



P0

Products for growing population
Optimering og effektivisering

Titelblad

P0 – Kemiingeniørens rolle i udviklingen af det moderne samfund.

Products for growing population.

Gruppe ID : B326, Aalborg Universitet Esbjerg 2013

Ida Marie Østergaard

Pia Sørensen

Nikoline Loklindt Pedersen

Tobias Bruun Pedersen

Sebastian Kristensen

Nikolai Speedtsberg Nielsen

Jørgen Thor Axelsson Petersen

Abstract

Plants rely on a wide variety of nutritional supplements that are naturally regulated. Due to massive expansion regarding agricultural farming the optimizing of supplements and biological processes, has become an increasingly greater part of maximizing the produce. Different subjects have been covered, relating to the overall subject of optimizing agriculture.

How the use of fertilizers, pesticides, GMO's and growth regulators has developed through time, and the possibilities these present in the future. Furthermore the several ethical aspects of these subjects are discussed, and enlightened by the different organizations that might have a particular interest.

At last the specific role of the chemical engineers is also described. This subject presents a long list of opportunities for a chemical engineer, such as research and production of chemicals, to create or further develop outdated products. The environment also creates a new dimension of possibilities, due to prior pollution, made by obsolete processes. Therefore decomposing materials used years ago is also a job for the chemical engineers.

Forord

Ved angivelse af kilder og citater, anvendes der tal, der refererer til litteraturlisten i slutningen af rapporten. Ved henvisning til billeder benyttes bogstaver, der referer til litteraturlisten i slutningen af rapporten. Benyttes forkortelser, vil de være forklaret. Formålet med rapporten er at undersøge kemiingeniørens rolle i afgrødeproduktionen tidligere, i præsens og i fremtid. Der gives tak til Henrik Tækker Madsen for en snak om pesticider i forbindelse med rapporten

Indholdsfortegnelse

Abstract	1
Forord	1
Indledning	3
Gødning	4
<i>Hvad er gødning</i>	4
<i>Hvor og hvorfor bruges gødning</i>	4
<i>Fordele og ulemper ved brug af gødning</i>	4
<i>Gødningen gennem tiden</i>	5
<i>Kemiingeniørens rolle</i>	5
<i>Etiske spørgsmål omkring gødning</i>	5
Pesticider	6
<i>Hvad er pesticider</i>	6
<i>Hvor og hvorfor bruges pesticider</i>	7
<i>Fordele og ulemper ved brug af pesticider</i>	7
<i>Pesticider gennem tiden</i>	8
<i>Kemiingeniørens rolle</i>	9
<i>Etiske spørgsmål omkring pesticider</i>	9
GMO	9
<i>Hvad er genteknologi</i>	9
<i>Hvordan bruges genteknologi</i>	9
<i>Lovgivning vedrørende GMO gennem tiden</i>	10
<i>Kemiingeniørens rolle</i>	10
<i>Etiske spørgsmål indenfor GMO</i>	11
Planters væksthormoner	12
<i>Hvad er planters væksthormoner</i>	12
<i>Hvor og hvorfor bruges planters væksthormoner</i>	12
<i>Planters væksthormoner gennem tiden</i>	13
<i>Kemiingeniørens rolle</i>	14
<i>Etiske spørgsmål omkring planters væksthormoner</i>	14
Diskussion	15
Konklusion	16
Litteraturliste	17

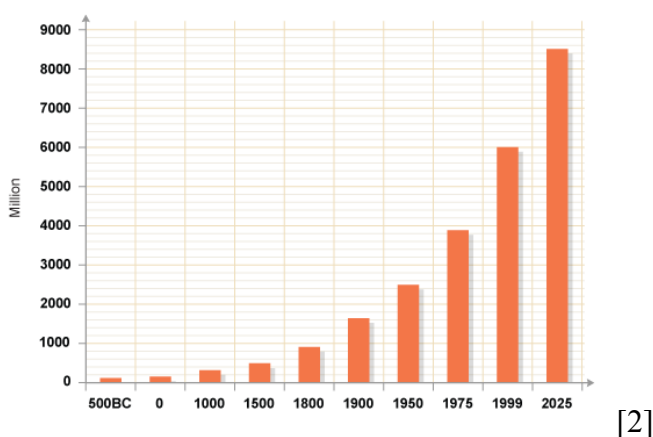
Indledning

"Fremtiden indeholder endnu mange Muligheder, og selv den vildeste Fantasi vil ikke kunne udmale de Vidundere, som et videre Studium af energierne og deres Ændringer vil berige Menneskeheden med"

Sådan sagde civilingeniør, borgerrepræsentant, fabrikant G.A. Hagemann i Ingeniøren nr.1 i 1892.[1] Tages der fat i citatet, er der ikke meget, der har ændret sig. Det er stadig kun fantasien, der sætter grænserne, når en kemiingeniør skal hjælpe verden med at overkomme de foranstående problemer, der dukker op i det moderniserede samfund.

Hvor det måske før i tiden handlede mere om at skabe nye produkter, handler det i dag for en kemiingeniør om at optimere og effektivisere produkterne.

Verdens befolkning vokser – og det er sket ganske hurtigt over de sidste årtier.



Figur 1: Diagram over befolkningstilvæksten.

I 2011 rundede vi syv milliarder mennesker på kloden, og med et estimat på 870 millioner mennesker i perioden 2010-2012[3] der er underernærede, står verden overfor et kæmpe problem: hvordan sørger vi for, verden er mæt? Jordens frilagte områder til at dyrke fødevarer på er begrænset, og med et større udbud efter forskellige fødevarer, må der tænkes på at effektivisere produktionsmetoder og optimere landbruget. Hvad end det er at skabe planter, der kan gro i ørkenen ud fra GMP(genteknologi inden for planter), eller at optimere pesticider, så uønskede effekter minimeres, så står kemiingeniøren med et stort udviklingsarbejde for at brødføde en voksende population. I dette projekt vil kemiingeniørens rolle indenfor afgrødeproduktion beskrives, før, nu og i fremtiden. Hvor står vi nu, og hvilke løsninger kan vi finde på længere sigt. I denne rapport arbejdes der med gødning, pesticider, genmodificerede organismer og væksthormoner. Dette gøres, da disse fire emner er vigtige indenfor afgrødeproduktion, både før nu og i fremtiden.

Gødning

Hvad er gødning

Gødning er stoffer, som tilføres jorden, for at plantens vækst forbedres. Disse stoffer indgår i planternes primærproduktion og anses i landbruget for en begrænsende faktor i forbindelse med dette. For højere planter er 17 af grundstofferne essentielle. 13 af disse skal være tilgængelige i jorden for optagelse gennem plantens rodnet, andre optages af planten direkte fra atmosfærisk luft, og nogle i form af vand. Atmosfærisk luft består af 78 % nitrogen, og kun få planter er i stand til at optage kvælstof på denne form. [4]

For de fleste planters vedkommende dækkes behovet for kvælstof ved optagelse af nitrogenholdige forbindelser. Det gælder ammonium (NH_4^+) og nitrat (NO_3^-).

