

Forurensning og naturlig forgiftning som økotoxikologiske problemer

J. Låg

Norges landbrukshøgskole, Ås-NLH

1. Hva er økotoxikologi?

Uttrykket økologi ble innført for mer enn 100 år siden som navn på vitenskapen om de levende organismene i forhold til sitt miljø. Toksikologi er læren om giftstoffer og giftvirkninger. Ordet økotoxikologi er en nykonstruksjon som er blitt til ved sammenskrivning av de to navnene.

Med en enkel uttrykksmåte kan vi si at økotoxikologi er vitenskapen om giftvirkninger i økologisk sammenheng. En definisjon med omtrent samme innhold, men med andre ord, sier at økotoxikologien omfatter skadelige virkninger av kjemiske stoffer på økosystemene. I stedet for betegnelsen økosystem brukes til dels uttrykket levende organismer i naturmiljøet.

En noe mer omfattende definisjon er blitt brukt av «Scientific Committee on Problems of the Environment». (En forkortelse for navnet er SCOPE. Dette er en komite under den internasjonale organisasjonen av vitenskapsakademier) (Butler 1978). Her er det regnet med toksikologiske skader av både kjemiske og fysiske faktorer, og videre er transportvegene for de skadelige stoffene inkludert i begrepet. På norsk kan definisjonen lyde: Økotoxikologien omfatter de toksiske virkningene av kjemiske og fysiske faktorer på levende organismer, særlig på populasjoner og samfunn av organismer i deres økosystemer, og videre medregnes også transportvegene for disse faktorene og vekselvirkninger mellom dem og miljøet.

Definisjonen til SCOPE tar altså med i økotoxikologi-begrepet også miljøska-

der av fysiske faktorer, f.eks. skader av støv, stråling, varme og støy. I det følgende kommer vi i det vesentlige til å behandle kjemiske skadefaktorer.

Noen andre faguttrykk brukes i lignende betydning som økotoxikologi. Som eksempler på slike kan nevnes miljøtoksikologi og miljøkjemi. Men disse begrepene omfatter både ytre og indre miljø. Geomedisin dekker et meget vidt fagfelt, medregnet økotoxikologiske problemer. En definisjon sier at geomedisin tar for seg innvirkningen av ytre miljøfaktorer på geografisk fordeling av helseproblemer for mennesker og dyr.

I de tidligste utviklingsfasene var toksikologisk forskning i første rekke knyttet til humanmedisinen. Uttrykket humantoksikologi brukes om dette fagfeltet. Basaltoksikologi er navn på vitenskapen om generelle virkemåter for skadelige kjemikalier på livsprosesser.

Av det som er forklart, går det fram at økotoxikologien er et meget komplisert fag. Det er behov for fagfolk med vesensforskjellig kompetanse for å utrede aktuelle problemer. Sannsynligvis må det regnes med stor aktivitet i dette fagfeltet i tida framover. Det kan derfor tenkes muligheter for endringer også med hensyn til definisjoner av viktige grunnbegreper.

2. Naturlig forgiftning og forurensning som økotoxikologiske problemer

I naturen finnes det omfattende forgiftningssituasjoner som «er blitt til av seg selv», uten noen innvirkning av mennesker. Naturlige tungmetallforgiftninger er

instruktive eksempler på slike fenomener i Norge (se f.eks. Låg & Bølviken 1974). Et velkjent geomedisinsk eksempel fra USA gjelder selénforgiftning av husdyr (Underwood 1977). Enkelte arealer har ekstra stort seléninnhold i jorda, og her blir plantene så selénrike at beitedyra kan bli forgiftet.

Menneskelig virksomhet har i mange tilfeller vært årsak til forurensning som medfører giftvirkninger. Blant velkjente norske eksempler kan nevnes vassdrag-forgiftning som skyldes tungmetaller fra bergverk, og fluorskader på husdyr på grunn av røykutslipp fra aluminiumfabrikker.

Det vil ofte være viktig å kunne skille mellom naturlige forgiftninger og forurensninger når vi skal forsøke å skaffe oss grunnlag for å sette oss inn i økotoksikologiske spørsmålstillinger.

