

Gylle truer grundvandet

Smitsomme bakterier, virus og parasitter i gylle transporteres hurtigere gennem jord end tidligere antaget, og udgør derfor en mulig fare for kvaliteten af vores drikkevand.

Af Anita Forslund, Carsten Suhr Jacobsen,
Ole Stig Jacobsen og Anders Dalsgaard

■ Forsøg med jordsøjler placeret udendørs viser, at forskellige smitstoffer, som kan give diarré, og som tilføres jord med gylle, transporteres gennem lerjord allerede efter én dag og i store mængder. Tidligere troede man, at smitstoffer tilført jorden med gylle eller beskidt vand blev fanget og tilbageholdt i jordens øverste lag, og at de derefter døde hurtigt. Undersøgelser viser nu, at smitstoffer hurtigt transporteres med drænvandet igennem jordens naturlige revner og sprækker, og måske når helt ned til grundvandet.

Husdyrgødning og risikovurdering

I 2005 blev der i Danmark slagtet ca. 22 millioner svin og ½ million kvæg. Disse dyr vil i deres levetid producere cirka 20 millioner tons gylle, som landmændene spreder som gødning på deres marker. Gylle kan indeholde flere smitstoffer, som kan give mave- tarmsygdomme hos mennesker såsom *Salmonella*- og *Campylobacter*-bakterier – og ofte i store mængder. I modsætning til i en gammeldags gødningstak sker der ingen opvarmning i en gyl-

letank, og smitstofferne kan derfor overleve i op til 6 måneder i gylle, mens de typisk dør ud efter 2-8 dage i en gødningstak. Smitstofferne tilføres jorden med gyllen, som ifølge krav fra myndighederne hurtigt skal bringes ned i jorden, da dette nedsætter lugtgener og begrænser fordampningen af kvælstof. Smitstofferne synes dog bedre at overleve nede i jorden frem for ovenpå jorden, da jorden beskytter dem mod udtørring og solens dræbende UV-lys. Ved at bringe gyllen ned i jorden øger man derfor også muligheden for, at smitstofferne kan transporteres helt ned til grundvandet. En vurdering af denne risiko skal baseres på, hvor lang tid der går før smitstoffet dør eller ændres til en form, som ikke kan give infektion, i hvor stort omfang smitstoffet bindes til jordens partikler samt hvor hurtigt vandet strømmer gennem jorden. Endelig skal et smitstof, som måtte sive ned til grundvandet, være i en tilstand (infektivt stadie) og en mængde, som kan give smitte og sygdom hos mennesker. Vi ved ikke i dag i hvilket omfang smitstoffer siver ned til grundvandet, og

om en sådan nedsivning er forbundet med reelle risici for sygdom hos mennesker.

Drikkevandsindvinding og jordstruktur i Danmark

Der er store forskelle på, hvor sårbare de danske jordtyper er overfor en nedsivning af smitstoffer til det underliggende grundvand. Udvaskningsforsøg med pesticider i lerede jorde, der indeholder mange sprækker, giver den største udvaskning af de pesticider, der sidder fast på jordpartikler (kolloider), der har den samme størrelse eller er mindre end bakterier. Derimod udvaskes disse pesticidtyper næsten ikke fra sandede jorde. Når sådanne stoffer kan transporteres hurtigere i de lerede jorde end i de sandede jorde hænger det sammen med, at der i de lerede jorde under pløjelaget findes regnormegange og sprækker, der ofte har været der i mange år. Disse sprækker fungerer som "motorveje" for små partikler herunder bakterier og vira ligesom de lidt større parasitter også kan transporteres hurtigt gennem en sprækket jord. Det meste grundvand, der sendes ud til forbrugeren

fra vandværkerne, stammer fra de dybere jordlag, og ofte ledes vandet efter indvinding gennem en iltningstrappe og et sandfilter, hvor eventuelle smitstoffer kan fjernes. I modsætning til de store vandværker findes der mange mindre vandforsyninger, private borer og brønde, der forsyner forbrugeren med vand fra højtliggende vandlag og uden egentlig rensning i sandfilter.

