

# Status over pesticider i dansk drikkevand fra 2002 – 2019

Hvad er status for pesticider i drikkevandet på almene vandværker i Danmark, og er der sket en udvikling i perioden fra 2002-2019? Til trods for fund af flere nye stoffer i 2019 ses der et fald i eksponering til pesticider på husstands niveau. Det skyldes sandsynligvis, at vandværkerne på forskellige vis finder løsninger på at nedbringe pesticidindholdet. Da programmet for obligatoriske pesticidanalyser på vandværker er under konstant udvikling, er der behov for ofte at gentage en status for at få et retvisende overblik.

---

DENITZA D. VOUTCHKOVA,  
JÖRG SCHULLEHNER, CARINA SKAARUP,  
KIRSTINE WODSCHOW, ANNETTE KJÆR  
ERSBØLL, & BIRGITTE HANSEN

---

## Indledning

Drikkevandet i Danmark er på langt de fleste vandværker baseret på simpel vandbehandling med kun beluftning og filtrering af grundvand. Drikkevandet skal leve op til kvalitetskravene i den danske Drikkevandsbekendtgørelse /1/ som bygger på EU's drikkevandsdirektiv /2/. Danmark har en meget decentral vandforsyningsstruktur med ca. 2500-3000 almene og ca. 50.000 ikke-almene vandforsyninger i de sidste år /3/.

## Formål med undersøgelsen

Der er i de seneste år fundet flere nye pesticider i grundvand og drikkevand mange steder i landet, bl.a. fordi flere stoffer er blevet inkluderet i de obligatoriske analyser på vandværker og vandforsyningsanlæg. Disse fund giver mange steder i landet udfordringer i forhold til overholdelse af kvalitetskrav. Hvert år udgiver GEUS en status på grundvandets tilstand i forbindelse med den nationale grundvandsovervågning /4/ og Miljøstyrelsen udarbejder ligeledes hvert tredje år en status over kvaliteten af det danske drikkevand for

de største almene vandforsyninger /5/.

I denne artikel er der fokuseret på pesticidindholdet i drikkevandet hos de almene vandværker. Resultaterne omkring pesticider i drikkevandet på de almene vandværker er mere detaljeret beskrevet i en videnskabelig artikel i tidsskriftet GEUS Bulletin fra april 2021 /6/. Pesticider i drikkevandet kan have potentielle negative sundhedseffekter, og det er meningen, at resultaterne, som præsenteres her, senere vil indgå i epidemiologiske un-

dersøgelser af sammenhæng mellem befolkningens sundhed og drikkevandskvaliteten. I boks 1 ses nogle af de definitioner og grænseværdier der er anvendt.

## Datagrundlag og -kompleksitet

Resultaterne af pesticidanalyserne i grundvand og drikkevand bliver indberettet til den nationale database kaldet Jupiter (<https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter>).

### Boks 1: Definitioner og grænseværdier

- Analyser af drikkevand er betegnelsen for analyser udtaget ved afgang vandværk efter vandbehandling, i distributionsnettet, eller ved forbrugers taphane.
- Almene vandværker er defineret som vandværker som forsyner mere end 10 husstande.
- Et vandforsyningsområde er defineret som et afgrænset område, der forsynes af et eller flere vandværker.
- Pesticider er betegnelsen for alle organiske insekticider, herbicider, fungicider, nematocider, acaricider, algicider, rodenticider, slimicider, lignende produkter som fx vækstregulatorer, og deres relevante metabolitter, nedbrydnings- og reaktionsprodukter /2/.
- Kvalitetskravet til hvert enkelt pesticid er 0,10 µg/l, med undtagelse af aldrin, dieldrin, heptachlor og heptachlorepoxyd, som har en lavere værdi på 0,030 µg/l /2/. Ud over disse, er der også et kvalitetskrav til summen af alle individuelle pesticider, som er påvist og kvantificeret, på 0,50 µg/l /2/.
- Detektionsgrænsen (LD) er betegnelsen for den laveste detekterbare koncentration for et givet pesticid og analysemetode.
- Kvantifikationsgrænsen (LQ) /7/ er fastsat ud fra LD med følgende formel:  $LQ = 3 \cdot LD$  /8/.

