

# 15 års udvikling af grundvandsforurening med ukrudtsmidler i moræneler

Udarbejdet af Peter Jørgensen og Niels Henrik Spliid

Ved sammenligning med målinger foretaget for 15 år siden viser den nye undersøgelse, at ukrudtsmidlet MCPA optræder med uændret høj hyppighed i morænelerlaget under Skælskør frugtplantage, svarende til at stoffet fortsat anvendes i plantagen. Samtidig er der fundet høj hyppighed af mechlorprop (MCP) og BAM, selvom disse stoffer ikke har været anvendt i plantagen de sidste 10-15 år. På plantagens tidligere fylde- og vaskeplads for sprøjteredskaber findes der knapt 20 år efter nedlæggelsen af pladsen fortsat relativt høje "hot-spot" koncentrationer af primært ukrudtsmidlerne dichlorprop, MCP og nedbrydningsprodukter heraf (cirka 300 µg/l). Ved sammenligning med målingerne for 15 år siden, er der sket ingen eller ringe nedadrettet bevægelse af "hot-spot" forureningsfronten mod det underliggende grundvandsmagasin, hvilket skyldes, at "hot-spot" koncentrationerne er akkumuleret i morænelagets lavpermeable lermatrix, hvor porevandet stort set er stillestående. Undersøgelsen viser, at en sikker forureningskortlægning og risikovurdering for underliggende grundvand vanskeliggøres af heterogene forureningsforhold, hvor der er store koncentrationspring mellem tæt liggende borer. Dette betyder, at der er risiko for at overse både forureningsspild og nedtrængende forurening ved anvendelse af få undersøgelsesboringer, hvilket vurderes at være en generel problemstilling for pesticidpunktkilder, som gælder særligt for moræneler på grund af sprækketransport. Undersøgelsen indikerer dermed, at der er behov for at anvende flere borer end normalt i forureningsundersøgelser samt, at foretage risikovurderinger for grundvand, der inddrager effekten af sprækketransport i morænedæklag.



## BAGGRUND OG FORMÅL

Phenoxyherbiciderne dichlorprop, mechlorprop (MCP) og triazinerne simazin og terbuthylazin samt bentazon og BAM er de mest udbredte pesticidstoffer i grundvandet og menes i væsentlig grad at stamme fra pesticidpunktkilder og andre intensivt pesticidbelastede arealer som f.eks. frugtplantager. Fordi stofferne generelt er udfaset fra det danske marked repræsenterer pesticidfundene i grundvandet primært gamle forureninger, hvoraf der forventes at være et meget stort antal på landsplan, som potentielt kan påvirke grundvandet i usikkert omfang og tidsperspektiv.

GEO og Institut for Agroøkologi på Århus Universitet har gentaget en 15 år gammel undersøgelse af en forurening med pesticidkemikalier i en frugtplantage og på en nedlagt fylde- og vaskeplads ved Skælskør (Miljøstyrelsen 2001). Gentagelsen er udført med henblik på at vurdere udviklingen og varigheden af grundvandsforureningen og derigennem bidrage til vurderingen af forureningstruslen mod grundvandet fra det store antal lignende forureningskilder, der skønnes at forekomme på landsplan. Herunder har det været formålet generelt at undersøge de mekanismer, der betinger akkumulation og spredning af pesticidforurening i moræner samt vurdere den langsigtede påvirkning og beskyttelse af grundvandsmagasiner under moræner.

## UNDERSØGELSEN

Projektet er gennemført i Skælskør frugtplantage samt på en tilhørende fylde- og vaskeplads for sprøjteredskaber (pesticidpunktkilde), der har været i brug fra før 1950 til 1990/91. I plantagen er pesticidforureningen sket ved regelret pesticidanvendelse, mens forureningen på vaskepladsen er sket ved spild i forbindelse med påfyldning og rengøring af sprøjteredskaberne.

Begge undersøgelseslokaliteter er beliggende på et godt 20 m tykt lag af moræner, der dækker området primære grundvandsmagasin. De to lokaliteter blev undersøgt første gang i 1993/94, hvor jord og vandprøver fra undersøgelsesboringer blev analyseret for ukrudtsmidlerne dichlorprop, MCP, 2,4-D, MCPA (phenoxyherbicider) og atrazin, simazin, terbuthylazin (triaziner). Endvidere blev der udført kortlægning af forbruget af disse stoffer i plantagen. Kortlægningen viste, at der er anvendt cirka 1 tons af både phenoxyherbiciderne og triazinerne i perioden 1961-1992. I undersøgelsen blev der endeligt også gennemført hydrauliske forsøg og udvaskningsforsøg samt modellering af vandbalanceforhold og forureningstransport.