Markvanding med forurenede vand

Ligesom for gylle udgør forurenede vand som bruges til markvanding også en mulig kilde til forurening af grundvandet med smitstoffer.

Mennesker og industrier i byområder bruger i stigende omfang af de begrænsede grundvandsressourcer. Samtidigt skal landbrugsproduktionen øges globalt, hvis der skal skaffes mad nok til verdens befolkning, som især vokser i tredjeverdens lande. En øget landbrugsproduktion kræver masser af markvanding. Men landbruget vil tabe til byerne i kampen om de knappe grundvandsressourcer og kan kun øge fødevarerpro-



Foto: Poul Boestén

Gylle tilføres i dag jorden via slanger frem for at blive sprøjtet ud over markerne. Det begrænser lugtgener og fordampningen af ammoniak, men har den bagside, at smitstoffer i gyllen kan overleve længere tid.

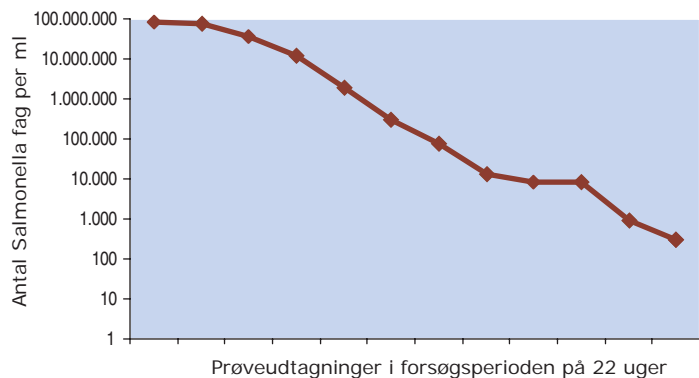
duktionen gennem optimering af markvanding, og ved at bruge alternative vandkilder, herunder lavkvalitetsvand, som kan være overfladevand fra åer, søer mv. og forskellige typer af spildevand. Disse vandtyper er i varierende grad forurenet med afføring og smitstoffer fra mennesker og dyr. Grøntsager og frugt i en række nordafrikanske, men også i stigende omfang syd-europæiske, lande vandes med rensset spildevand, som typisk tilføres med drypslanger placeret på eller, som noget nyt, nede i jorden. Rensningsmetoderne effektivitet har stor betydning for i hvor stort omfang, der er smitstoffer i det rensede spildevand. Danske landmænd anvender dog kun overfladevand og ikke spildevand direkte til markvanding. Når vandet tilføres under jordoverfladen skal der vandes mindre, da fordampningen til luften nedsættes markant. Denne metode betyder dog også, at smitstofferne i vandet har større sandsynlighed for at sive ned til grundvandet, især hvis grundvandsspejlet ligger højt. Det er usikkert i hvor stor udstrækning dette sker, men vores forsøg med smitstof-

Nedsivning af smitstoffer gennem jordsøjler

Vi har undersøgt transport og overlevelse af forskellige smitstoffer ned gennem 25cm lange og 15cm brede jordsøjler, som blev skåret ud af markjord, hvorved jordens struktur bliver bevaret.

En *Salmonella* bakteriofag blev tilført gylle som modelorganisme for virus, da bakteriofager har samme størrelse og på mange andre områder ligner virus. En bakteriofag inficerer og opformer sig i specifikke bakteriearter. Transport og overlevelse af bakterien *Salmonella senftenberg* blev undersøgt, da den er en god indikator for kendte diarrébakterier som *Salmonella* og *Campylobacter*. Den smitsomme parasit *Cryptosporidium parvum* kan forekomme i kvæggylle og blev undersøgt sammen med bakterier af *E. coli*, som typisk findes i høje koncentrationer i gylle fra husdyr og i forurenet vand.

