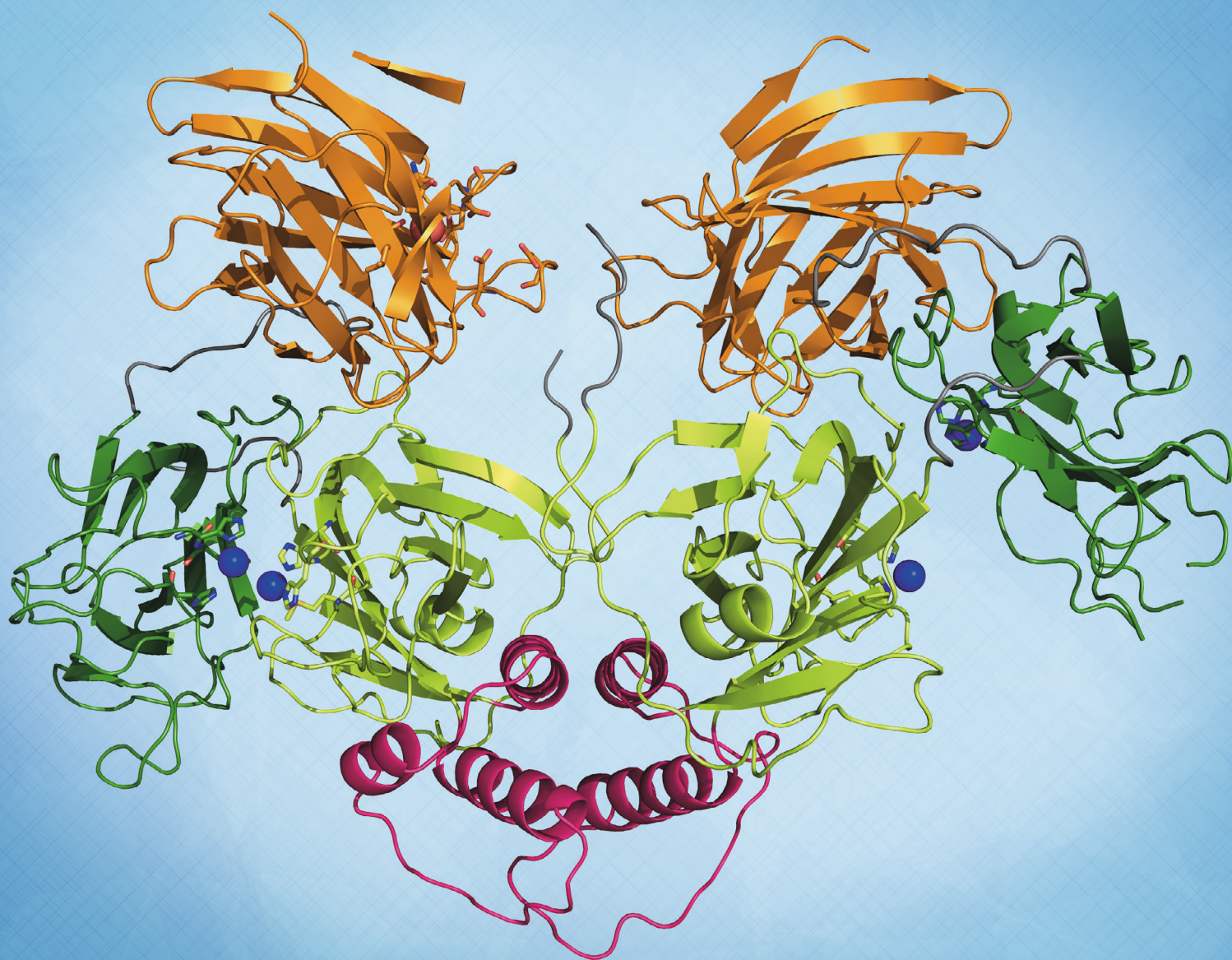


dansk kemi

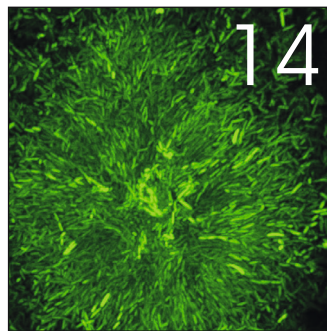
Nummer 6/7 - Juni 2016 / 97. årgang



Vigtig struktur afdækket

Bakteriel teambuilding – bakterier i biofilm

Bæredygtig minedrift



INDHOLD

1 Forside:

For ti år siden besluttede et forskerhold på DTU, at de ville finde strukturen af det enzym, der styrer omdannelsen af kroppens to vigtigste signalstoffer – dopamin og noradrenalin. Ti års hårdt arbejde gav resultat, og strukturen viser, at ikke meget ser ud, som man forestillede sig. Læs mere om strukturen på side 16.

8 Øget faglighed skal styrke interessen

Laborantuddannelsen på Professionshøjskolen Metropol er i forvandling. Uddannelsen har med held i flere år arbejdet sammen med højere læreanstalter, og nu er turen også kommet til erhvervslivet og til Metropols egne forskningsprojekter.

10 Søgte større faglige udfordringer

Professionshøjskolen Metropol giver mulighed for ekstra udfordringer på laborantuddannelsen. Dels ved at komme på et talentspor, dels ved efterfølgende at læse videre og blive professionsbachelor.

12 Ingeniør og dr.med. med fokus på biofilm

Thomas Bjørnsholt er noget så usædvanligt som ingeniør og dr.med. Det har givet ham den perfekte baggrund til at arbejde med bakterier og kroniske infektioner, herunder specielt biofilm.

14 Bakteriel teambuilding – bakterier i biofilm

Bakterier lever oftest i klumper af bakterier og slim, kaldet biofilm. Bakterielle biofilm kan forårsage kroniske infektioner, da bakterier i biofilm i modsætning til fritlevende bakterier kan modstå både immunforsvaret og antibiotikabehandling.

16 Vigtig struktur afdækket

For ti år siden besluttede et forskerhold på DTU, at de ville finde strukturen af det enzym, der styrer omdannelsen af kroppens to vigtigste signalstoffer – dopamin og noradrenalin.