I kraft af den enorme befolkningstilvækst i verden er efterspørgslen og behovet for fødevarer steget kraftigt, og husdyrgødningen har ikke længere været tilstrækkelig i forsøget på at optimere fødevarerproduktionen. Denne efterspørgsel er forsøgt imødekommet ved industriel fremstilling af de nødvendige gødningsstoffer.

NPK-gødning er en kunstigt fremstillet gødning der indeholder nitrogen (N), fosfor (P), og kalium (K). Gødningen fremstilles industrielt ved kemisk reaktion mellem fosforholdige og nitrogenholdige stoffer, der senere tilføres kalium i form af kaliumklorid. [5]

Som tidligere nævnt er koncentrationen af kvælstof i atmosfærisk luft stor. Alligevel er der stor efterspørgsel om stoffet i økosystemet, og planterne kæmper for at få behovet dækket. Dette skyldes at det frie nitrogen ikke kan optages direkte men skal bindes i optagelige kvælstofforbindelse. Nogle planter lever i symbiose med kvælstoffikserende bakterier og får ad denne vej dækket deres behov.

Hvor og hvorfor bruges gødning

Gødning anvendes til at skabe og forbedre planters vækst på marken. De forskellige næringsstoffer tilføres marken, så planterne kan optage dem.

Fordele og ulemper ved brug af gødning

Brugen af kunstgødning har i landbruget haft stor indvirkning på vækst og udbytte, og optimeringen af vores fødevarerproduktion må siges at være positiv. Ser vi på konsekvenserne heraf må det siges at være knap så opløftende, og tilførslen af disse næringsstoffer har en klar negativ effekt på miljøet. Afhængig af jordbundens sammensætning sker en nedsivning af nærringsstofferne til grundvandsmagasinerne, og forurening med nitrat og nitrit er i dag et udbredt problem. Optages nærringsstofferne ikke i rodzonen vil overskuddet sive ned gennem jordlagene, og senere møde grundvandspejlet. Ammonium omdannes i jorden af bakterielt liv til nitrit (NO_2^-) og senere til nitrat (NO_3^-) ved en proces kaldet nitrifikation. Nitrat er letopløseligt salt og vil med regnvandet hurtigt nedsive. [6] Indtagelse af nitrat der i kroppen omdannes til nitrit fremmer dannelsen af methæmoglobin ud fra blodets hæmoglobin. Methæmoglobin er ude af stand til at binde ilt, og dette kan forårsage nedsat ilttilførsel til kroppens celler. Nitrit mistænkes også for at medvirke til udvikling af mavekræft, og miljøstyrelsen har fastsat krav til indholdet af nitrit og nitrat i vores drikkevand. [7]

Samtidig med risikoen for nedsivning af gødningsstoffer til drikkevandet, sker en udvaskning af næringsstoffer til vores søer og vandløb. Dette kan resultere i fæno-

menet eutrofiering (overgødsning) og forværre iltforholdene i havene og søerne. De gunstige næringsforhold bidrager til øget algevækst der senere bundfæles og om-dannes bakterielt ved forbrug af store mængder ilt. [6]

Gødningen gennem tiden

I dag udgør gødning en væsentlig betydning i forhold til moderne fødevareprodukti-on. De mange næringstoffer der bidrager til og muliggør planter vækst, er en be-grænsende faktor, set i forhold til størrelsen af det udbytte producenten formår at yde på sin jord.

At tilføre næringstoffer til sin jord, er et foretagende der menes at have fundet sted helt tilbage i stenalderen. Analyser foretaget af forkullede kornkerner bevidner om metoder, hvor der systematisk blev tilført husdyrgødning til sin landbrugsjord. Ved at se på ophobningen af kvælstof 15 i forkullede kornkerner fundet ved arkæolo-gisk udgravning, har det været muligt at bestemme en sammenhæng mellem concen-trationen af kvælstof 15 og brugen af gødningsstoffer.

I begyndelsen af 1900-tallet udvides verdens kvælstofs forsyning, da det gennem Ha-ber-Bosch metoden lykkedes F. Haber og C. Bosch at fikse nitrogen industrielt. Ved metoden fremstilles ammoniak ved katalytisk reaktion mellem nitrogen og hydrogen, og anvendes i praksis i gødningsindustrien. Forbruget af kunstgødning på verdensplan kan fastslås til ca. 153 mio. t. I årene 2005/06. [8]

Kemiingeniørens rolle

Kemiingeniøren spiller en væsentlig rolle i forhold til optimering af det konventio-nelle landbrug. Produktionen af kunstgødning er et af mange områder hvor ingeniøren er indblandet. Med en stadig voksende verdensbefolkning og dertil stigende fødevare behov er optimering af landbrugsproduktionen uomgængelig.

Udviklingen af metoder til oprensning og praktisering af disse må siges at være en del af ansvaret, og ingeniøren er også på dette område en medvirkende aktør.

Grundvandet er i Danmark den vigtigste kilde til rent drikke vand, men er efterhånden truet af forurening fra landbruget. Nitrat nedsiver med regnvandet til grundvandspejlet og udgør i for store koncentrationer sundhedsmæssige risici. Ingeniørens arbejde be-står i at eliminere denne trussel, ved hjælp af den viden han gennem sin uddannelse og erfaringer har tilegnet sig.

Mange af disse problemstillinger er op til ingeniøren at analysere og vurdere, såle-des han kan afgøre hvorvidt nye teknologier bør implementeres i fremtidens sam-fund.

Etiske spørgsmål omkring gødning

Mange faktorer spiller ind i produktionen af kunstgødning, og der må fra ingeniørens side tages højde for etiske og moralske aspekter. Den kunstgødning der produceret og tilføres landmandens marker vil fremtidigt påvirke miljøet og de resurser vi til dagligt som udgangspunkt har ubegrænset adgang til. Vores grundvand er et godt eksempel på skadesvirkningerne heraf, og kemiingeniøren må påtage sig en del af ansvaret for forureningen af dette.

Pesticider

Hvad er pesticider

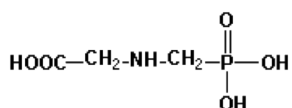
Ukrudtsmidler, sprøjtemidler, bekæmpelsesmidler, plantebeskyttelsesmidler og planteværn er mange ord for det samme; pesticider. Grundlæggende er det midler som skal beskytte vores afgrøder. Navnet pesticider kommer fra latin hvor "pest" betyder skadevolder, og "cide" betyder dræbe, altså er det en skadevolder dræbere. Pesticider består af et stort antal forskellige kemiske forbindelser, som alle har en forskellig sammensætning. De tidligste former for bekæmpelsesmidler stammer fra naturen, som for eksempel nikotin og pyrethrum, som stammer fra blomster af krysantemum. Det kunne også være biprodukter fra forskellige industrielle processer, blandt andet creosot til træimprægnering. De fleste pesticider er i dag syntetisk fremstillet, da der de seneste år har været en stor interesse for fremstilling af de biologiske midler. [9]

Midlerne er delt op i en lang række kategorier, hvor de tre mest brugte er omtalt nedenfor, disse er: Insekt-, ukrudts- og svampemidler.