Den nye undersøgelse er udført i 2007/08 ved genanvendelse af de gamle boringer samt etablering af nye boringer. Analysepakken er blevet udvidet med bentazon, 2,6-dichlorobenzamid (BAM) samt nedbrydningsprodukter fra phenoxyherbicider og triaziner. Den nye undersøgelse har endvidere omfattet laboratorieforsøg med pesticiders sorption og mobilitet samt modelberegninger af forureningsscenerier.

## HOVEDKONKLUSIONER

- Ikke alle de kortlagte ukrudtsmidler, der har været brugt i plantagen, har givet anledning til efterfølgende langvarige grundvandsproblemer.

Således har phenoxyherbiciderne MCPP, dichlorprop, MCPA og 2,4-D alle været anvendt i ret store mængder i frugtplantagen, mens det kun er MCPP og dichlorprop, der er fundet i høje koncentrationer, og dette kun på vaskepladsen. Dette indikerer hurtigere nedbrydning og dermed mindre grundvandstrussel fra MCPA og 2,4-D end fra MCPP og dichlorprop. Det samme gælder for simazin og terbuthylazin, som har været anvendt i større mængder end phenoxysyrerne, men som stort set er væk nu i både plantagen og på vaskepladsen.

- I plantagen er der fundet overensstemmelse mellem fortsat sprøjtning med MCPA og en høj hyppighed af dette stof i morænedæklaget. Endvidere er der målt fortsat spredning af lave koncentrationer af MCPP og BAM, selvom disse stoffer, efter det oplyste, ikke har været anvendt i plantagen de sidste 10 - 15 år. Dette indikerer en mulig langvarig forureningspåvirkning af grundvandet under plantagen med disse stoffer.
- På den tidligere fylde- og vaskeplads findes der efter pesticidspild, der er sket i perioden 1961 til 1991 fortsat relativt høje "hot-spot" koncentrationer af dichlorprop og MCPP med tilhørende metabolitter samt lavere koncentrationer af bentazon og BAM.
- "Hot-spot" koncentrationerne på vaskepladsen findes akkumuleret i lermatrixen øverst i den reducerede zone af morænelaget, hvor der er kemisk reducerende forhold og stort set ingen vandbevægelse. Dette er i overensstemmelse med den målte høje persistens og manglende nedadrettede bevægelse af "hot-spot" forureningsfeltet de sidste 15 år.
- Der sker langsom diffusion af de akkumulerede "hot-spot" pesticider i lermatrixen til gennemgående sprækker og herfra sprække-transport af lave pesticidkoncentrationer til det underliggende grundvandsmagasin.
- Den kortlagte pesticidakkumulation i matrix og det ledsagende spredningsmønster til grundvandet gennem sprækker forventes at gælde som generelt princip for andre tilsvarende gamle pesticidpunktkilder på moræneler, hvor kombinationen af reducerende porevandsforhold og sprækkestrømning kan bevirke en langvarig, men sandsynligvis ofte dæmpet, grundvandspåvirkning fra "hot-spot" forureninger i lermatrixen.
- Undersøgelserne viser endvidere, at pesticidforureningen både nær terræn og i dybden er heterogent fordelt med observerede store koncentrationsspring mellem tæt liggende borer. Dette kan henføres dels til lokale pesticidspild på vaskepladsen og dels til forureningsspredningen gennem sprækker og tynde sandlag i morænedæklaget, der danner snævre transportveje til det underliggende grundvandsmagasin.
- Heterogeniteten af forureningsspild og strømningsveje forventes at repræsentere et generelt undersøgelsesteknisk problem i forbindelse med pesticidpunktkilder på moræneler. Herunder er sprække-transport af forurening uden om undersøgelsesboringer formentlig et udbredt

problem. Som konsekvens må der, ved forureningskortlægning i moræneler, generelt forventes risiko for at overse eller fejlvurdere omfanget af forureningsnedtrængning med mindre der anvendes et tættere net af boringer end der normalt anvendes i forureningsundersøgelser. Endvidere er numerisk modellering af forureningsspredning pga. sprækketransport et relevant supplement til risikovurderinger for underliggende grundvand.

- Ud fra den observerede transport af pesticiderne til grundvandet, der er sket på trods af stor lertykkelse og lille grundvandsdannelse under vaskepladsen, indikerer undersøgelsen endeligt, at lertykkelsen i sig selv ikke er et sikkert mål for den naturlige grundvandsbeskyttelse.