3. Stigende interesse for økotoksikologi

Det har lenge vært kjent at industrialisering kan føre til naturforurensning. Men allmennhetens sterke interesse for denne saken er av forholdsvis ny dato. Noen populærformete bøker i store opplag, med spesiell framheving av forurensningsproblemer, må antas å ha hatt betydelig innflytelse på opinionen. Eksempler på slik litteratur, som foreligger også på norsk, er «Den tause våren» (Carson 1963), «Før og etter» (Ehrensverd 1972) og «Hvor går grensen» (Meadows et al. 1972). I litteratur på verdensspråk er det blitt en stadig sterkere strøm av publikasjoner om forurensning og miljøproblemer. Årlig kommer det et stort antall bøker, og med forholdsvis korte mellomrom blir det etablert nye tidsskrifter for slike spørsmål.

Laboratoriemetodikk for bestemmelse av forurensningsstoffer er stadig blitt forbedret. Det er blitt lett å påvise selv meget små mengder av mange toksiske

stoffer. Kunnskaper om måter skadestoffene påvirker dyr og mennesker er blitt utvidet, men forskere med meningsrett framhever at mange viktige problemer er uløste.

I etterkrigstida er det blitt kraftig oppsving i interessen for økologi i alminnelighet, noe som har medført at søkelyset også i sterk grad er blitt rettet mot skadevirkninger av kjemiske stoffer. Problemer i tilknytning til radioaktivitet tiltrakk seg straks etter siste verdenskrig stor oppmerksomhet. Etter hvert ble det sterk interesse for mange andre stoffgrupper. Kjemiske plantevernmidler ble tatt i bruk i stort omfang, og sidevirkninger av slike stoffer ble undersøkt. Det syntetiseres stadig et stort antall tidligere ukjente organiske forbindelser. Nye tilsetningsmidler blir brukt i matvarer. Fra moderne industri blir det spredd nye forurensningsstoffer, men virkningene er for mange av dem bare ufullstendig klarlagt. Særlig knytter det seg engstelse til stoffer som kan tenkes å framkalle kreft, fosterskader og genetiske skader.

Hittil har oppmerksomheten særlig vært konsentrert om skader etter forholdsvis store doser av miljøgifter. Det er behov også for kunnskaper om virkninger av mindre «belastninger» gjennom lange tidsrom.

I Norge har de nye problemene i forbindelse med oljeutvinning og petrokjemisk industri fanget spesiell interesse. Ellers har stofftilføring med globale hav- og luftstrømmer vært mye diskutert. Den store oppmerksomheten som sur nedbør har fått, er et typisk eksempel.

4. Problemer i forbindelse med jordforgiftning

A. Innledning

Giftstoffer som kommer inn i biologiske sirkulasjonsprosesser, kan få spesielle og langvarige virkninger.

Ved forurensning av vann vil i alminnelighet stoffene bli spredt forholdsvis raskt. I verdenshavene sørger de globale strømmene for stadig sammenblanding av vannet. Inne i trange fjorder kan lokale forurensninger i sterk grad gjøre seg gjeldende, og forhold av lignende karakter kan en ha i ferskvann.

Luftforurensninger som er brakt opp i høyere lag i atmosfæren, blir raskt spredt over store avstander. Det meste av giftstoffene i lufta vil før eller seinere komme ned til jordoverflaten og etter hvert inngå i jordsmonnet. Atmosfæreforurensning kan altså i sin tur føre til jordforurensning.

Fra jordsmonnet kan plantene i større eller mindre grad ta opp giftige stoffer som deretter kan bli ført videre til dyr og mennesker når plantematerialet blir brukt til fôr eller mat. Med avfallsstoffer kan det giftige materialet komme tilbake til jordsmonnet, og det biologiske kretsløpet altså bli sluttet.

Varigheten av skader ved sirkulasjon av giftige stoffer i biologiske systemer har vi alt for svake kunnskaper om. Men det må regnes med risiko for særlig langvarige skadevirkninger av mange uorganiske giftstoffer som bringes inn i jordsmonnet.

Et nødvendig utgangspunkt for vurdering av eventuell forurensning er kjennskap til de ordinære naturtilstandene. Det er altså et ønskemål å skaffe best mulige kunnskaper om normale kjemiske egenskaper til Norges jordsmonn.