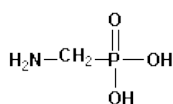
Ukrudtsmidler (herbicider):

Herbicider er lavet til at slå planter ihjel. I landbrugshenseender er de fleste pesticider herbicider. Et eksempel herpå kunne være glyphosat, som sælges under navnet Roundup®, som de fleste nok har stødt på, på den ene eller anden måde.

Glyphosat(se billede 1) går ind og hæmmer et enzym i planten, som er nødvendigt for at planten kan syntetisere de aromatiske aminosyrer fenylalanin, tyrosin og tryptofan. Dette gør at planten ikke kan producere de nødvendige proteiner eller danne lignin, som er en vigtig bestanddel af plantens cellevæg, og derfor vil planten dø. Glyphosat bliver absorberet af jorden, og burde derfor ikke trænge ned i grundvandet. I jorden bliver glyphosat omdannet til AMPA(se billede 2) af jordens mikroorganismer, som videre bliver omdannet til kuldioxid. Glyphosat kan dog skylles ud i vandløb og søer via overfladevand, eller med vinden. Hvis glyphosat ender i vand, vil det ikke blive omdannet ligesom i jorden.[10][11] Selvom glyphosat ikke burde ende i grundvandet, er der fundet grundvandsprøver indeholdende glyphosat og AMPA.[12]



Billede 1: Glyphosat
[A]



Billede 2: AMPA (Aminomethylphosphonic Acid)

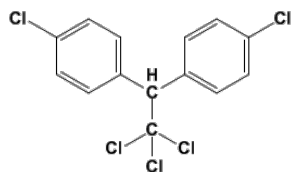
Insektmidler (insekticider):

Insekticider er gifte som bruges til bekæmpelse af insekter.

Et kendt insekticid er DDT(se billede 3), diklordifenyltriklorethan, som er en kloreret kulbrinte. DDT er en meget farlig miljøgift, som blev fundet i pingviner i Antarktis og sæler i Arktis, altså steder hvor stoffet slet ikke var blevet anvendt. Det opdagedes derefter, at alle dyr og mennesker havde DDT i kroppen. Stoffet blev allerede fremstillet i midten af 1800tallet, og i 1939 opdagede schweizeren Paul Müller at det var insektdræbende.

Stoffet er giftigt for insekter, men for mennesker skal der store koncentrationer til for at skade. I 1940'erne begyndtes det at bruge store mængder af stoffet, da det var billigt og let at anvende. Dog blev insekterne resistente, og det opdagedes, at stoffet

blev langsomt nedbrudt og ophobede sig i fødekæderne. DDT blev forbudt i USA og i de europæiske lande, herunder Danmark, i 1969.[13]

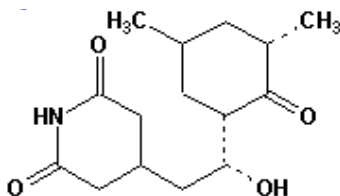


Billede 3: DDT [B]

Svampemidler (fungicider):

Fungicider er ligeledes gifte som bruges til at modstå og afværge svampeinfektioner og angreb.

En fungicid kan være cykloheximid (se billede 4), som er et antibiotikum. Det bliver produceret af bakterien *Streptomyces griseus*. Cycloheximid går ind og hæmmer proteinsyntesen, og virker mod svampe.[14]



Billede 4: Cycloheximid [C]

Ud over disse tre, er der også en type som er nævnt som biocider, som for eksempel rodenticider, som bruges til bekæmpelse af skadedyr såsom gnavere (rotter og mus). Disse stoffer er reguleret efter regler i EU, og vi vil ikke gå nærmere i dybden med disse.

Hvor og hvorfor bruges pesticider

Mange landmænd bruger pesticider for at få mest muligt udbytte ud af sit land. Der er dog mange faktorer som spiller ind. Planterne har behov for lys, vand, plads og næringsstoffer. Der kan være insekter som spiser afgrøderne, der kan forekomme plantesygdomme såsom kartoffelskimmel, som ligeledes kan være med til at ødelægge en hel høst.

Kartoffelskimmel som eksempel har flere gange i historien været med til at slå millioner af mennesker ihjel, grundet mangel på mad som følge af en høst der er slået fejl.

Landmandens erhverv er at lave og sælge sine afgrøder hvilket gør at han gerne vil have mest muligt udbytte af disse, til dette bruger han pesticider.

Fordele og ulemper ved brug af pesticider

Der er både fordele og ulemper ved brugen af pesticider, i forhold til andre former for ukrudtsbekæmpelse. Fordelene er, at det er en billigere form for bekæmpelse, og mere effektivt, specielt i perioder med meget nedbør. Med pesticider kan bekæmpelsen foregå i vækstsæsonen, hvor mekanisk ukrudtsbekæmpelse er nødt til at anvendes, når der ikke er afgrøder på markerne. Ved at anvende pesticider kan behovet for mekanisk jordbehandling mindskes, hvilket kan føre til at der kan etableres pløjefri dyrkning.

Der findes dog også ulemper ved brug af pesticider, da disse kan skade og svække plante- og dyrelivet på markerne, men også udenfor de dyrkede marker. Dette skyldes vinddrift og overfladisk afstrømning af pesticidresterne. Rester fra pesticiderne kan skabe en risiko for forurening af grundvand og overfladevand, og de kan være sundhedsskadelige.

Hvis det skal undgås at skade plante- og dyrelivet endnu mere, skal der nye strategier til, mod bekæmpelsen af ukrudt og skadevoldere på de dyrkede marker.

For at undgå at plante- og dyreliv i fremtiden bliver skadet, og der ikke er nogen risiko for forurening af grundvandet, og mennesker og dyrs sundhed, skal der ændres på fremtidens ukrudtsbekæmpelse. Dette kan blandt andet gøres ved anvendelse af GPS-styrede sprøjter, injektionssprøjter, ukrudtskort og selektiv sprøjtning.[15]

Pesticider gennem tiden

Allerede i det gamle Grækenland blev ukrudtsmidler brugt til bevarelse af høsten. Dog var det først i 1930 at der blev lavet regler om det samme i Danmark. I 1931 kom den første lov om kemikalier – giftloven. som satte rammerne for hvem der måtte forhandle bekæmpelsesmidlerne. I 1939 blev den første liste udarbejdet med hvilke midler der måtte benyttes i Danmark. Denne liste indeholdt 54 forskellige insekt- og svampemidler. Det var først i 1954 at de første ukrudtsgifte blev godkendt.