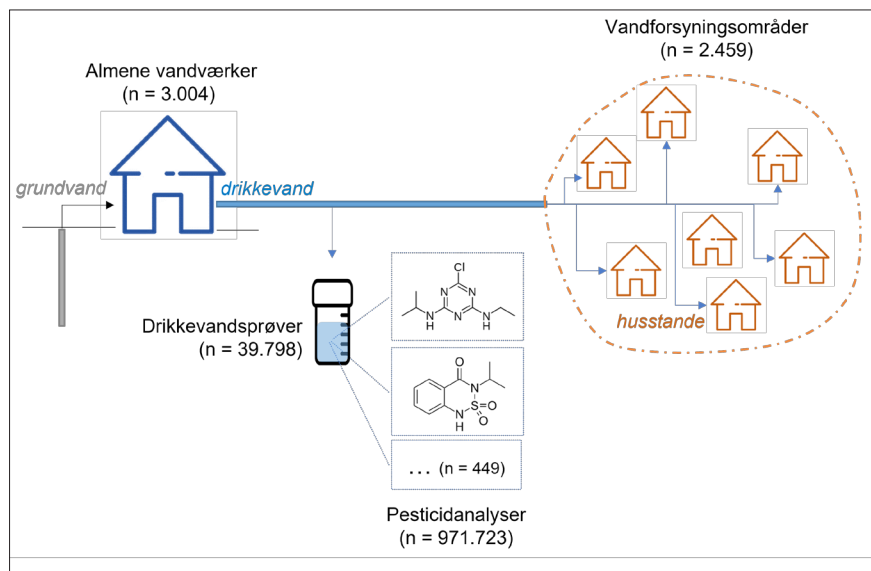


Fig. 1 Illustration af hvordan de forskellige data integreres, når husstandens pesticideksponering i drikkevandet beregnes.

Pesticidanalyserne i drikkevandet fra almene vandværker er udtrukket fra Jupiter den 5. maj 2020 og dækker undersøgelsesperioden fra 7. januar 2002 til 30. december 2019. I beregningen af danskernes eksponering til pesticider på husstands niveau er anvendt viden om den geografiske udstrækning af vandforsyningsområderne i 2014 /9/ med kobling til husstande. Data om husstandenes placering kommer fra CIRRAU (Centre for Register-based

Research at Aarhus University) og inkluderer alle bopælsadresser registreret i Det Centrale Personregister (n = 2.086.797) /10/.

Figur 1 illustrerer, hvordan de forskellige data er integreret. Derudover er der foregået en datarensning og -kvalitetssikring, som er detaljeret beskrevet i /6/.

Det rensede og kvalitetssikrede datasæt repræsenterer 3.004 almene vandværker fordelt over hele landet, som har mere end én

pesticidanalyse i perioden 2002-2019. Datasættet er baseret på 39.798 prøver analyseret for 449 pesticider og i alt er der 971.723 analyser. Datasættet har en høj grad af heterogenitet og kompleksitet. Der er sandsynligvis tre årsager til det: 1) et meget dynamisk analyseprogram, hvor fx nye pesticider er tilføjet næsten hvert år, 2) en varierende prøveudtagningsfrekvens, hvor frekvensen afhænger af indvindingens størrelse på vandværket, og 3) en ustabil detektion af nogle pesticider på enkelte vandværker, hvor resultaterne svinger mellem mindre end og større end detektionsgrænsen (LD).

## Valg og antagelser

Der er gjort flere antagelser i databehandlingen for at opnå et så homogent datasæt som muligt. Det er fx antaget, at vandforsyningsområderne er statiske i undersøgelsesperioden, selvom der reelt set kan være mindre ændringer fx på grund af ændringer i vandforsyningsnettet efter 2014. Ligeledes indgår kun pesticidanalyser fra vandværker med kendt geografisk placering og kendt vandforsyningsområde. I boks 2 opsummeres de vigtigste antagelser, der er gjort i forbindelse med den præsenterede status for pesticider i drikkevandet og befolkningens eksponering på husstands niveau. Undersøgelsen er opgjort for to perioder med det formål at vurdere en evt. udvikling: hele perioden (2002-2019) og de sidste fem år (2015-2019) /6/.