Endel gjennomførte regionalpregete jordbunnskjemiske og geokjemiske undersøkelser vil være til nytte i en slik sammenheng. Men det er behov for et langt mer omfattende grunnlagsmateriale enn det som foreligger inntil nå. Både registrering av jordbunnskjemiske egenskaper og sammensetning av plantemateriale interesserer når en skal forsøke å finne ut om det opptrer forurensingsskader.

B. Naturlig forgiftning av jord og vegetasjon

Som grunnlag for studium av forgiftninger menneskene er årsak til, er det viktig å kjenne lignende naturlige forgiftningstilfeller. Inntil nå er det i Norge funnet forgiftning med henholdsvis bly, kopper, nikkel, kombinasjon av sink, kadmium, bly og kopper, og kombinasjon av tungmetaller og lav pH (Bølviken & Låg 1977).

Fra noen av forgiftningsarealene er det hentet plantemateriale til kjemiske analyser. Det viste seg å være til dels kraftig opphopning i plantene av forgiftningsstoffene. Et enkelt kortvarig fôringsforsøk med kaniner, viste at dyr som fikk høy fra et blyforgiftet område, hadde større blyinnhold enn normalt i lever, nyrer og beinsubstans. Det var altså en klar sammenheng mellom stoffinnhold i jord, planter og dyr.

Sammensetningen av vegetasjonsdekket på forgiftningsflekkene var sterkt avvikende fra det normale. I ekstreme tilfeller fantes det ikke høyere planter. Ved midlere forgiftningsgrad var det artsfattige plantesamfunn som viste hvordan ulike plantearter har forskjellig evne til å motstå skadevirkninger fra vedkommende stoff.

C. Jordforgiftning på grunn av industri og kommunikasjonsmidler

I forbindelse med gruvedrift har det i lang tid foregått mer eller mindre av jordforgiftning. Dels kan bruddstykker av malm eller slagg ha ført til forurensning, og dels har smelteverk vært forurensningskilder. Med røykgass fra skorsteinene er det i mange tilfeller ført uønskete stoffer til jordoverflaten. Inntil nedlagte smelteverk er det f.eks. påvist sterk forurensning av kopper i Røros, kvikksølv på Kongsberg, nikkel i Evje og arsen i Modum. Langs vassdrag fra gruveanlegg er

det mange steder tungmetallforgiftninger.

Moderne industri har i betydelig grad spredt forurensningsstoffer. En forholdsvis omfattende undersøkelse er gjennomført i Odda-området. Etter at det var påvist til dels sterk jordforurensning med mange stoffer, ble det utført kjemisk analyse av matplanter. Det måtte advares mot å leve ensidig på vekster dyrket i nærheten av industribedriftene.

Det finnes mange andre eksempler i Norge på skadelig jordforurensning som skyldes industribedrifter, men det er ennå gjort lite for å utrede eksakte årsakssammenhenger.

Fra vegtrafikk blir det spredt forurensningsstoffer til omgivelsene. Interessen har særlig vært konsentrert om blyopphopning på vegetasjon langs vegene. Blytilføring til jordoverflaten kan etter hvert også føre til større innhold av dette stoffet i plantene på grunn av opptak gjennom røttene.

Også andre forurensningsstoffer kan bli spredt fra vegene. Det er f.eks. velkjent at salttilføring til grusveger kan føre til klorforgiftning på vegetasjon i nærheten.

Med globale luftstrømmer får vi tilført skadelige stoffer fra industri i andre land. I tillegg til syretilføring med nedbøren er det påvist tungmetaller og organiske mikroforurensninger.

Det er viktig å skaffe oversikt over forurensningene, både de som kommer langvegs fra og de som skyldes lokale kilder.

D. Noen spesielle skadevirkninger med tilknytning til landbruksaktivitet

Giftige stoffer kan ved landbruksvirksomhet bli tilført jordsmonnet, særlig med gjødsel, jordforbedringsmidler og plantevernmidler.

Jordsmonnet er den naturlige resipienten for avfall som opprinnelig er oppstått av plantemateriale. Gjennom meget lang

tid har husdyrgjødsel vært en verdifull ressurs for plantedyrking. Men dette forholdet er etter hvert blitt sterkt forandret bl.a. på grunn av relativ nedgang i prisene på handelsgjødsel og endringer i landbrukets produksjonsteknikk.