Indtil 1945 var det kun simple kemiske forbindelser der blev anvendt i landbruget i Danmark, i og med landmændene stadig på dette tidspunkt benyttede sig af hestetrukkene redskaber. Pesticidindustrien var i vækst i disse år, hvilket betød at der blev produceret en del stærke gifte som bl.a. indeholdt ansenik og kviksølv. Forbindelser som indeholdt kviksølv blev bl.a. anvendt til at bejdse såsæden af hvede, rug, byg og havre, helt frem til begyndelsen af 1980'erne.

Fra omkring 1954 begyndte kemikalie kontrollen at registrere bruget af pesticider. I 1950 og de efterfølgende 20 år skete der en stor forandring i landbruget. Mekanisk bearbejdning af markerne blev erstattet med kemiske midler. Det var dog allerede i 1960'erne, tegnene på følgeskadevirkninger i miljøet kunne ses. Et af de stoffer der har været meget debat om har været insekticidet DDT, som bliver ophobet i fødekæden, og havde store konsekvenser for dyrelivet, heriblandt vandrefalken, som var tæt på at uddø.

Da Kemikalieloven i 1980 trådte i kraft, blev miljøet et nyt aspekt i godkendelsen af nye pesticider, hvilket resulterede i at der blev forsket mere i midler uden uheldige sideeffekter. Dette medførte en udfasning af de mest miljøbelastende pesticider.

I 1991 kom Pesticiddirektivet som regulerer og godkender anvendelsen af de samme pesticider indenfor EU's medlemslande. EU godkendte nogle af de pesticider som var opgivet på DK's forbudsliste. Som et eksempel på et af disse kan nævnes *diaet* som er det aktive stof i herbicidet Reglone, som bruges til nedvisning af kartofler. Da det blev dokumenteret at stoffet hurtigt blev inaktivt i naturen pga. dets binding til lermineraller, samt da giftigheden overfor insekter ligeledes blev dokumenteret, åbnede Danmark igen for brugen af dette stof, dog med et afstandskrav til søer og vandløb. EU's pesticiddirektiv har ikke haft den store betydning i Danmark da vores eget regelsæt herom er strengt reguleret.

Hvis et medlemsland af EU er uenig i godkendelsen af et nyt stof, er der mulighed for at klage herom. Denne mulighed gjorde Sverige, Danmark, Østrig og Finland brug

af i 2003 hvor EU godkendte brugen af stoffet "Paraquat". Dette resulterede i 2007 i at godkendelsen blev tilbagetrukket.[16]

Kemiingeniørens rolle

I dag fylder ordet pesticider en del i landets miljøpolitik. Vi ved at vi skal passe på med at bruge for meget af det, da dette kan skade vores natur og vores ressourcer. Vi kan som eksempel se på vores eget område. I dag har vi ikke mulighed for at drikke vores grundvand i og omkring Esbjerg. Dette skyldes til dels pesticider i vandet som følge af opdyrket land. Denne problemstilling er noget der bliver arbejdet hårdt på at finde en løsning på, så vi kan begynde at bruge vores eget vand i stedet for at hente det hjem andet steds fra.

Som kemiingeniør er der rig mulighed for at forske og arbejde med dette område. Det kunne f.eks. som Henrik Tækker Madsen som er i færd med sin PHD af handling, han forsker i filtrering og nedbrydning af pesticider og pesticid rester i drikkevand. Alternativt kunne det være at arbejde ved en virksomhed som Cheminova, som producerer pesticider. Her kunne kemiingeniøren få rig mulighed for at udarbejde og forske i nye pesticider som er hurtige nedbrydelige i naturen og ikke oplagre sig på samme måde i fødekæden som nogle af de nuværende.

Etiske spørgsmål omkring pesticider

Når der arbejdes med pesticider, er det ret relevant at prøve at se de etiske aspekter i produktionen og brugen af disse:

- Er det f.eks. i orden at sprøjte markerne til med giftige stoffer som ødelægger naturen og dyrelivet omkring, men samtidig giver et højt udbytte og gør landet mere konkurrence dygtigt i forhold til andre omkring liggende lande.
- Kunne der findes alternativer til nuværende pesticider som ikke er ligeså ødelæggende men måske ligeså effektive hvis ikke mere. Hvis dette er muligt, er det så muligt at producere disse på en miljømæssig forsvarlig måde.
- Kan vi nedbryde pesticider og pesticid rester i vores drikkevand på en miljø- og sundhedsmæssig forsvarlig måde, så vi kan få rent drikkevand i og fra Esbjerg området.

GMO

Hvad er genteknologi

Genmodificering, eller mere generelt genteknologi, er den proces, hvor en organisme ændres ved at tilføre et gen med en specifik egenskab. På den opnås en optimeret organisme. En måde hvorpå en organisme optimeres/effektiviseres, kunne være at gøre den resistent over for en bestemt bakterie. En anden egenskab kunne således være evnen til at vokse i nogle ekstreme økosystemer, så som ørkener, bjerge etc.

Hvordan bruges genteknologi

Fremgangsmåden i gensplejsning er, at der først findes den ønskede egenskab, som ønskes at overføre til en anden organisme, og derefter bruges enzymer til at "klippe" det stykke DNA, der skal anvendes, ud af en organisme. Derefter bruges et andet en-

zym til at sammensætte de forskellige DNA-stykker, således der opnås én samlet DNA-streng, og så ”splejses” det ind i den organisme, det ønskes at tilføre egenskaben til. [17] Kemiingeniørens rolle i denne proces er at designe DNA’et således, at der opnås mest muligt ud af det, eller sagt på en anden måde; få det meste ud af gensplejsningen ved at bestemme hvilke enzymer der skal bruges, og hvordan processen skal foregå.

Lovgivning vedrørende GMO gennem tiden

Lovgivningen når det gælder genteknologi, gør at genmodificerede afgrøder er meget begrænsede i landbruget. I 2011 hed det sig, at der kun måtte dyrkes en sort genmodificeret majs og en sort genmodificeret kartofler (i EU,) men ingen af dem dyrkes på dansk jord. Dog har vi i Danmark, de sidste 20 år, haft genmodificerede afgrøder på forsøgsbasis til dyrkning, hovedsagligt til forskning og måske i fremtiden til landbruget.

Kemiingeniørens rolle

De kemiske og biotekniske ingeniører har haft og har stadig en stor rolle, når der ses på optimering og effektivisering af landbrugets afgrøder ved brugen af GMO.

Fundamentet for gensplejsningsteknikken blev grundlagt i 1950’erne, hvor opdagelsen af DNA-molekylet og nedskrivningen af dens genetiske koder fandt sted. Forskningsboomet indenfor gensplejsede planter (GMP) lå i slutningen af 1980’erne, dette havde til formål med at gavne og forbedre landbruget bedst mulig i form af bedre afgrøder, som kunne klare sig med en mindre mængde kunstgødning og sprøjtemidler og stadig give et større udbytte end tidligere.