Alle disse smitstoffer kan give diarré hvis de indtages med forurenet drikkevand. Jordsøjlerne var placeret udendørs for at udsætte dem for skiftende vejrforhold. Gylle tilsat de forskellige



Salmonella bakteriofagen kan isoleres i drænvandet i meget høje koncentrationer allerede få dage efter den er tilsat jordsøjlerne. Bakteriofagen kan findes i drænvandet i helt op til 5 måneder efter den blev tilsat

smitstoffer blev placeret oven på jorden eller lagt i en fordybning i jorden. Placeringerne af gyllen svarer til de måder, gylle udbringes på i Danmark, nemlig på jordens overflade ved udbringning med slæbeslanger og nedfældning i jorden, eksempelvis ved injektion gennem studser, som stikkes ned i jorden.

Resultaterne viste, at smitstofferne kunne påvises i det drænvand, som blev opsamlet fra den anden ende af søjlen,

allerede dagen efter de blev tilført jordsøjlerne. Bakteriofagen kunne dyrkes fra drænvandet helt op til 5 måneder efter den blev tilført, dog i lave koncentrationer (se figur).

De andre smitstoffer kunne genfindes i drænvandet mellem 1½ - 3½ måned efter forsøgets start. Forsøget viser således, at smitstoffer kan transporteres hurtigt og i stort antal med drænvandet gennem naturlige jordsøjler.



Foto: Ole Stig Jacobsen

Sprækker i et jordprofil, hvorigenem smitstoffer fra gylle hurtigt kan trænge ned gennem jorden og havne i grundvandet.

fer i gylle nedbragt under jorden giver et fingerpeg om, at en sådan nedsvivning faktisk finder sted. En række danske og udenlandske forskningsinstitutioner undersøger i øjeblikket med økonomisk støtte fra EU disse problemstillinger så lavkvalitetsvand fremover i stigende kan bruges til markvanding og produktion af sikre fødevarer.

En trussel vi må tage alvorligt

Vores studier viser, at transporten af smitstoffer i mindre jordsøjler sker hurtigt og over en lang tidsperiode. Der er planlagt yderligere undersøgelser i stor skala til at bekræfte disse fund. Smitstofferne var levende og dyrkbare i forsøgsperioden. Men selv om smitstoffer kan transporteres ned til grundvandet er det centrale spørgsmål, om de stadig er levende og i stand til at fremkalde sygdom, når vandet

drikkes. Dette kan undersøges ved at fastlægge, om smitstoffer fundet i grundvand kan give sygdom hos forsøgsdyr, eller om de kan smitte forskellige typer af celler fra dyr og mennesker i laboratoriet. Endelig kan nye genbaserede teknikker også anvendes til at fastslå, om de dele af smitstoffernes genom, som er ansvarlig for deres evne til at give infektion, stadig er aktive.

Måden vi opbevarer og udbringer gylle på herhjemme og den stigende globale anvendelse af forurenede vand til markvanding udgør en potentiel trussel, vi bliver nødt til at forholde os til. Fremtidige undersøgelser bør fastlægge, hvilke jordtyper og andre forhold, som udgør særlige risici for nedsvivning af smitstoffer til grundvandet, og i hvilket omfang disse smitstoffer kan gøre mennesker og dyr syge. ■

Om forfatterne



Anita Forslund er ph.d-studerende
E-mail: anf@life.ku.dk



Carsten Suhr Jacobsen er professor
E-mail: csj@geus.dk



Ole Stig Jacobsen er seniorforsker
E-mail: osj@geus.dk



Anders Dalsgaard er professor
E-mail: ad@life.ku.dk

Anita Forslund og Anders Dalsgaard er ved Institut for Veterinær Patobiologi, Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

Carsten Suhr Jacobsen og Ole Stig Jacobsen er ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