Kloakkavfall fra alminnelige husholdninger har for den vesentligste delen planter som utgangsmateriale. Det innebærer prinsipielt ikke noen forandring om plantemassen har vært dyrefør eller mat for mennesker før det blir avfallsstoffer som havner i kloakken.

Ut fra ønskemålet om resirkulering (tilbakeføring av avfall) skulle det være naturlig å tilføre kloakkmateriale fra husholdningene til jorda. Men det er i mange tilfeller risiko for innblanding av andre stoffer som kan medføre skadevirkninger. I byer og tettbebyggelser er det ofte sammenblanding av husholdnings- og industrikloakk. Det kan dermed bli innblanding av uønskete stoffer, f.eks. tungmetaller, som kan føre til skader ved bruk av kloakkavfall som gjødsel og jordforbedringsmiddel.

Med enkelte handelsgjødselslag kan jorda i en viss utstrekning bli tilført skadelige stoffer. Råmateriale for fosforgjødsel inneholder kadmium. Det er stor forskjell på kadmiummengden i ulike typer av råfosfat. Med endel fosforholdig gjødsel blir det tilført fluor.

I noen tilfeller kan nitratgjødsling i jord- og hagebruk føre til forgiftning av vann. Også andre stoffer fra landbruket kan være årsak til biologiske skader i vassdrag. Tilføring av store mengder lett nedbrytbart organisk stoff fra silonedlegging av fôr har i mange tilfeller medført fiskedød. Skadevirkninger fra halmlutingsanlegg er ofte blitt påvist. Økning av innholdet av plantenæringsstoffer i vannet (eutrofiering) på grunn av tilsig fra kulturjord og bebyggelse kan medføre forstyrrelser i den normale stoffomset-

ningen. Gjødsling av skog kan i noen grad føre til lignende problemer.

Plantevernmidler har tiltrukket seg stor oppmerksomhet i forbindelse med forurensningsproblemer, og det er laget omfattende utredninger om slike saker. Et viktig spørsmål gjelder nedbrytningsskigheten for giftige organiske forbindelser.

E. Framtidige arbeidsoppgaver

a. Bedre kjennskap til viktige sirkulasjonsprosesser

Stoffsirkulasjonen fra jordsmonn til planter og videre til dyr og mennesker og så tilbake til jordsmonnet er av fundamental betydning for alt liv på landjord. Når forurensningsproblemer skal drøftes, er det en viktig forutsetning at en kjenner til ordinære naturtilstander og naturprosesser. Hvis en ikke har kjennskap til jordsmonnets opprinnelige egenskaper, er det ikke mulig å finne ut hvordan menneskelige inngrep har ført til forandringer.

Forgiftning av jordsmonnet kan føre til at normale sirkulasjonsprosesser blir fullstendig forstyrret. Årsaker til jordforgiftning kan enten være av naturlig karakter eller kan skyldes forurensninger som menneskene har satt i gang. Det kan videre skilles mellom de lokale og de geografisk mer omfattende forurensningene.

Jordforurensning kan som nevnt få mer langvarige skadevirkninger enn endel andre typer av forurensning på grunn av at skadelige stoffer bringes inn i sirkulasjonsprosesser. Mye av forurensningsstoffene i lufta vil før eller seinere synke ned til jordoverflaten og etter hvert komme inn i jordsmonnet. I alminnelighet er tida for oppholdet i atmosfæren forholdsvis kort. Også mange typer av vannforurensninger blir av relativt kort varighet. I elver og små innsjøer skiftes vannmasse raskt ut. Sedimenter som inneholder

skadelige stoffer, vil ofte bli overleiret av nye bunnfelte lag.