### Boks 2: Antagelser for fund og eksponering af pesticider

Kvantifikationsgrænsen (LQ) er i denne analyse anvendt som kriterie for fund af pesticider (se Boks 1) sådan at usikre værdier omkring detektionsgrænsen (LD) ikke medtages som fund. I datasættet er den hyppigste LD værdi 0,01 µg/l og dermed er den hyppigste LQ værdi 0,03 µg/l.

Det er valgt at anvende følgende fire kvalitative koncentrationsklasser til præsentation af pesticiddata:

1. Ingen fund af pesticider (koncentration < 0,03 µg/l) dvs. koncentration mindre end LQ
2. Fund af pesticider (0,03 µg/l ≤ koncentration ≤ 0,1 µg/l) dvs. fund under kvalitetskravet
3. Overskridelse af kvalitetskravet (koncentration > 0,1 µg/l) dvs. fund over kvalitetskravet
4. Ingen pesticiddata

Det er valgt at anvende følgende fire kvalitative koncentrationsklasser til præsentation af eksponering til pesticider i hver husstand:

1. Aldrig eksponeret dvs. der er aldrig påvist pesticider på vandværket eller vandværkerne i vandforsyningsområdet
2. Eksponeret til lave pesticidkoncentrationer (0,03–0,1 µg/l) dvs. der er fund af pesticider under kvalitetskravet på vandværket eller vandværkerne.
3. Eksponeret til pesticidkoncentrationer over kvalitetskravet (> 0,1 µg/l) dvs. der er mindst et fund af pesticider over kvalitetskravet på et eller flere vandværker i vandforsyningsområdet
4. Ukendt eksponering med pesticider i drikkevand dvs. at der ikke er pesticidanalyser på vandværket eller vandværkerne i vandforsyningsområderne eller vi har ikke information om de nye vandforsyningsområder (efter 2015)

## Fund af pesticider i drikkevandet

Størstedelen (99,5 %) af pesticidanalyserne i drikkevandet på almene vandværker i perioden 2002-2019 var under kvantifikationsgrænsen (LQ, se Boks 1). Der var dermed kun fund af pesticider i 0,5 % af analyserne hvilket svarer til omkring 5.000 analyser med pesticidkoncentrationer større end 0,03 µg/l. Seksten procent af disse fund (n=793) var med pesticidkoncentrationer over drikkevandets kvalitetskrav på 0,1 µg/l. Figur 2 viser, at pesticiderne er fundet mange steder i Danmark.

I femårsperioden (2015-2019) var der 2.405 vandværker med pesticiddata, hvilket omfatter omkring 80 % af vandværkerne fra perioden 2002-2019. I perioden 2015-2019 er der ingen fund af pesticider på 76 % af vandværkerne, og 17 % og 7 % af vandværkerne havde henholdsvis fund af pesticider under kvalitetskravet og over kvalitetskravet på 0,1 µg/l.

## De hyppigste pesticidfund i drikkevandet

Omkring 10 % af alle de 449 undersøgte pesticider i drikkevandet i perioden 2002-2019 blev fundet i det danske drikkevand.

Tabel 1 Oversigt over pesticiderne med overskridelser af drikkevandets kvalitetskrav på almene vandværker mindst én gang i den angivne periode /6/.