Med henblik på at optimere og effektiviser landbruget bedst mulig i dag, og efterleve forbrugeres efterspørgsler, bliver teknologien indenfor GMP mere præciseret og målrettet. Især i forhold til hvad der ønskes at bevare, fjerne eller tilsætte i hver enkel afgrødesort. Dette har resulteret i produkter som ”Golden Rice” [18], som er beriget med A-vitaminer, der bliver benyttet i katastrofe ramte områder mod fejlnærings og sult. Alligevel er forskningen dalende indenfor dette område selv om, dette skyldes utilfredse aktionærer og negative forventninger hos forbrugerne til GMO i fødevarerne; hvilket har resulteret i at store koncerner har erklæret sine produkter GMO-frie.

Fremtidsplanerne indenfor brugen af GMO til optimering og effektivisering af landbruget ligger først og fremmest i at få så gode resultater at negativiteten omkring GMO baseret produkter forsvinder, men dette er afhængig af en god timing og økonomiske resurser.

I dag forskes der, i samarbejde med kemi/bioteknologi ingeniørerne, med fremtids intentioner om at teknologien indenfor GMP kan ikke blot gavne afgrøderne, men ligeledes miljøet og sågar være sundhedsfremmende ligesom hensigten med ”Golden Rice” [18]. Eksempelvis forskes der i at frigøre planters fosforindhold, hvilket resulterer i, at det kan optages af dyr og mennesker, som vil gavne dem, idet det sætter deres fordøjelse op; det vil ligeledes gavne miljøet, da det ikke længere vil ende ud i spildevandet, og derpå kan iltsvind i f.eks. søer minskes [19].

GMP-teknologien med hjælp fra ingeniørerne har næsten ingen grænser og vil kunne munde ud i at være en hel madrevolution. Fremtiden ligger op til, at det vil være muligt at kunne gro afgrøden der, hvor det førhen var umuligt og spise planter. Fremtiden ligger ligeledes også op til GMO til biobrændstof og lignede. Dog har ingeniørerne en vedvarende fakta, der skal tages højde for, og som forsat vil volde pro-

blemer ud i fremtiden, og det er naturbaseret og miljøbaseret forandringer forårsaget af klimaforandringerne.[20][21]

Etiske spørgsmål indenfor GMO

Det store etiske dilemma inden for genteknologi og genmodificering, ligger i hvorvidt det er rigtigt eller forkert at gå ind og ændre i naturen, uden at kende alle konsekvenser af dette. Og desuden om hvor meget vi som mennesker, kan tillade os, bevidst at gå ind og ændre i forskellige organismer, for at få et større udbytte, uden at kende de direkte konsekvenser på sigt.

"Genmodificering er udtryk for, at mennesket er den overlegne race, og det har mange det rigtig svært med. Det er et rent etisk spørgsmål for folk. Man har altid arbejdet med at krydse gener, men med traditionelle metoder kender man ikke præcist udfaldet. Ved gensplejsning er det fuldstændigt kontrolleret, og det gør det langt mere drastisk." (Leif Schauser, i forbindelse med interview[22])

Problematikken i genmodificering, ligger i at genmodificering på længere sigt vil kunne gavne hele verdens befolkning, både økonomisk og sundhedsmæssigt. Men først og fremmest vil den kunne gavne den 3. verden på den måde, at det vil være muligt at gensplejse nogle planter, der ville kunne vokse i udsatte områder. Således vil alle i verden kunne få mad på bordet dagligt. Men på længere sigt, ville også kunne gavne os på andre måder, såsom at hjælpe mange fødevarerallergikere. Eksempelvis[23] er en del mennesker, der lider af birkepollenallergi, også allergiske overfor æbler, fordi der i æbler og birkepollen er et stof, som har visse ligheder, og derfor også fremkalder en allergisk reaktion. Ved hjælp af genteknologi, kan det stof i æblet, som fremkalder en allergisk reaktion, nedreguleres, således at æblet ikke længere fremkalder denne reaktion.

En anden måde at se genmodificering på, kunne være at kigge på selektion der allerede foregår i naturen, hvor den stærkeste hele tiden overlever. Et godt eksempel på human selektion, kunne være danske malkekøer. De er på sin vis selektivt udvalgte, da der altid er avlet på den, der gav mest mælk, hvor de køer, der gav lidt mælk i stedet er blevet slagtekøer. På den måde har mennesket udvalgt de bedste gener, til det der skulle bruges; lidt på samme måde som genmodificering.

Problemerne med genteknologien ligger meget i etikken bag, dog udgør lovgivningen i henhold til brug af genmodificerede afgrøder i landbruget også et stort problem i dag. Førhen har problemet været at følgevirkningerne af genteknologien ikke har kendt i så høj grad. Men i dag, hvor der kendes til mange af følgesymptomerne, er det hovedsagligt markedet og lovgivningen der er problemet. Dette skyldes ofte, forbrugeren ikke er oplyst nok omkring genteknologiens basale virke, og derfor ofte ikke er for genmodificerede afgrøder i butikkerne. Genmodificering vil i fremtiden kunne møde problemer, som de førhen ikke har kunne forudse såsom: nye allergier, nye vira, resistente bakterier samt resistent ukrudt. Dog vil mange nok mene, at det er prisen værd, hvis det kunne påbegyndes at dyrke hvede i ekstreme miljøer og brødføde den 3. verden.

Tabel 1: Danskernes vurdering af hvorvidt GM-fødevarer er moralsk acceptabile, nyttige, forbundet med risiko samt om de bør fremmes. (Procentvis fordeling i 2005) [24]

N=1.031	Procentvis andel, der mener at GM-fødevarer er			
	Moralsk acceptabelt	Nyttigt for samfundet	Risikabelt for samfundet	Bør fremmes
Helt enig	14	15	23	8
Overvejende enig	27	31	39	20
Overvejende uenig	31	26	21	34
Helt uenig	21	19	8	29
Ved ikke	7	10	10	9
I alt	100	101	101	100

Forbrugeren ser ikke på nyttefaktoren som en helhed, som den videnskabelige sektor gør. De opdeler den typiske i to, dette kommer til udtryk ved at

”anvendelser, der kan bidrage til at løse væsentlige samfundsmæssige problemer såsom sult, sygdom, miljøproblemer mv., i højere grad accepteres end anvendelser, der er rettet imod at gøre hverdagen lettere for den enkelte eller øge virksomheders indtjening.” [24]

Dette skyldes mangel på tillid til myndighederne og eksperterne evner til at vurdere langsigtede sundheds- og miljømæssige konsekvenserne ved brugen af GMO i landbruget. [24]

Planters væksthormoner

Hvad er planters væksthormoner

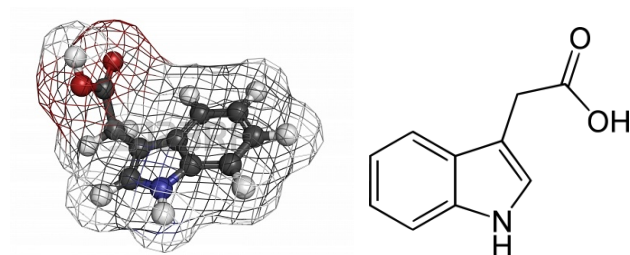
Der findes en lang række væksthormoner, som kan påvirke planter på den ene eller anden måde, rent fysiologisk; men væksthormoner er ikke altid fremmede, da deres kemiske struktur kun virker fremmede i visse stadier af plantevækst. Auxiner fungerer ved plantens vækst i begyndelsen, mens Gibberelliner bl.a. udvider plantens grene og frugter, altså et andet stadie af væksten. Ethylen anvendes primært efter at frugten forlader planten, altså et tredje stadie.