Under ulike klima- og jordbunnsforhold vil virkningene av giftstoffer bli forskjellige. F.eks. har pH og innhold og sammensetning av humus og leirmateriale i jorda betydning for giftvirkningen av endel stoffer. Det er nødvendig i betydelig utstrekning å utføre undersøkelser i Norge, i tillegg til utnytting av forskningsresultater fra andre land.

b. Referansefelter og generell registrering av naturforhold

Det er behov for utarbeiding av geokjemiske og jordbunnskjemiske kart som kan danne grunnlag for vurdering av forurensningsproblemer (Låg 1979). Men vi må regne med at det vil ta lang tid før Norge kan bli dekt av slike kartverk. For å bli i stand til å etterkomme nødvendige behov for bedømmelse av faren for jordforgiftning kan det være hensiktsmessig å opprette mindre referansefelter der det også gjennomføres mer omfattende undersøkelser enn ved alminnelig kartlegging.

I mange tilfeller er det nær sammenheng mellom jordforurensning og vannforurensning. Det vil derfor i alminnelighet være rasjonelt å inkludere vannundersøkelser i de samme områdene som jordundersøkelsene blir gjennomført. Også beskrivelse av flora og fauna vil det være ønskelig å få utført. I hvert referanseareal burde såvidt mulig gjennomføres registrering av alle de faktorene som kan tenkes å forandre seg på grunn av forurensning.

I tillegg til de elementene vi nå veit kan være farlige forurensningsstoffer, bør det utføres bestemmelse av en rekke andre grunnstoffer som kan tenkes å oppfattes som skadelige stoffer i framtida. Innhold av andre mer sammensatte, uønskete stoffer bør også bestemmes.

Det kan minnes om at det farlige stof-

fet kadmium først for alvor har fått oppmerksomheten rettet mot seg i de siste 25 årene. Vi må vente at flere elementer etter hvert vil komme i søkelyset. Sterk framgang i analysemetodikk har gjort at det nå er langt lettere enn før å studere virkninger av sporstoffer.

c. Undersøkelse av gamle forgiftningsarealer

En forholdsvis enkel måte å skaffe seg noe opplysning om virkninger av giftstoffer i jordsmonnet er å undersøke arealer som vi veit har fått skade. I Norge er det utført endel registreringer ved noen få moderne industribedrifter som har vært årsak til sterk jordforurensning. Men hittil er bare et beskjedent materiale innsamlet på denne måten. Inntil mange gamle gruveanlegg er det lett å se kraftige giftvirkninger på vegetasjonen. Selv om gruvedriften er blitt innstilt for lang tid siden, kan det påvises sterke forgiftninger. I noen tilfeller er det funnet giftstoffer langt nedover langs vassdrag forbi nedlagte gruveanlegg.

Siden naturlig tungmetallforgiftning første gang ble påvist i Norge i 1967, er det gjennomført noen enkle undersøkelser av slike lokaliteter. Ved fortsatte undersøkelser av den slags gamle forgiftningsfelter burde det være sjanse for å skaffe materiale til belysning av praktisk viktige spørsmål i forbindelse med jordforurensning.

5. Avslutningsmerknader

I de siste 6–8 årene har det i Norge vært mye snakk om at økotoksikologiske problemer burde tas opp til grundigere vitenskapelig utredning. Men hittil er det lite av slike ideer som er blitt satt ut i livet. I denne perioden har det generelt sett vært innskrenkninger i arbeidsmulighetene for de institusjonene som arbeider med naturvitenskapelige oppgaver ved våre universiteter og vitenskapelige høyskoler.

Det er blitt gjort mye for å redusere naturforurensning. Mange tiltak fra det offentlige har vært vellykkete, mens det i andre tilfeller er fattet mer tvilsomme avgjørelser (Låg 1983). Til dels er det utført såkalt oppdragsforskning som skulle gi basis for vedtak i forbindelser med forurensningsspørsmål. Ikke sjelden er slikt arbeid former for utredningsvirksomhet, som altså ikke kan kalles vitenskap. Når det bare er gjennomført mer eller mindre vellykkete sammenstillinger av tidligere kjente vitenskapelige resultater, kunne kanskje et uttrykk som «etterpåforskning» være vel så dekkende som oppdragsforskning.

Som eksempel på et stortiltet tiltak kan nevnes den såkalte Mjøsaksjonen. Den skal ha kostet mellom 1,5 og 2,0 milliarder kroner. Det skulle være rimelig å vente at vitenskapelig grunnlag i sterk grad ble utnyttet ved planlegging og gjennomføring av milliardsprøsjekter, men med hensyn til Mjøsaksjonen synes det tvilsomt om dette er blitt gjort.

