

Miraklet der udeblev

Udvikling af pesticider og antibiotika er blevet anset for de teknologiske trumfer, der kunne vinde menneskets kamp mod mikroberne. Men de uønskede organismers evne til at holde trit med os i våbenkapløbet har gjort det klart, at der er brug for nye strategier.

Af Peter Søgaard Jørgensen

■ *»For at opnå holdbare løsninger for fremtiden, må vi forstå hvad der i disse år får os til at tage kortsigtede og rent ud sagt dårlige beslutninger inden for centrale områder som fødevarer, klima og naturressourcer.«*

Sådan lyder et simpelt budskab, der for tiden fremføres af bl.a. tidligere og nuværende videnskabelige toprådgivere for Storbritannien og USA. Men hvordan får vi hul på bylden? Hvordan skifter vi kurs mod en bæredygtig fremtid?

1800 og 1900-tallet er blevet kendt som fysikkens århundreder, fordi mange af tidens store fremskridt var drevet af teknologisk udvikling baseret på ny indsigt i fysikkens verden. Indflydelsen fra den tids store opfindelser og opdagelser som dampmaskinen, elektromagnetismen og kvantemekanikken tager man ikke fejl af i nutidens samfund.

Det 21. århundrede bliver kaldt biologiens århundrede, fordi løsningerne på vores tids udfordringer, som overbefolkning, forvaltning af naturressourcer og klimaforandringer i højere grad er funderet i de biologiske videnskaber. Spørgsmålet er, i

hvor høj grad vi kan forlade os på teknologiens værktøjskasse.

På internationalt niveau har de såkaldt dårlige beslutninger bl.a. deres rod i den problemstilling, at kortvarig økonomisk vækst i ringe grad tager højde for den fremtidige tilstand og tilgængelighed af de naturressourcer, som væksten i sidste ende er afhængig af. Når dette kombineres med internationale forhandlingssituationer, hvor parterne ikke har tillid til hinanden og ønsker at pleje nationale særinteresser, er grunden lagt for dårlige beslutninger.

Et eksempel er vores forvaltning af landbrugsafgrøder og sygdomme. Anvendelsen af pesticider og antibiotika gennem de sidste 60 år har resulteret i udvikling af resistente skadedyr, ukrudt og bakterier og vira, som har betydet store indirekte økonomiske tab.

Således har vores biologiske medspillere på planeten været i stand til at udligne teknologiske fremskridt, og det er først inden for de seneste år, at disse tab er blevet kvantificeret og man er begyndt at eksperimentere med såkaldt evolutionært oplyste strategier

Det biologiske våbenkapløb

I midten af det sidste århundrede skete der en rivende udvikling inden for bekæmpelse af skadedyr i landbruget og af menneskets sygdomme. Pesticider blev taget i brug til bekæmpelse af skadedyr og antibiotika til at behandle udbredte og potentielt livstruende sygdomme som lungebetændelse. Det tog dog ikke lang tid før effektiviteten af disse vidundermidler faldt. Man gik på jagt efter andre aktivstoffer, der kunne erstatte de nu mere eller mindre uvirksomme midler. Det udviklede sig i de næste fire årtier til et sandt våbenkapløb mellem organismernes evne til at neutralisere nye stoffer og menneskets evne til at finde nye kemiske agenter. Siden 1990'erne, har genteknologien fået en større rolle i produktudviklingen – dog uden, at dette i sig selv har forhindret skadedyr og sygdomme i at udvikle resistens.

I nogle tilfælde kan den kemiske bekæmpelse endda gøre udfordringerne endnu større, hvilket udviklingen af multiresistente stammer af bl.a. stafylokokker om noget illustrerer. De

udgør nu en reel risiko for ekstra komplikationer, når man er indlagt på hospitalet.