Det er derfor vigtigt at kende de bestemte væksthormoners egenskaber i forhold til mediet det anvendes på. Fytotoksicitet er et begreb som beskriver den skade som et kemikalie kan påføre planter ved forkert anvendelse. [25]

Hvor og hvorfor bruges planters væksthormoner

For at få produktionen af afgrøder til at give optimalt udbytte, er der kastet et blik på de egenskaber, væksthormoner har i planter. Auxiner er en gruppe væksthormoner som påvirker plantecellernes struktur, ved at bearbejde cellevæggene. En cellevæg vil normalt ikke kunne udvides, da den er forholdsvis rigid, da den skal kunne modstå

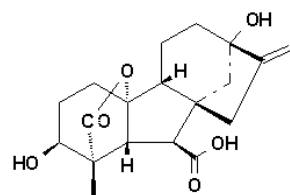
visse udefrakommende påvirkninger. Auxiner går derfor ind og påvirker cellevægens fleksibilitet, hvilket gør at den kan longeres - derved vil plantet også udvide sig. [26]Se billede 5, for molekylestruktur for IAA.



Billede 5: Her ses molekylestrukturen for IAA. [D-E]

Et eksempel fra 2011 kommer fra Kina, hvor fødevarepriserne resulterede i at nogle landmænd forsøgte sig med at gro vandmeloner. Her anvendte man et kemikalie på et forkert tidspunkt, hvilket resulterede i at vandmeloner rent faktisk eksploderede. Dermed forstået at de voksede sig så store at trykket inde i melonen, forårsagede at selve skallen sprang. [27]

Andre vigtige væksthormoner, som fx Gibberelliner stimulerer elongation, anvendes ofte til selve plantens frugt, for at maximere frugtens størrelse. Dette væksthormon er modsat Auxin, som var isoleret fra planter, isoleret ud fra en Gibberella, en svampeinfektion. [26] Molekylestrukturen for Gibberellin, er vidst herunder:



Billede 6: Her er Gibberellinernes fundamentale strukturform illustreret, dog kan denne variere da nogle sidegrupperne kan være forskellige. [F]

Ethylen anvendes ved modning af frugt. Dette hormon har også været i anvendelse i mange år, men især i nyere tid, i forbindelse med transport af frugten, har det spillet en væsentlig rolle. Da ethylen som sagt modner frugten, vil producenter plukke frugt umoden, da den herved ikke er så modtagelig for bl.a. skade i form af slag, hvilket vil efterlade brune mærker på modne frugter. Derfor anvendes Ethylen efter plukning og transport fra producenten til at modne frugten. [25]Molekylestrukturen for Ethylen er forholdsvis simpel: $\text{CH}_2=\text{CH}_2$

Planters væksthormoner gennem tiden

Helt tilbage fra bl.a. Charles Darwin (naturforsker: 1809-1882), er der set en stigende interesse for planters væksthormoner, derfor blev det første spadestik også taget i 1880, med et simpelt forsøg med en bestemt type græs og dens vækst, hvor han klippede toppen af stråene.[28]Herefter skete der en hurtig udvikling, med opdagelsen af det første væksthormon et Auxin kaldet "Indole-3-acetic acid" (IAA). Dette, ligesom alle andre Auxiner, påvirker planters cellestruktur og hjælper bl.a. med at udvide cellerne. Herefter opdagedes flere og flere hormoner, men der skulle gå mere end 50 år før det Auxin, vi kender i dag, blev opdaget. Dette kan defineres som det første dokumenterede væksthormon for planter, nemlig IAA. [28]

Kemiingeniørens rolle

Kemiingeniøren vil i nutiden og i fremtiden skulle kigge tilbage på de uhensigtsmæssige følgeskader, som miljøet har fået tilført. Miljøet er altid en faktor når disse kemikalier anvendes i naturen, og nedbrydningen af disse stoffer skal derfor effektiviseres eller simplificeres, så det ikke vil påvirke miljøet. Derudover er det også værd at se på de egenskaber der skaber vækst i områder verden over, som før har haft svært ved at opretholde landbrug. Her hentydes selvfølgelig til den egenskab at kunne få planter til at vokse på områder, som førhen ikke var fordelagtige til plantevækst.

I forhold til planters væksthormoner spiller kemiingeniøren en stor rolle i forhold til fortiden, nutiden og fremtiden. Førnævnte eksempler er givet, på eksperimentelle forsøg, hvor kemiforskere har gjort et stort fremskridt inden for væksthormon.

Isolering af IAA, skete gennem en årrække med forskellige bioteknologiske laboratorieforsøg, hvor efterfølgende forsøg har isoleret lignende Auxiner, fra bl.a. menneskeligt urin. Dette er dog ikke nødvendigvis den eneste måde der kan fremskaffes Auxiner. Sidenhen har det nemlig været muligt at syntetisere Auxinet Naftalene Asetic Acid (NAA). Det er nemlig ofte ikke nok at kunne finde frem til det bestemte stof via en kompliceret isolationsteknik. Syntese af væksthormoner gør det lettere at fremskaffe, også i større mængder. Dette er nemlig også hovedemne 7 i opgaveoplægget "Large Scale Production Engineering", for det produkt, der isoleres, skal også kunne komme ud og påvirke plantens vækst, hvilket bl.a. sker gennem en kemisk syntetisering af et stof.

I fremtiden vil det også være kemiingeniører og forskere som skal kigge på de nedbrydelige egenskaber for de bestemte væksthormoner, da belastning og aflastning af miljøet er blevet et væsentligt større problem, end hvad det var før i tiden.

Etiske spørgsmål omkring planters væksthormoner

Hermed belyses også en anden side af væksthormoners anvendelse. Man har isoleret Auxiner fra planterne og derfor er det et naturligt forekommende væksthormon for planter, men er det korrekt at anvende disse i større mængder end den naturlige forekomst i planter? Dette og mange lignende spørgsmål er igennem tiden blevet stillet og belyst fra flere forskellige vinkler. Rent etisk, så skabes der en problemstilling ved anvendelse af væksthormoner, som den enkelte selv skal tage stilling til.

Selve ideen at optimere og effektivisere landbruget er en nødvendighed for at kunne følge med samfundets udvikling. Men hvilke grænser har man ret til at krydse? For at tage et fornævnt eksempel, så er brugen af Ethylen et diskutabelt emne. Forbrugeren vil helst blive i troen om at den appelsin der spises, har sin sødme og saft fra solens varme. Virkeligheden er tydeligvist en anden, da dette faktisk kommer fra en kemisk proces, hvor Ethylenen starter en reaktion, som blødgøre frugten og aktiverer omdannelsen af ophobet stivelse og olier til sukkerarter. Men forbrugeren ønsker heller ikke, at når vores frugt er nået til danske supermarkeder, har brune pletter fra transporten.

