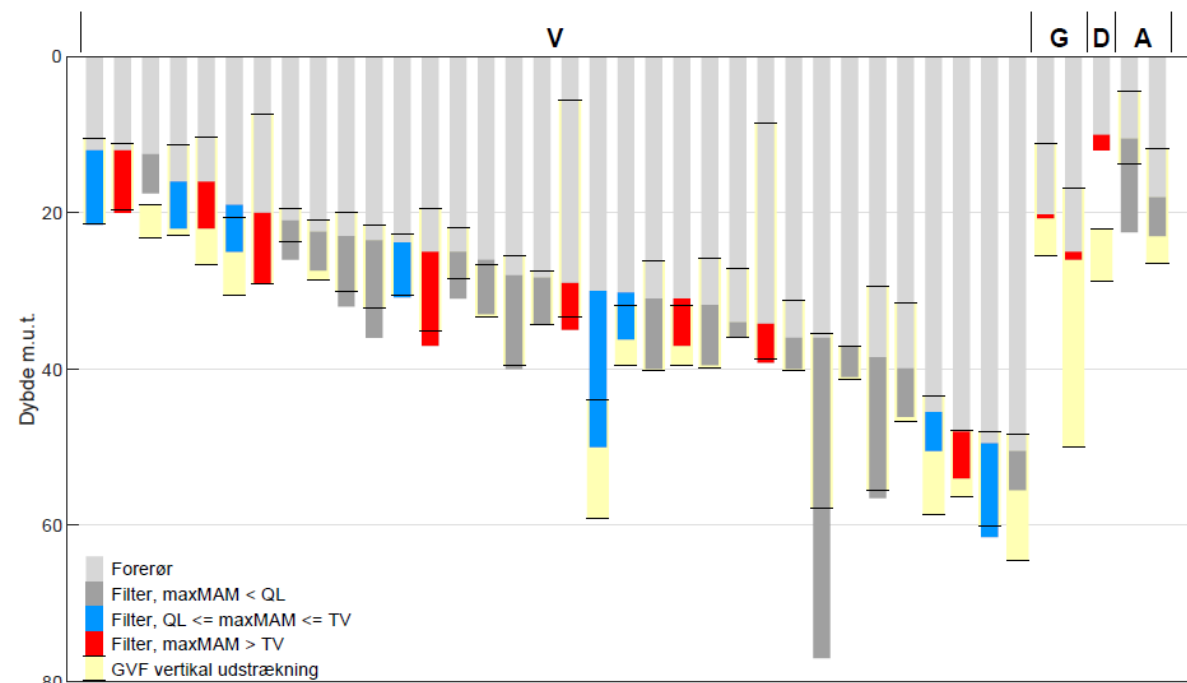
1 µg/L

P-7 Fordelingskurver for Pesticider, dkmf_1345_ks



P-8 maxMAM for indtagsdybde pr. datatype, dkmf_1345_ks

Indtagsdybder n=39



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

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



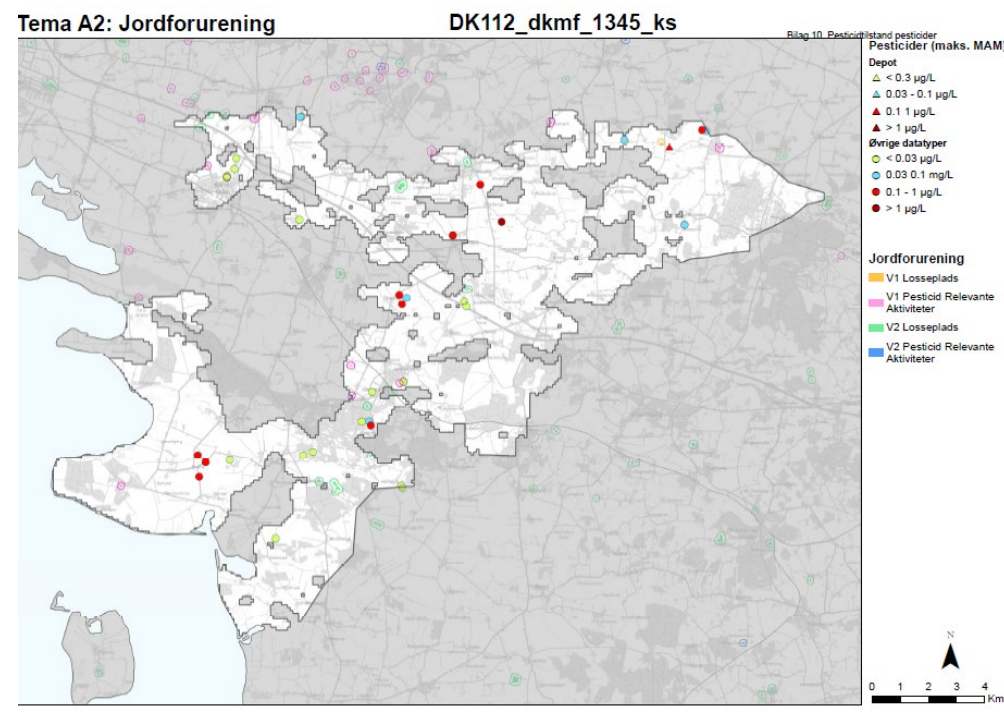
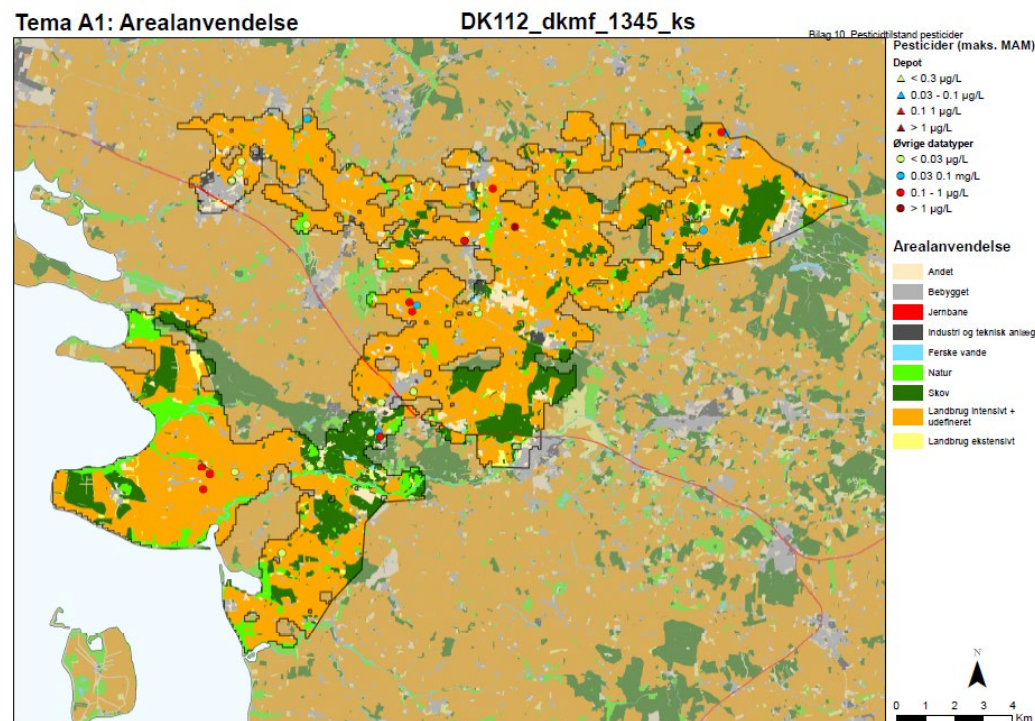
GEUS

GEUS

03/12/2021

Antropogene temaer, eksempel på ringe tilstand DK112_dkmf_1345ks

Antropogene temaer		Vægt:
Tema A-1:	Arealanvendelse (kort)	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.	
Tema A-2:	Jordforurening, V1, V2 og lossepladser (kort)	gul
Kommentar:	Spredte lossepladser og pesticidrelevante jordforureninger udgør under 1 % af arealet	