19 Why does asparagus make your wee smell?

And 57 other curious food and drink questions. Læs Carl Th. Pedersens anmeldelse af bogen her.

20 Mursten fra affaldsmateriale

Mineralforekomsten ved Kringlerne i Sydgrønland er et eksempel på, at bæredygtig minedrift er blevet væsentligt mere realistisk. Nye resultater viser, at mursten kan fremstilles ved anvendelse af affaldsfraktionen fra minen.

24 Ny metode til måling af polyfosfat i spildevandsslam

ReCoverP-projektet har nu været i gang i et år, og her præsenteres de første resultater af samarbejdet, hvor det netop er lykkedes at udvikle en metode, der specifikt kan identificere og kvantificere polyfosfater i spildevandsslam.

27 Køkkenkemisten

Foråret og sommeren er til urteindsamling.

TechMedia

Naverland 35
2600 Glostrup
Telefon 43 24 26 28
Fax 43 24 26 26
info@techmedia.dk
www.techmedia.dk

Redaktion:
Katrine Meyn (ansvarshavende)
km@techmedia.dk
Lektor Søren Kiil
sk@kt.dtu.dk
Ph.d. Kristian B. Krogh
kbk@novozymes.com
Professor Henrik Skov
hsk@envs.au.dk
Maria Bech Poulsen
mabp@envs.au.dk

ISSN 0011-6335 (tryk)
ISSN 1902-360x (online)

Ledelse:

Adm. direktør Peter Christensen
Direktør Rikke Marott Schelde
Direktør Susanne Eine

Redaktionskomité:

Professor Anne S. Meyer (formand)
Professor, dr. scient. Mikael Bols
Professor Morten J. Bjerrum
(Kemisk Forening)
Fagkonsulent i kemi Keld Nielsen
Lektor, dr. phil. Carl Th. Pedersen
Underdirektør
Lars-Erik Kruse Pedersen
Lektor, ph.d. Peter Szabo
(Kemiingeniørgruppen)
Professor, forskningschef Lars Wiebe
Lektor, civilingeniør, ph.d. Merete
Norsker Bergsøe
Vibeke Richter Foërsom
(Næstformand, Kemilærerforeningen)
Konsulent Nikolai Stubkjær Nilsen
Procesindustrien
Seniorforsker, PhD.
Peter Have Rasmussen