Andre fokuspunkter for anvendelse af væksthormoner kan defineres som værende af en mere samfundsrelateret art. For disse kan nemlig føre til vækst på områder som før var umuligt at befrugte. Det har vist sig at væksthormoner nemlig har en påvirkning af planters vækst i mindre næringsrige jordområder. På trods af at det endnu ikke har været muligt at præcisere fuldstændigt, hvordan væksthormoner hjælper næringsfattige planters vækst, så har det eksperimentelt vist sig at positivt fremme væksten for planten i sådanne medier. [29]

Hvorfor skulle dette ikke komme andre til gode. Vi kan side trygt i vores sofa i Danmark og vælge hvorvidt vi vil have økologiske fødevarer, sprøjtede fødevarer om vi vil være veganere, vegetere eller kødædere. Luksusproblemer hvis der ses på andre dele af verdens befolkning. Derfor vil det måske rent etisk være korrekt at forske i mere effektive væksthormoner, af humanitære årsager, i stedet for tanken om profit er altafgørende.

Diskussion

Kemiingeniøren bidrager som bindeled mellem laboratoriet og virkeligheden – og dermed formidler de også forskning til hverdagsbrug. De bidrager med forskning, både indenfor pesticider og gødning, men også mht. genmodificerede organismer og planters væksthormoner. Der forskes indenfor førnævnte områder med henblik på optimering og effektivisering af fødevarerproduktion i landbruget, således at vi i fremtiden kan brødføde verdens stadig stigende befolkning.

Lige nu er kemiingeniøren vigtig for at mindske nuværende og kommende skader på miljøet. Dette kan en biolog ikke gøre alene, da kemiingeniøren har den etiske viden, der kan hjælpe med at løse problemet. De etiske spørgsmål, der kan opstå i forbindelse med udredning af miljøskader og produktion af optimeret gødning, kan være hvor meget skade, der må gøres på flora og fauna for at udbedre skaderne. Et andet spørgsmål kunne være, hvorledes der opnås et bæredygtigt landbrug ved brug af enten naturlig gødning eller kunstgødning. En vigtig diskussion indenfor gødning og , kunne være, om de skader, der er påført miljøet, kan måle sig med den opnåede afgrødeproduktion – og i henhold til dette, hvorvidt en kemiingeniør kan optimere gødningen, så samme problemer ikke opstår i fremtiden, samt minimere de skader, der er allerede er forvoldt. Ses der på forurening, kan gødningen især måles på spildevand, grundvand og overfladevand. Dette giver problemer for bl.a. dyrelivet og andre økosystemer, der lever i områderne. For mennesket har det også en økonomisk omkostning, da der skal bruges ekstra midler for at rense det forurenede vand. Gødningen har dog også gjort det muligt, at holde trit med en stigende efterspørgsel på fødevarer. Økonomisk har det gjort fødevarer lettere tilgængeligt, da produktionerne kan opskaleres. Samtidigt har den optimerede produktion gjort fødevarerne billigere for forbrugeren, og dermed har gødning været med til at brødføde den voksende population. Det samme gælder for pesticider.

For både genmodificerede planter og planter behandlet med væksthormoner, er spørgsmålet ”Er det okay at lege Gud?” i fokus. Her er der mange interessepartier; i Danmark er etisk råd en nøglespiller i den etiske debat. Etisk Råd er på området ambivalente, men er dog enige om, at hvis GMO skal lovliggøres, skal det foregå ved en godkendelsesprocedure[30]. Andre interessepartier er direkte imod, heriblandt Enhedslisten, der går ind for et forbud mod GMO i Danmark[31]. Undersøges der på den anden side af spektret, kan genmodificerede planter ses som en fremskyndet evolution. Her skal det dog tages i mente, det er menneskeskabt og selektivt. Problemstillingerne omkring væksthormoner ligger hovedsageligt hos forbrugerne – vil man som forbruger tillade at gøre noget naturligt unaturligt? Ses der på økonomien ved genmodificerede organismer, er der selvfølgelig nogle udgifter til fremstillingen af planterne, men når en plante f.eks. er genetisk modificeret til at kunne gro under meget tørre forhold, er der penge at spare på transport af fødevarerne. For væksthormoner er der

klare økonomiske fordele, da produktionstiden er kortere – der kan altså produceres mere på kortere tid.

Studerende på Aalborg Universitet, Esbjerg, bliver udstyret med kompetencer til at løse problemstillingerne nævnt i projektet. Ses der på studieordningen for kemi og bioteknologi, er der på femte semester et kursus i miljøkemiske oprensningsprocesser, og på fjerde semester et kursus i levnedsmiddelkvalitet.

Hvis projektet havde været over længere tid, ville der undersøges yderligere indenfor metoder og processer. Et fokus kunne være spildevand, da der på matriklen er mulighed for at undersøgelser og indsamle eksperimentel viden på området. Der kunne også hives fat i allerede igangværende forskning på de forskellige områder, eller endda udføre forskning/gengive forskning.

Konklusion

Vi lever i en verden hvor der hver dag sker en udvidelse af befolkningstallet og heraf en stadig voksende efterspørgsel på fødevarer. Denne efterspørgsel kræver en optimering og effektivisering af verdens fødevarerproduktion. I forbindelse med landbruget er der her nogle parametre der kan ændres på. Disse parametre kunne være pesticidudvikling, gødningsproduktion, væksthormoner og genmodificering. I alle disse grupper spiller kemiingeniøren en væsentlig rolle, og har gjort det i tidens løb. Lige fra de første kemisk fremstillede pesticider og kunstgødninger til de nyere GMO'er og væksthormoner.

Kemiingeniøren har været med fra starten af, og er mere vigtig nu end nogensinde. Dette gør sig gældende ved de mange miljøproblemer der er forbundet med brugen af sprøjtegifte og kunstgødning. Et led i kemiingeniørens opgaver kunne være at stå for oprensningen af drikkevand og nedbrydningen af pesticidrester heri. I fremtiden vil der bliver større brug for kemiingeniøren da vi i mange tilfælde først ser de miljømæssige konsekvenser efter en given årrække ved brugen af pesticider og kunstgødning.

For at kunne mætte flest mulige munde i fremtiden, kunne en effektiv løsning på fødevaremangel i ulande, være at udvikle nye GMO'er og væksthormoner. Allerede nu bliver der brugt genmodificerede ris som har et højt indhold af A-vitaminer, til nødhjælpsarbejde verden rundt. I fremtiden kan kemiingeniøren være med til at udvikle nye plantearter som er mere modstandsdygtige og kan dyrkes i klimaer og områder som på nuværende tidspunkt ikke kan opdyrkes.