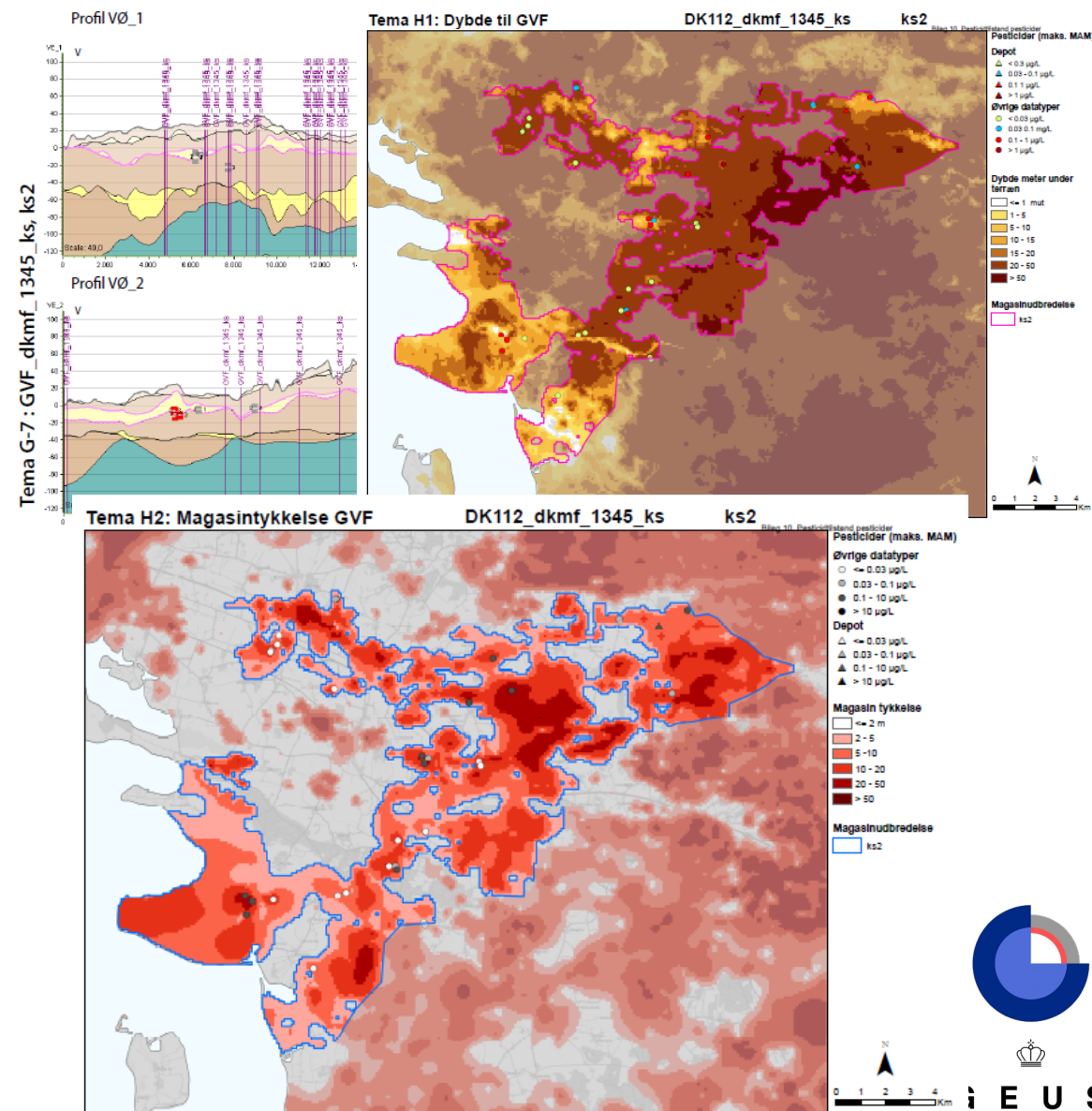


Arealfordeling findes i hovedet af dokumentationsarket

Geologiske temaer, eksempel på ringe tilstand DK112_dkmf_1345ks

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

Bemærk: ikke alle temaer er væsentlige hver gang.



Samlet vurdering, eksempel på ringe tilstand DK112_dkmf_1345ks

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:
1. Opstilling af konceptuel model:
<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 10-60mud). Mindre belastning i områder med større dæklag. Samlet set vurderes GVF påvirket af pesticid med 20-35% over tærskelværdi.</i>
2. Vurdering af data der er til rådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF:
<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>
3. Vurdering af omfanget af pesticidpåvirket grundvand:
>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



Samlede tilstandsvurdering

Samlet tilstandsvurdering antal

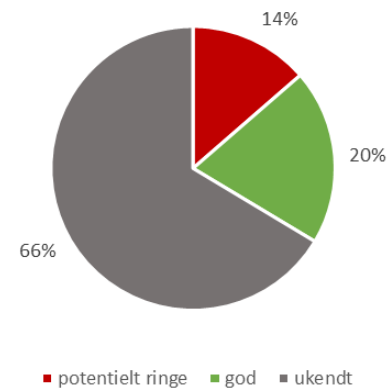
Grundvandsforekomster:

God tilstand: **535**

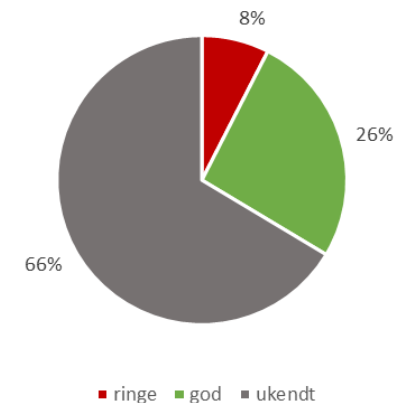
Ringe tilstand: **154**

Ukendt tilstand: **1361**

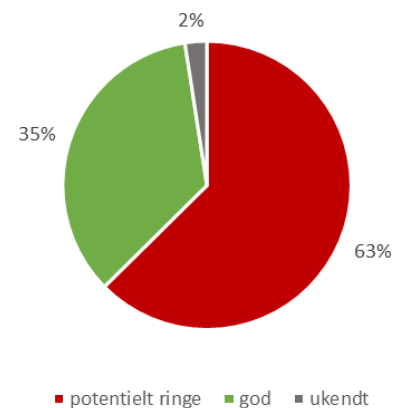
Maskinel tilstand antalsmæssigt



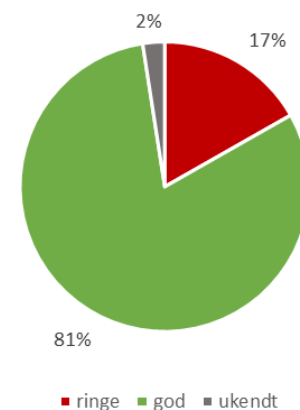
Endelig tilstand antalsmæssigt



Maskinel tilstand volumenmæssigt



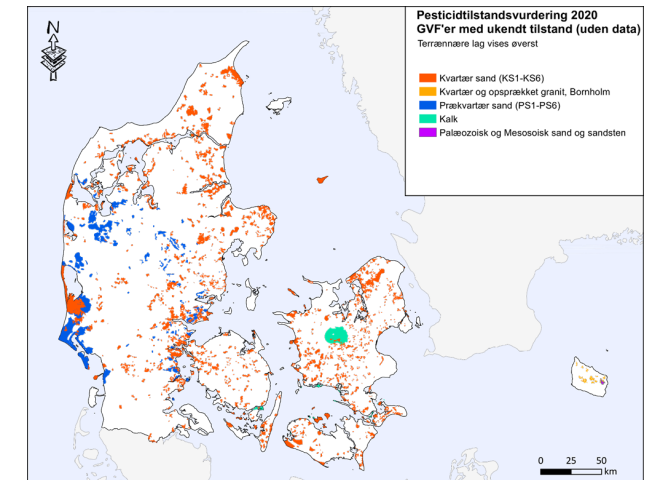
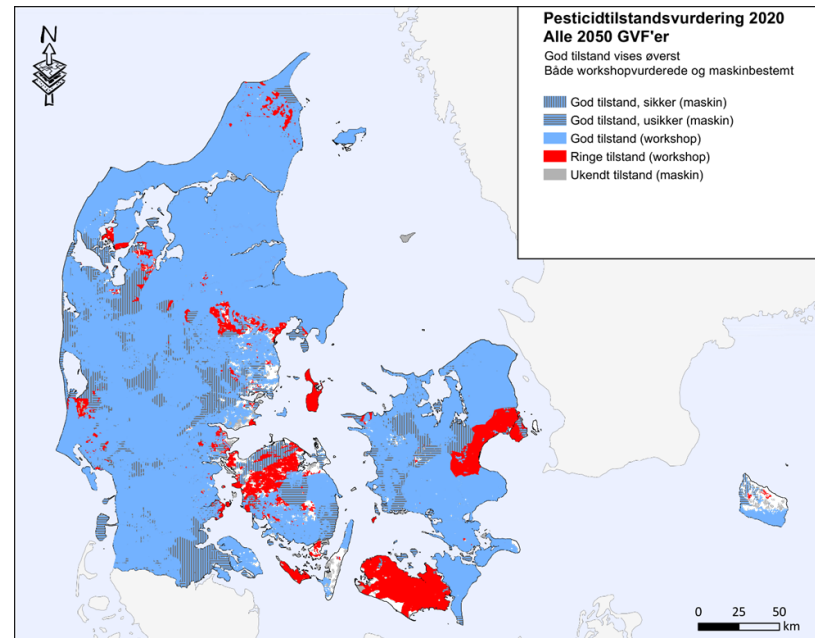
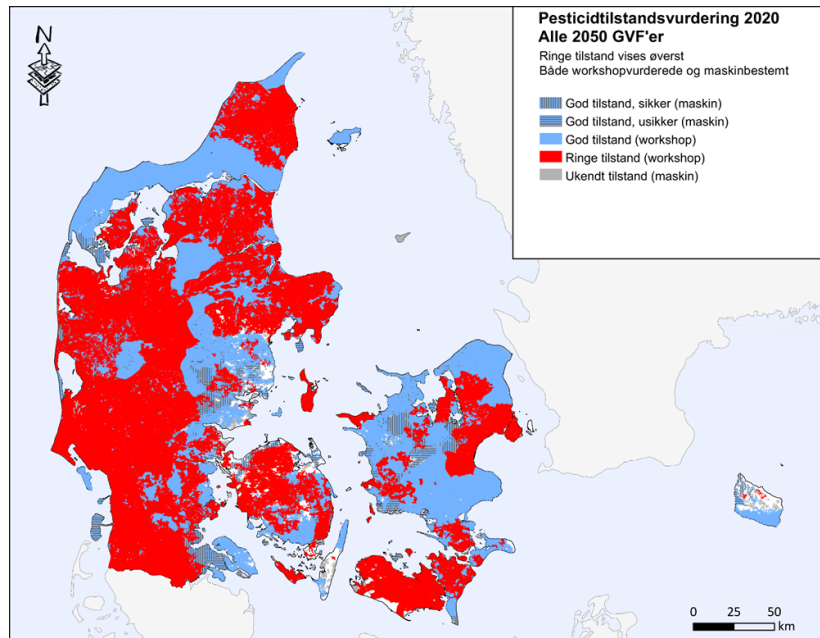
Endelig tilstand volumenmæssigt