## PROJEKTRESULTATER

I plantagen blev der for 15 år siden gjort sporadiske pesticidfund i lave koncentrationer omkring eller under drikkevandskravet (0,1 µg/l) i hele morænelaget. Fundene omfattede primært MCPA og simazin. MCPP blev kun fundet i et enkelt boringsfilter øverst i morænelaget, mens der ikke blev fundet dichlorprop. I de nye målinger er den væsentligste ændring, at simazin er forsvundet og, at der udover høj hyppighed af MCPA, nu også er målt hyppigere forekomst af MCPP. Forandringen for de to første stoffers vedkommende er i overensstemmelse med de oplyste ændringer i sprøjtingen i plantagen siden undersøgelsen for 15 år siden, hvor simazin er blevet udfaset, mens der fortsat er forbrug af MCPA. Stigningen i MCPP kan skyldes spredning af akkumuleret residualt indhold i den øvre del af morænelaget. Af de nye analyseparametre, er der endvidere målt forekomst i lerlaget af BAM i koncentrationer under drikkevandskravet (0,1 µg/l).

På vaskepladsen viste undersøgelsen for 15 år siden forekomst af en "hot spot" pesticidforurening med høje koncentrationer af primært phenoxyherbicer ned til et boringsfilter i 5 – 7 m.u.t. der indeholdt cirka 600 µg/l af dichlorprop og MCPP. De nye målinger på vaskepladsen viser nogenlunde samme beliggenhed af den tidligere forureningsfront med fortsat relativt høje grundvandskoncentrationer af phenoxyherbicer (gennemsnit cirka 150 µg/l) samtidig med, at den tidligere forekomst af lave simazin og MCPA koncentrationer stort set er forsvundet, formentlig på grund af nedbrydning. De nye målinger viser endvidere forekomst af nedbrydningsprodukter af phenoxyherbicerne samt bentazon og BAM, der ikke er blevet analyseret for tidligere. Disse stoffer er ligesom dichlorprop og MCPP fundet gennem hele lerlaget og i det underliggende grundvand, men med de højeste koncentrationer i "hot-spot" forureningen i 5 -7 m.u.t. på hhv. cirka 150 µg/l, 20 µg/l og <0,5 µg/l.

Ud fra andre undersøgelser er der indikation af, at "hot-spot" forureninger med phenoxyherbicer generelt findes udbredt på fylde- og vaskepladser, mens stoffer som simazin og BAM findes som diffuse forureninger med lavere koncentrationer.

Resultaterne fra vaskepladsen viser en lang varighed af de høje "hot-spot" koncentrationer af dichlorprop og MCPP, der er akkumuleret i den finkornede matrix øverst i reducerede zone af morænedæklaget, hvor stofferne dels har høj persistens og dels transporteres langsomt på grund af manglende strømning i matrix. Herfra sker der transport af væsentligt lavere

koncentrationer af pesticiderne til det underliggende morænedæklag og grundvand, hvilket sandsynligvis skyldes dels nedbrydning og dels, at spredningen er styret af langsom diffusion af "hot-spot" pesticiderne i matrix tilbage til gennemgående strømningsaktive sprækker. Både pesticidakkumuleringen i matrix og det ledsagende spredningsmønster til grundvandet er styret af typiske sprække- og redoxforhold for moræneler. Derfor forventes det kortlagte spredningsmønster at gælde som generelt princip for andre gamle forureningskilder med residual pesticidforurening i moræneler.

Undersøgelsen viser i denne forbindelse, at der er stor heterogenitet i pesticidspild og strømningsveje. Herunder er der fundet indikation for sprækkestrømning uden om undersøgelsesboringerne, hvilket sandsynligvis også er et generelt forekommende problem i morænedæklag. Undersøgelsestekniker viser heterogeniteten, at pesticidundersøgelser, der baseres på få undersøgelsesboringer, vil være forbundet med meget stor usikkerhed, hvor der er risiko for at overse både forureningskilde og forureningsnedtrængning. Dette betyder, at der ved undersøgelser af pesticidpunktkilder på moræneler bør udføres flere boringer end normalt i forureningsundersøgelser, samt endvidere, at modelsimuleringer af pesticidtransport i sprækker er et relevant supplement ved risikovurderinger for grundvandet.

#### REFERENCER

Jørgensen, P.R., J. Sølling, N.H. Spliid, W. Harrar, H. Lindgren, A. Brehmer, S. Outzen (2001): Point and Non-point Source Leaching of Pesticides in a till Groundwater Water Catchment. - Pesticides Research. No. 52 - Ministry of Environment and Energy, Copenhagen, Denmark.

Ludvigsen L.K., P.R. Jørgensen, L. Clausen, F. Larsen m. fl. (2002): Pesticider og Vandværker. Udredningsrapport om BAM-forurening. - Hovedrapport: Miljøprojekt nr. 732, Miljøstyrelsen 2002.

Ludvigsen, L. Clausen, P.R. Jørgensen m.fl (2005): BAM's skæbne i grundvand. - Miljøprojekt nr. 1000. Miljøstyrelsen