En af de store problemstillinger i denne forbindelse er de mange etiske og moralske aspekter. Det er her vigtigt for kemiingeniøren at have indblik og forståelse for de forskellige interesseparter som spiller ind på dette område.

Som beskrevet ovenfor vil der i fremtiden blive stor efterspørgsel på kemiingeniører i forbindelse med optimering og effektivisering af landbruget og fødevarerproduktionen. Samtidigt vil vi se et stigende behov for kemiingeniører med kompetencer indenfor begrænsning og bortskaffelse af skadevirkninger på miljøet.

Litteraturliste

- [1] <http://ing.dk/galleri/pudsige-citater-fra-120-aars-ingenioertidsskrifter-135137#0>
(besøgt 12/9 2013)
- [2] http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/geography/population/population_change_structure_rev1.shtml (besøgt 12/9 2013)
- [3] <http://www.fao.org/docrep/016/i3027e/i3027e02.pdf> (besøgt 16/9 2013)
- [4] http://www.denstoredanske.dk/Natur_og_milj%C3%B8/Landbrug_og_havebrug/G%C3%B8dskning_og_kalkning/g%C3%B8dning?highlight=g%C3%B8dning (besøgt 17/9 2013)
- [5] http://www.denstoredanske.dk/It,_teknik_og_naturvidenskab/Kemi/G%C3%B8dningsfabrikation/NPK-g%C3%B8dning?highlight=NPK-g%C3%B8dning (besøgt 17/9 2013)
- [6] http://www.denstoredanske.dk/Natur_og_milj%C3%B8/Økologi/kvælstofkredsløb?highlight=kvælstofkredsløb (besøgt 17/9 2013)
- [7] http://www.sst.dk/Sundhed%20og%20forebyggelse/Milj%C3%B8%20og%20helbred/Vand/Drikkevand/Nitrat_i_drikkevand.aspx (besøgt 17/9 2013)
- [8] http://www.denstoredanske.dk/It,_teknik_og_naturvidenskab/Kemi/G%C3%B8dningsfabrikation/Haber-Bosch-metoden?highlight=Harber-Bosch-metoden (besøgt 17/9 2013)
- [9] http://www.denstoredanske.dk/It%2c_teknik_og_naturvidenskab/Kemi/Petrokemi_Jordolie%2c_benzin_og_asfalt/bek%C3%A6mpelsesmidler (besøgt 18/9 2013)
- [10] http://www.denstoredanske.dk/Natur_og_milj%C3%B8/Botanik/Plantefysiologi/glyfosat
(besøgt 18/9 2013)
- [11] <http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/factsheets/0178fact.pdf> (besøgt 18/9 2013)
- [12] <http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/6A3BE1A9-1E32-465B-8A03-AD5CDA17111D/0/Faktaompesticiderigrundvand.doc> (besøgt 18/9 2013)
- [13] http://www.denstoredanske.dk/Natur_og_milj%C3%B8/Milj%C3%B8_og_forurening/Vandmilj%C3%B8_spildevand_og_olief%C3%B8rurening/DDT (besøgt 18/9 2013)
- [14] <http://www.biosite.dk/leksikon/cycloheximid.htm> (besøgt 18/9 2013)
- [15] http://www.ecocouncil.dk/index.php?option=com_content&view=article&id=1568&Itemid=23 (besøgt 18/9 2013)
- [16] <http://www2.dmu.dk/pub/mb15.pdf> (besøgt 18/9 2013)
- [17] <http://www.biotechcenter.dk/?redir=/main.asp?menuid=21> (besøgt 18/9-2013)
- [18] <http://www.leksikon.org/art.php?n=982> (besøgt 11/9 2013)
- [19] GMO – er ingen revolution – men den del af løsningen
Af Mette Buck Jensen, Torben R. Simonsen: 11. okt. 2009 Ingeniøren
<http://ing.dk/artikel/gmo-er-ingen-revolution-men-en-del-af-losningen-103101> (besøgt 11/9-2013)
- [20] Mutation gør korn sundere og bedre for miljøet
Af Mette Buck Jensen: 13. Jun 2009 Ingeniøren
<http://apps.infomedia.dk/Ms3E/ShowArticle.aspx?outputFormat=Full&Duid=e18de119> (besøgt 11/9 2013)
- [21] Genteknologi fjerner giften fra farlige planter
Af: Anne Sliper Midling, Norges Teknisk-Naturvitenskapelig Universitet:
25. november 2010

<http://videnskab.dk/krop-sundhed/genteknologi-fjerner-giften-fra-farlige-planter> (*besøgt 11/9 2013*)

[22] <http://www.etik.dk/artikel/405384:Genmodificerede-foedevarer--Danskerne-stejler-over-manipulation-af-naturen> (*besøgt 18/9 2013*)

[23] en artikel af Britta N. Krath, *Afdeling for Toksikologi og Risikovurdering, Danmarks Fødevareforskning* Dansk Kemi, 87, nr.11, 2006

[24] <http://www.netpublikationer.dk/FVM/978-87-7083-562-6/helepubl.htm> (*besøgt 17/9 2013*)

[25] Hota, Dharamvir; "Synthetic Plant Growth Regulators" Side 18-45 og 250-278 ISBN-10: 8189729225

[26] http://www.biology-online.org/11/10_growth_and_plant_hormones.htm (*besøgt 11/9 2013*)

[27] <http://politiken.dk/udland/ECE1284854/kinesiske-vandmeloner-opfoerer-sig-som-landminer/> (*besøgt 11/9 2013*)

[28] <http://www.plant-hormones.info/auxins.htm> (*besøgt 10/9 2013*)

[29] Plant hormones and nutrient signaling af Vicente Rubio, Regla Bustos, María Luisa Irigoyen, Ximena Cardona-López, Mónica Rojas-Triana, Javier Paz-Ares: Received: 14 May 2008 / Accepted: 14 July 2008 / Published online: 9 August 2008 Ó Springer Science+Business Media B.V. 2008

[30] <http://etiskraad.dk/da-DK/Anbefalinger/Naturen/GMO.aspx> (*besøgt 18/9 2013*)

[31] <http://gmo.enhedslisten.dk/gmo-skal-ud-af-landbrug-og-fodevarer> (*besøgt 18/9 2013*)

Billeder:

[A] <http://www.biosite.dk/leksikon/glyphosat.htm> (*besøgt 18/9-2013*)

[B] <http://www.biosite.dk/leksikon/ddt.htm> (*besøgt 18/9-2013*)

[C] <http://www.biosite.dk/leksikon/cycloheximid.htm> (*besøgt 18/9-2013*)

[D] http://www.123rf.com/photo_18805956_auxin-indole-3-acetic-acid-iaa-plant-growth-hormone-molecular-model-atoms-are-represented-as-spheres.html (*besøgt 18/9-2013*)

[E] <http://geoweeks.blogspot.dk/2011/05/auxin.html> (*besøgt 18/9-2013*)

[F] <http://www.plant-hormones.info/gibberellins.htm> (*besøgt 18/9-2013*)