Med den fortsatte udvikling af nye forbedrede bekæmpelsesmidler fortsætter vi med at vinde et slag hist og her, men en endelig sejr i krigen mod de uønskede organismer synes umulig at vinde. Faktisk er det med urolige miner, at man fornylig i tidsskriftet *Nature* kunne betragte en oversigt, der viser, at mens der i 1990 var 18 selskaber, der forskede i ny antibiotika, er der i dag kun fire. Det sker mens antallet af nye antibiotika på markedet er faldet fra 14 til 1 og andelen af multiresistente stafylokok-stammer er steget fra 20 til 60 %. Den sammenlagte omkostning af denne udvikling er ikke kendt, men i USA skønnes antibiotikaresistens, samt resistens overfor HIV-medicin, årligt at koste i omegnen af 30 milliarder dollars.

Også i landbruget er resultaterne af 60 års kemoterapi blandede. Senest i 2010 oplevede USA et tab af høstudbytte som følge af en ny resistens overfor pesticidet Round-up. Samme år udviklede insekter i

Kina resistens overfor det vidt anvendte Bt-toxin i genmodificeret bomuld. Endelig så sent som december 2011 blev resultater, der viser resistens overfor Bt-majs i USA, rapporteret for første gang. Organismernes tilpasningsevne illustreres ved, at der i dag ikke findes et alment anvendt pesticid, som der ikke er opstået resistens imod.

Nye strategier

De store omkostninger ved udvikling af resistens har ført til et skift i valget af strategier og våben. Ved hjælp af molekylærbiologiske værktøjer tager disse direkte udgangspunkt i at gøre det svært for skadedyr og sygdomme at tilpasse sig evolutionært.

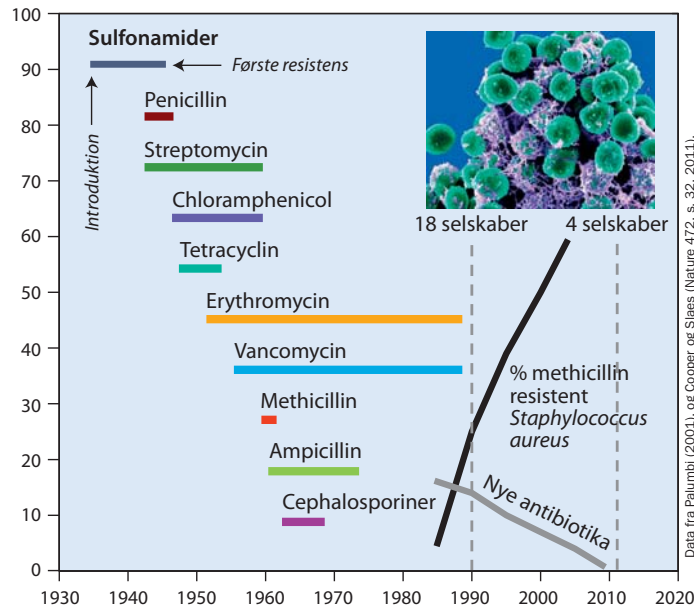
Et eksempel er brugen af bekæmpelsesmidler, der indeholder flere aktivstoffer. Herved bliver de uønskede organismer udsat for et miljø, som kræver en endnu større grad af tilpasning, og dermed øges sandsynligheden for succesfuld bekæmpelse. Tilsvarende kan flere transgener i den samme afgrøde gøre det sværere for skadedyr og ukrudt at tilpasse sig.

De nye strategier har resulteret i større effektivitet i behandling af for eksempel malaria, men vi mangler endnu at se et større gennembrud. Så sent som i 2011 har verdenssundhedsorganisationen WHO rapporteret et stigende antal tilfælde af resistens overfor denne nyeste malarimedecin.

I landbruget har det vist sig, at når et skadedyr endelig er besejret, kan andre arter hurtigt tage over. I Kina har man således set en stigning i antallet af tægeangreb, efter at det var lykkedes at nedkæmpe en bille hvis larve lever på majs.

Sameksistens som våben

Det står altså klart, at teknologien hidtil ikke har kunnet løse udfordringer som fødevareremangel og langtidsholdbar medicin til menneskets sygdomme. De udeblevne mirakelvirkninger har ført til endnu et skift af strategier i en mere lav-teknologisk retning. Her



Tidslinje over antibiotikaens historie. Til venstre er introduktionsåret og det første år, hvor resistens blev registreret, forbundet for en række antibiotika. I højre del af tidslinjen ses stigningen i *Staphylococcus aureus* resistens overfor methicillin (procent), og faldet i antallet af nye antibiotika, der introduceres på markedet. Inden for de sidste to årtier er antallet af selskaber, der forsker i antibiotika, faldet fra 18 til 4. En biofilm af *S. aureus* er afbilledet.