Redaktionssekretær/ Leverandørregister:

Heidi Thode
ht@techmedia.dk

Annoncer:

Annie Overgaard, tlf. 43 24 26 93
ao@techmedia.dk

Annonceproduktion:

Anni Jensen, tlf. 43 24 26 96
aj@techmedia.dk

Hjemmeside:

www.kemifokus.dk

Abonnement:

Kasper Mundt-Nielsen, tlf. 43 24 26 91
e-mail: kn@techmedia.dk
Ring vedr. abonnement eller bestil direkte
på www.techmedia.dk



Scan og hent Dansk Kemi's
medietinformation 2016 her!

Hent QR Scanner,
hvor du normalt henter apps.

Layout:

Morten Malmgren

Tryk:

PE offset A/S

Trykt på miljøvenligt
papir med vegetabilsk
miljøfarver.

Oplag: 5.245
Ekspl. heraf 4.803
i betalt abonnement.
Online læsere: 3.296

Citater fra artikler i Dansk Kemi skal ske med tydelig
kildeangivelse. Enhver form for gengivelse af artikler,
herunder illustrationer, forudsætter udgiverens
skriftlige tilladelse.
Redaktionen kan ikke påtage sig ansvaret for mate-
riale, der indsendes uopfordret.

UK: Huson European Media -
Tel.: (+44) 1932-564999
USA, New York: Huson International Media
Tel.: +1 212 268 3344
USA, California: Huson International Media
Tel.: +1 408 879 6666
Germany: Huson International Media
Tel.: (+49) 89-9500-2778

Breaking News!

A new laser based sensor. BM300C, from SHARP in Japan can detect airborne microbial presence within 10 minutes !!

Prevention of fungi and bacteria contamination.

The BM300C can be placed in an environment/cleanroom where there is a demand for strict cleanliness. It can work intermittent or continuous. The fact that it provides the result within 10 minutes will ensure that corrective action can take place in good time should the room be infected over the limit. With this rapid monitoring vast economical savings can be achieved.

We are proud to present this unique device to the Scandinavian industry. We see the main needs in:

- ▶ Pharmaceutical production suites, and laboratory areas
- ▶ Hospital: surgeries, examination and waiting rooms
- ▶ Bio technology
- ▶ Health authorities, retirement homes
- ▶ Food and cosmetic industries
- ▶ High level production of electronics

High Speed Measurement

BM-300C detects microbial biomass that includes such as fungi, bacteria, nonculturable living microbe and killed microbe in about 10 minutes.

Skill is not required

BM-300C automatically outputs measurement result with stable precision. No need of having detailed knowledge and skill of microbe measurement.

Light weight and compact

BM-300C is a small device for easy portability. Environment monitoring of various places is possible.



BM-300C

The SHARP Microbe Sensor is in Europe marketed in cooperation with Nara Machinery Co. Ltd.

For further information and sales in Scandinavia please contact:

DONSMARK PROCESS TECHNOLOGY A/S

Kronprinsessegade 34
1306 Copenhagen K
Denmark

Phone +45 70 25 48 88
sales@donsmark.com
www.donsmark.com





” Som kemikere har vi alle muligheder for innovation, og det skal vi benytte os af

Innovativ kemi

Der findes næppe nogen naturvidenskab, der har haft større betydning for det moderne samfund end kemien. Kemisk innovation har haft en enorm indflydelse – bare tænk på plastik, antibiotika eller fotoætsningsteknikkerne, der anvendes til fremstilling af mikroprocessorer. Derfor undrer det mig, hvor ofte jeg skal forklare, hvad en uddannelse i kemi skal bruges til – selv studerende, der har gået flere år på universitetet, kan være usikre på, hvor i alverden de skal få job, når de er blevet færdige. Det er ikke mit indtryk, at man på for eksempel psykologi- eller molekylær biomedicin-studiet har den samme tvivlrådighed overfor meningen med det hele. For at fjerne noget af den usikkerhed havde vi sidste år et meget velbesøgt erhvervsvejledningsarrangement, vi kaldte ”Hvad laver en kemiker”. Tre organiske kemikere fra industrien forklarede på fremragende og letforståelig vis om deres arbejde. Umiddelbart efter foredragene var der, meget symptomatisk, en pige der prikkede mig på skulderen og sagde: Hvad laver så en fysisk kemiker?