Læs videre:
Vedr. brug af lavkvalitetsvand:
www.safir4EU.org

Smitstoffer

Vira, bakterier og parasitter kan forårsage sygdom hos mennesker eller dyr. Smitstoffer udskilles i afføringen i høje koncentrationer fra syge individer, men også fra raske smittebærere. Smitstoffer kan spredes til miljøet, når forurenede gylle eller vand tilføres marker og afgrøder. Transporten af smitstoffer ned gennem jordlagene afhænger af mange faktorer som jordtype, jordstruktur, herunder revner og sprækker, mængden af planterødder og regnormekanaler samt jordens vandstrømninger. Smitstoffers overlevelse i jorden påvirkes bl.a. af vandindholdet i jorden, jordens surhedsgrad (pH), temperatur og graden af binding til jordpartikler.

Jordpartikler er generelt negativt ladet, og det er cellevæggen på bakterier og parasitter også, men smitstofferne kan alligevel binde sig til jordpartiklerne, fordi vandmolekyler i jordpartiklerne er dipolære – dvs. har en hhv. positivt og negativt ladet "ende". Vira er mere simpelt opbygget og består i realiteten af en stump arvemasse omgivet af en kappe af protein. Vira binder i højere grad til jordpartikler, hvis der er positivt ladede ioner (kationer) tilstede, da disse indgår i dannelsen af virus-kation-ler forbindelser.

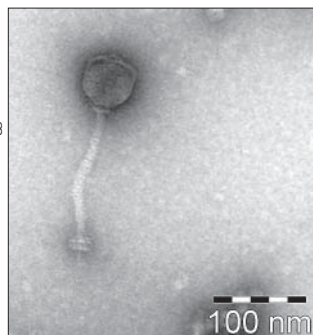


Foto: Horst Neve & Christina S. Vege

Eksempel på en bakteriofag – her en *Siphoviridae* fag TP901-1

Smitstoffernes størrelse har også betydning for deres transport ned gennem jordlagene. Viruspartiklen er mellem 20 nm og 300 nm (1 nm = 10^{-9} mm), hvor de mindste virus og bakteriofager ikke er større end proteiner, mens de største virus har samme størrelse som små bakterier. Bakterier er i størrelsesordenen 0,1 μ m til 5 μ m, mens æggene fra parasitten *Cryptosporidium parvum* er mellem 4 og 6 μ m i diameter. En hurtig transport af smitstoffer gennem jordlagene sker især gennem revner og sprækker. Her har størrelsen og den elektriske ladning af smitstoffet især betydning for transporten, hvor

de relativt store parasitæg tilbageholdes i større omfang end vira og bakterier. Ny forskning viser, at jordpartikler også er mobile og smitstoffer kan derfor transporteres bundet til disse partikler gennem jordlagene.

Typiske smitstoffer, der findes i gylle og forurenede vand, og som giver sygdom hos mennesker, er Rotavirus (hyppig årsag til børnediarré), Norovirus (årsag til såkaldt Roskildesyge), *Escherichia coli* (diarré hos mennesker og dyr), *Salmonella* og *Cryptosporidium parvum* (diarré hos mennesker og dyr). Mængden af smitstoffer, som et menneske skal indtage for at blive syg, varierer meget. Således er den sygdomsfremkaldende dosis af *Salmonella* og *E. coli* bakterier høj – typisk mellem 10^5 og 10^8 bakterier, mens der kun skal enkelte vira eller æg af *Cryptosporidium parvum* til for at give sygdom.

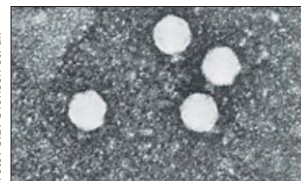


Foto: S.B. Svenson et. al.

Elektronmikroskopibillede af *Salmonella typhimurium* fag 28B, som er brugt i undersøgelsen.