Forskningsrådene i Norge har vist en viss interesse for økotoksikologiske spørsmål. Det ble nedsatt et utvalg som bl.a. har holdt et symposium for å skaffe rede på igangværende forskning i dette fagfeltet (NAVF, NFFR, NLVF, NTNf 1978). Inntil nå er bare en beskjeden del av de tilrådingene utvalget gav i sin sluttinnstilling, blitt fulgt opp av forskningsrådene.

Det er behov for mer intens forskning av grunnleggende karakter innenfor det økotoksikologiske fagfeltet.

Sammendrag

Faget økologi har en ganske lang historie. Økotoksikologi er derimot først nylig blitt oppfattet som et eget fagfelt. Her behandles skadevirkninger av kjemiske og fysiske faktorer på levende organismer i naturmiljøet.

Raskt økende naturforurensning har

ført til at det er blitt stort behov for økotoksikologiske undersøkelser. Oppmerksomheten er bl.a. blitt rettet mot kjemikalier og avfallsstoffer som benyttes i landbruket. Forurensning av jordsmonnet kan gi ekstra langvarige skader på grunn av sirkulasjon av uønskete stoffer mellom jord, planter, dyr og mennesker.

Fra Staten og kommuner bevilges det store beløp for å motvirke forurensning. Eksempel på et tiltak av store dimensjoner er den såkalte Mjøsaksjonen som skal ha kostet mellom 1,5 og 2,0 milliarder kroner. Det synes tvilsomt om vitenskapelig grunnlag er blitt utnyttet i tilstrekkelig grad ved gjennomføring av dette milliardsprosjektet.

Forði økotoksikologi er et komplisert, viktig og forholdsvis nytt fagfelt, er det stort behov for forskning. Særlig bør det legges vekt på vitenskapelige undersøkelser av grunnleggende karakter.

Summary

Pollution and natural poisoning as ecotoxicology problems

The subject ecology has a long history, whereas ecotoxicology has only recently been considered as a separate area of scientific knowledge. Ecotoxicology covers the study of damage to living organisms in natural environments caused by chemical and physical factors.

The rapidly increasing pollution in nature has lead to a great demand for ecotoxicological investigations. Attention has been directed at chemicals and residues used in agriculture, among other things. Soil pollution may result in extremely long term damage due to the circulation of undesired elements in soils, plants, animals, and human beings.

The government and local authorities grant large amounts of money to confront pollution. One example of this is the so-called Mjøs-action (named after the lake Mjøsa), on which was spent 1500–2000

million N.kr. It is doubtful whether sufficient scientific knowledge was used when carrying through this large project.

Because ecotoxicology is such an important, complicated and rather new science there is a great demand for research. Particular attention should be paid to scientific investigations of a fundamental character.

Referert litteratur

- Butler, G. C. (Ed.) 1978. Principles of ecology. 350 s. SCOPE 12. – Wiley & Sons. Chichester.
- Bølviken, B. & Låg, J. 1977. Natural heavy-metal poisoning of soils and vegetation: an exploration tool in glaciated terrain. – Applied earth science. Vol. 86, 1977, B 173–180.
- Carson, R. 1963. Den tause våren. 269 s. – Tiden. Oslo.
- Ehrensverd, G. 1972. Før og etter. 117 s. – Cappelen. Oslo.
- Låg, J. 1979. Utarbeiding av geokjemiske og jordbunnskjemiske kart som grunnlag for andre undersøkelser. – Jord og Myr, 3, 201–204.
- Låg, J. 1983. Jordvern som likevel lønner seg. 128 s. – Aschehoug. Oslo.
- Låg, J. & Bølviken, B. 1974. Some naturally heavy-metal poisoned areas of interest in prospecting, soil chemistry, and geomedicine. – Norges geologiske undersøkelse, 304, 73–96.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens, W. W. 1972. Hvor går grensen? 196 s. – Cappelen. Oslo.
- NAVF, NFFR, NLVF & NTNF. 1978. Symposium om økotoksikologi 6.–7. november 1978. 293 s. – Ås.
- Underwood, E. J. 1977. Trace elements in human and animal nutrition. 545 s. – Academic Press. New York.