Data fra Palumbi (2001), og Cooper og Stees (Nature 472, s. 32, 2011).

Om forfatteren



Peter Søgaard Jørgensen er ph.d.-studerende ved Center for Makroökologi, Evolution og Klima Københavns Universitet psjorgensen@bio.ku.dk psjorgensen.wordpress.com

Videre læsning

Stephen R. Palumbi: *The evolution explosion: How Humans Cause Rapid Evolutionary Change* (Norton, NY, 2001)

Scott P. Carroll: *Eco-evolutionary management of permanently invaded biotic systems* (Evolutionary Applications, 2011)

www.evolutionsummit.org

prøver man at angribe de selv-samme udfordringer med det eksisterende arsenal af sprøjtemidler og antibiotika – men ud fra evolutionært oplyste strategier.

Fælles for mange af disse strategier er, at de ikke nødvendigvis prøver at udrydde bestanden af de uønskede organismer. I stedet går man efter at holde bestanden på et lavt niveau og samtidig skabe så meget variation i miljøet, at bestandene aldrig bliver fuldtud tilpassede. Med andre ord har man altså accepteret en sameksistens med de uønskede arter.

Eksempler på evolutionært oplyste strategier er brugen af pesticidfrie refugier i landbruget, og en skiftevis anvendelse af to eller flere antibiotika til bekæmpelse af sygdomme. Logikken bag disse succeser er, at de henholdsvis bruger en rumlig og tidlig variation i selektionstryk på den gældende organisme.

I et pesticidfrit refugium er der ikke selektion for resistente skadedyr, og når de sårbare individer fra refugiet blander sig med individerne i de sprøjtede områder, bliver der ved

med at cirkulere sårbare gener i den sprøjtede bestand. I den skiftevis brug af antibiotika er der først selektion for resistens mod et stof og derefter et andet med det håb, at de sygdomsfremkaldende organismer aldrig vil erhverve sig resistens overfor begge.

Koordinering og det offentlige rolle

Et kendetegn ved de evolutionært oplyste strategier er, at de ofte udføres over større rumlige skalaer. Det har som umiddelbar konsekvens, at de involverer flere aktører, og derfor er det nødvendigt med en effektiv koordinering, hvis strategien skal lykkes.

I Arizona i USA anvendte man i ti år refugiestrategien i bekæmpelsen af småsommersommerfuglelarven Pink Bollworm, som angriber bomuldsplanter. Blandt hundredetusindvis hektar bomuld allokerede man i en koordineret indsats pesticidfrie refugier. Spredningen af resistens mod Bt-bomuld blev bremset og høstudbyttet steg. Siden er udsætning af sterile individer af Pink Bollworm til at bremse artens formering ble-

vet det foretrukne våben.

Men hvad med sygdomsspørgsmålet? Er det muligt at styre brugen af medicin, så udvikling af resistens og virenlens i bakterier og vira forhindres bedst muligt? Måske! I hvert fald har forskere fra University of Washington vist, hvordan en offentlig instans ved skatter og subsidier i teorien kan regulere brugen af medicin sådan, at hverken en for lille eller for stor en andel af befolkning bliver behandlet.

Skiftet fra en hovedløs udvikling af bekæmpelsesmiddel på bekæmpelsesmiddel til evolutionært oplyste forvaltningsstrategier udgør et eksempel på, hvordan medregningen af biologiske feedback kan ændre vores adfærd i en mere bæredygtig retning.

Ligesom fremskridt i multilaterale forhandlinger mellem statsoverhoveder kræver tillid forhandlingspartnerne i mellem, kræver evolutionært oplyste strategier også tillid. Tillid mellem borgere eller mellem landmænd til, at man indgår i strategien med et fælles mål for sigte – en langtidsholdbar forvaltning af fælles ressourcer. ■