Stof	Periode [1]	Vandværker (n)	Analyser (n)	Påvist [2] n (%)	> 0,1 µg/l [3] n (%)	Max (µg/l)
BAM (2,6-Dichlorbenzamid)	2002–2019	2997	36777	2514 (6,8%)	330 (0,9%)	1,9
DPC (Desphenylchloridazon)	2016–2019	2033	5140	739 (14,4%)	227 (4,4%)	4,0
DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	2018–2019	1747	3333	620 (18,0%)	83 (2,5%)	0,97
Bentazon	2002–2019	2990	35231	226 (0,6%)	37 (0,1%)	0,73
MDPC (Methyl-desphenylchloridazon)	2010–2019	2006	4610	60 (1,3%)	20 (0,4%)	0,62
Glyphosat	2002–2019	2536	15937	38 (0,2%)	16 (0,1%)	3,2
4-CPP	2002–2019	2584	17138	26 (0,2%)	9 (0,1%)	0,31
Dichlorprop	2002–2019	2990	35120	82 (0,2%)	9 (0,0%)	0,87
DEIA	2004–2019	2530	15292	44 (0,3%)	8 (0,1%)	0,2
Atrazin, desethyl-	2002–2019	2991	35135	76 (0,2%)	7 (0,0%)	0,17
Mechlorprop	2002–2019	2991	35185	52 (0,1%)	7 (0,0%)	0,74
CGA 108906	2010–2019	2295	9123	44 (0,5%)	7 (0,1%)	0,17
AMPA	2002–2019	2547	15990	12 (0,1%)	6 (0,0%)	1,2
Atrazin, desisopropyl	2002–2019	2990	35133	32 (0,1%)	4 (0,0%)	0,18
MCPA	2002–2019	2990	35153	12 (0,0%)	4 (0,0%)	1,23
Atrazin	2002–2019	2990	35132	43 (0,1%)	4 (0,0%)	0,26
Simazin, hydroxy-	2002–2019	2531	15547	29 (0,2%)	2 (0,0%)	0,12
Hexazinon	2002–2019	2991	35108	52 (0,1%)	2 (0,0%)	0,11
Dimethachlor ESA	2018–2019	196	302	15 (5,0%)	2 (0,7%)	0,2
Dimethachlor OA	2018–2019	191	294	2 (0,7%)	2 (0,7%)	0,16
4-Nitrophenol	2002–2019	2529	15331	20 (0,1%)	1 (0,0%)	0,19
Malathion	2002–2019	24	239	4 (1,7%)	1 (0,4%)	0,12
Atrazin, hydroxy-	2002–2019	2988	35050	5 (0,0%)	1 (0,0%)	0,12
Metazachlor ESA	2018–2019	194	294	6 (2,0%)	1 (0,3%)	0,12
Chlorthalonilamid sulfonsyre R417888	2010–2019	1539	2107	2 (0,1%)	1 (0,0%)	0,12
Metaldehyd	2019–2019	13	13	1 (7,7%)	1 (7,7%)	0,18
Isoproturon	2002–2019	2905	20402	4 (0,0%)	1 (0,0%)	0,12

[1] periode med drikkevandsprøve analyseret for disse specifikke pesticider

[2] analyser med kvantificeret pesticidkoncentrationer ( $\geq 0,03 \mu\text{g/l}$ )

[3] analyser med pesticidkoncentrationer over drikkevandets kvalitetskrav

$n=\text{antal}$

Tabel 1 giver en oversigt over antallet af analyser og vandværker med mindst én analyse over drikkevandets kvalitetskrav. Tabellen viser også antallet af fund under og over kvalitetskravet samt den maksimale koncentration i perioden med data. En komplet tabel som giver et overblik over alle pesticidanalyser i drikkevandet findes i "Supplementary file 2" i /6/. BAM (2,6-Dichlorbenzamid) var det hyppigst fundne pesticid og DPC (Desphenyl chloridazon) havde de absolut højeste koncentrationer. BAM, DPC og DMS (N,N-Dimethylsulfamid) var de tre pesticider med de fleste fund over drikkevandets kvalitetskrav som vist i Tabel 1. De er alle tre nedbrydningsprodukter fra nu forbudte eller

udfasede pesticider /4/. I reference /4/ findes der mere info om, hvornår og til hvilke formål pesticiderne er anvendt.

### Pesticider i drikkevandet på husstands niveau

Pesticidanalyserne i drikkevandet blev herefter brugt til at estimere eksponeringen til danske husstande i de forskellige vandforsyningsområder. I femårsperioden fra 2015-2019 blev 54 % af de danske husstande aldrig forsynet med drikkevand med fund af pesticider. I perioden blev 30 % forsynet med drikkevand med lave koncentrationer af pesticider ( $0,03\text{--}0,1 \mu\text{g/l}$ ) og 11 % med koncentrationer af pesticider over kvalitetskravet på mere

end  $0,1 \mu\text{g/l}$ . For 5 % af de danske husstande kunne der ikke estimeres en eksponering på grund af datamangel.