GEUS

GEUS

Geografiske fordeling tilstandsvurdering



Ukendt tilstand

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



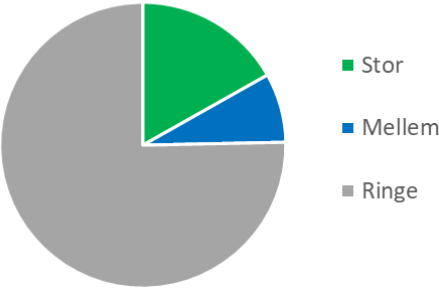
GEUS

GEUS

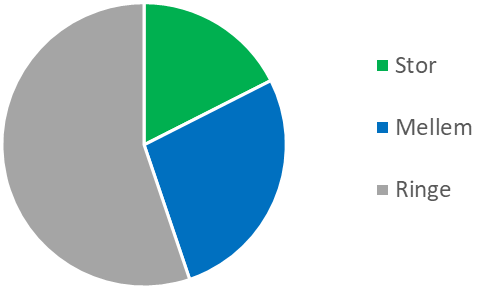
Sikkerhed af tilstandsvurderingerne

Tilstand	Sikkerhed af vurdering	Antal GVF
God	Ringe	403
	Mellem	42
	Stor	90
Ringe	Ringe	85
	Mellem	42
	Stor	27
Ukendt		1361
I alt		2050

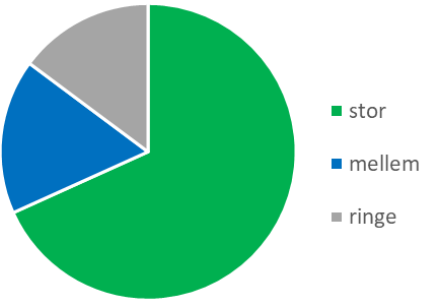
Sikkerhed God tilstand



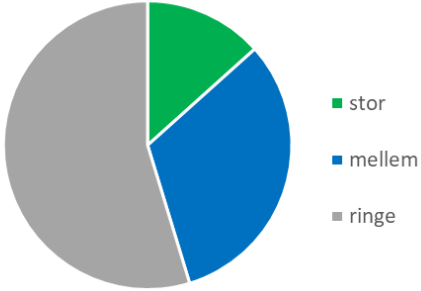
Sikkerhed Ringe tilstand



Sikkerhed God tilstand, volumenmæssigt



Sikkerhed Ringe tilstand, volumenmæssigt



Forbedringsmuligheder:
Bedre konceptuel model

Bedre dækning med betydende pesticider, og generelt bedre dækning af GVF, mange har kun 1 indtag.



GEUS

GEUS

Tak for opmærksomheden

- Hent rapporten her:

<https://www.geus.dk/vandressourcer/vandforvaltning>

- Se Miljøstyrelsens hjemmeside for basisanalyse og vandplaner :

<https://mst.dk/natur-vand/vandmiljoe/vandomraadeplaner/>



G E U S