### Udvikling i pesticider i drikkevandet

Eksponeringen til pesticider i drikkevandet på de almene vandværker var lavere i femårsperioden (2015-2019) end for hele attenårsperioden (2002-2019) trods hyppige fund af DPC og DMS, som kun er analyseret i den seneste femårsperiode. Flere faktorer kan være årsag til denne tendens som fx: 1) generel forbedret grundvandskvalitet pga. regulering, 2) lukning af vandværker før 2015, 3) sløjfning og udskiftning af vandværksboringer før 2015, 4) ændringer i pumpestrategier fra indvindings-

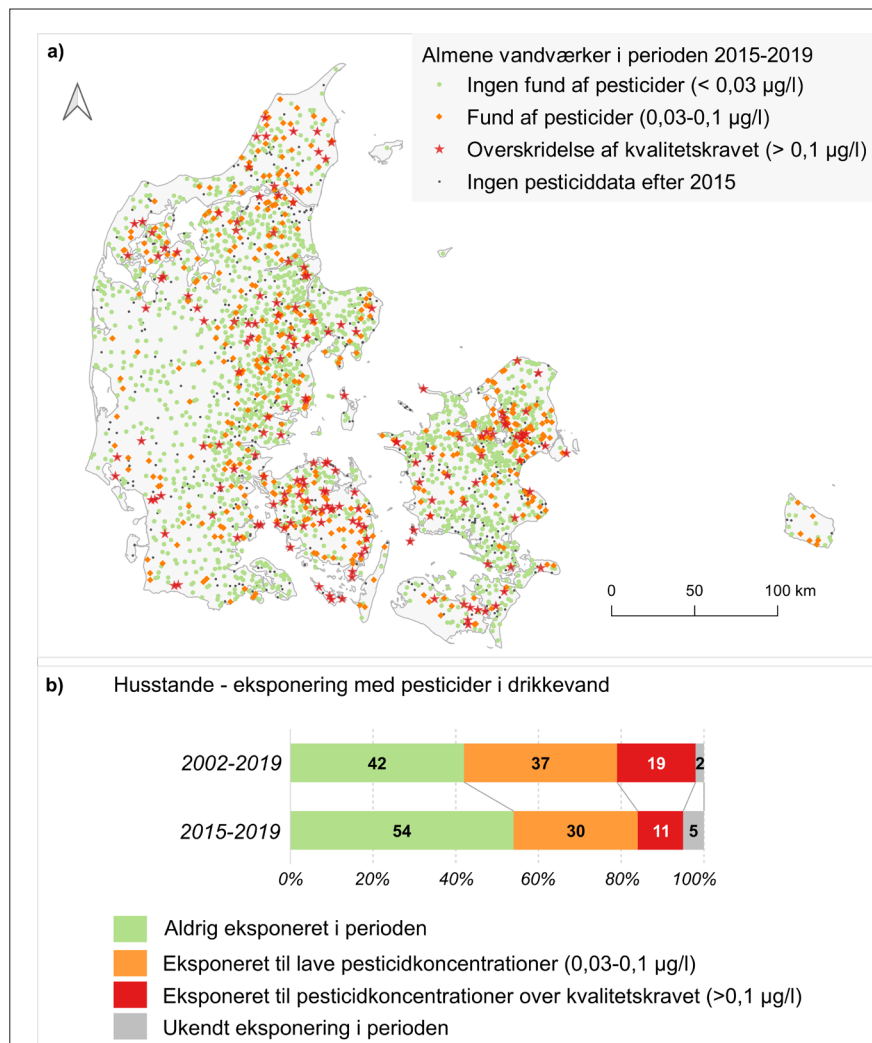


Fig. 2 Pesticidstatus i drikkevandet på almene vandværker for perioden 2015-19 (a) og resultater om husstandenes eksponering i samme periode (b).

boringer, 5) import og blanding af drikkevand fra nabovandværker, eller 6) implementering af videregående vandbehandling.

Tendensen til fald i eksponering til pesticider i drikkevandet på de almene vandværker skyldes derfor sandsynligvis, at vandforsyningerne hele tiden arbejder på at løse problemer med overholdelse af drikkevandets kvalitetskrav. Dette er dog ikke nødvendigvis hele forklaringen og kan også skyldes forskelle i analyseprogram i de to perioder samt heterogene datasæt og ufuldstændig datadækning.

### Perspektivering

Analyseprogrammet for pesticider i drikkevandet er under konstant udvikling, fx blev der i 2019 analyseret mere end 280 pesticider for første gang. Samtidig skal alle vandværker ikke analysere drikkevandet for pesticider lige så ofte, da det afhænger af, hvor meget grundvand der indvindes. Derfor er det vigtigt

ofte at gentage en status som præsenteret i denne artikel.

### Referencer

- /1/ Drikkevandsbekendtgørelsen - Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (BEK nr 2361 af 26/11/2021) <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2021/2361>
- /2/ Drikkevandsdirektivet - RÅDETS DIREKTIV 98/83/EF, af 3. november 1998, om kvaliteten af drikkevand <http://data.europa.eu/eli/dir/1998/83/2015-10-27>
- /3/ Miljøstyrelsen (n.d.) "Hvem leverer drikkevandet?" <https://mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/drikkevand/hvem-leverer-drikkevandet/>
- /4/ Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C., Hansen, B., Johnsen, A.R., Mortensen, M.H. & Trolborg, L. (2021) Grundvand. Status og udvikling 1989–2020. Teknisk rapport, GEUS, p.144 [https://www.geus.dk/Media/637753300019725848/Grundvand%201989-2020\\_a.pdf](https://www.geus.dk/Media/637753300019725848/Grundvand%201989-2020_a.pdf)
- /5/ Miljøstyrelsen (2020) Kvaliteten af det danske

drikkevand for perioden 2017-2019. Rapport "Grundvand og drikkevand nr. 3", p. 38 <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2020/12/978-87-7038-251-9.pdf>

- /6/ Voutchkova, D. D., Schullehner, J., Skaarup, C., Wodschow, K., Ersbøll, A. K., & Hansen, B. (2021). Estimating pesticides in public drinking water at the household level in Denmark. *GEUS Bulletin*, 47. <https://doi.org/10.34194/geusb.v47.6090>
- /7/ KOMMISSIONENS DIREKTIV 2009/90/EF af 31. juli 2009 om tekniske specifikationer for kemisk analyse og kontrol af vandets tilstand som omhandlet i Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/90/oj>
- /8/ Analyse kvalitetsbekendtgørelsen - Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger (BEK nr 1770 af 28/11/2020) <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2020/1770>
- /9/ Schullehner, J. & Hansen, B. 2014: Nitrate exposure from drinking water in Denmark over the last 35 years. *Environmental Research Letters* 9, 095001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/9/095001>
- /10/ Pedersen, M.G. 2018: Geocoding of Danish addresses from the Residence Database version 2016, 1–7. Institutional report. Aarhus: Centre for Integrated Register-Based Research. <https://cirrau.au.dk/fileadmin/cirrau/Documents/ophold2016b.pdf>

DENITZA D. VOUTCHKOVA, [dv@geus.dk](mailto:dv@geus.dk): forsker i De Nationale Geologiske Undersøgelser (GEUS), vandkvalitet  
JÖRG SCHULLEHNER, [jsc@geus.dk](mailto:jsc@geus.dk): forsker i sundhedseffekter af miljøeksponeringer ved GEUS og Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet (AU)

CARINA SKAARUP, [caska@sdu.dk](mailto:caska@sdu.dk): Ph.d. studerende, Syddansk Universitet (SDU), register forskning, exposure assesment, Phd projekt: undersøge sammenhængen mellem pesticider i drikkevandet og risiko for leukæmi.  
KIRSTINE WODSCHOW, [ikwo@sdu.dk](mailto:ikwo@sdu.dk): Postdoc, SDU, forsker i geografiske variationer i miljøeksponering relateret til sundhed.

ANNETTE KLÆR ERSBØLL, [ake@sdu.dk](mailto:ake@sdu.dk): Professor i SDU, forsker i helbredseffekter af miljøeksponering, geografiske variationer i sygdomme, og social og geografisk ulighed i sundhed

BIRGITTE HANSEN, [bgh@geus.dk](mailto:bgh@geus.dk): seniorforsker, GEUS, forskningsområder: grund- og drikkevandskvalitet, integration af data og især kvælstoftilførsel, omsætning og udvikling i grundvand

Postadresse:

GEUS: De Nationale Geologiske Undersøgelser, C.F. Møllers Allé 8, Bygning 1110, 8000 Aarhus C

AU: Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet, Bartholins Allé 2, 8000 Aarhus C

SDU: Statens Institut for Folkesundhed, Syddansk Universitet, Studiestræde 6, 1455 København K