Jeg tænker, den megen usikkerhed skyldes, at kemi er et meget bredt fag og at jobopslag og stillingsbeskrivelser derfor er meget smallere og mere specialiserede. Jeg håber, vi i fremtiden bliver bedre til ikke blot at forklare de studerende, hvad de kan bruge faget til, men i endnu højere grad, at vi lærer dem selv at finde ud af det! For det er jo der, kemiens store potentiale ligger. Her er vi hjulpet af den megen fokus på innovation på universiteterne. Bare på kemisk institut er antallet af årlige opfindelser steget voldsomt, og hvert år starter nye spin out virksomheder baseret på opfindelserne. Et af de mest succesrige eksempler er Infuser baseret på Professor Matthew Johnson luftrensningssystemer, som blandt andet kan fjerne organiske forureninger ved reaktion med ozon og UV-lys. Infuser har allerede mange kemistuderende ansat. Et andet eksempel er det helt nye KU dyes, som laver fluorescerende farvestoffer. Opfinderne og deres virksomheder er fantastiske rollemodeller, der viser, hvad og hvordan kemi kan bruges til ikke bare at give dig et job, men også løse samfundsproblemer.

En anden fantastisk rollemodel er Dr. Steen Uldall Hansen – medstifter af Hepoligo solutions, som udvikler nye syntetiske hepariner. Steen holdt et meget spændende foredrag på Kemisk Institut fornylig: Efter en post.doc. i heparinsyntese i England er han nu vendt tilbage til Danmark med sin viden og har startet Hepoligo i Aabenraa med den spændende vision at få heparinområdet til at gennemgå den samme rivende udvikling, som man har set på insulinområdet. Det geografiske element er ikke mindst spændende, eftersom startups ikke nødvendigvis behøver at slå sig ned i København eller Århus og derfor har potentialet til at skaffe arbejdspladser andre steder.

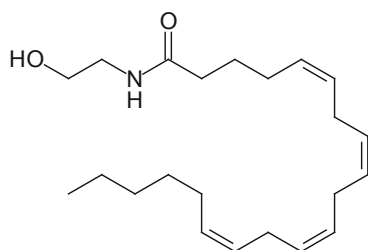
Innovationen er ikke bare vigtig, den er også sjov og tilfredsstillende. Det er helt tydeligt, når man snakker med opfindere og entreprenører. Derfor har vi kunnet forøge antallet af opfindelser på Kemisk Institut simpelthen ved at dele viden - begejstringen smitter. Som kemikere har vi alle muligheder for innovation, og det skal vi benytte os af.

Mikael Bols, bols@chem.ku.dk

Nyt om ...

... Motionister bliver "høje"

Nogle motionister føler sig, efter at have motioneret, "høje" med en følelse af eufori og ro i sindet og en højere smertetærskel. Det er hidtil blevet beskrevet som en virkning af endorfiner, morfinlignende stoffers virkning på hjernen. Tyske forskere har imidlertid nu vist, at hjernens endocannabinoid system,



ANANDAMID

det er det, der bl.a. påvirkes af hashens tetrahydrocannabinol (THC) sandsynligvis er involveret i denne følelse af at blive høj. De konstaterede, at koncentrationen af stoffet anandamid, der er et endocannabinoid, var stærkt forøget i motionisters blod efter motionen. Ved forsøg med mus fandt man, at de også



viste mindre angst og smertefølelse efter motion. Den samme virkning opnåede man ved at give musene anandamid. Hvis man indgav musene antagonist mod anandamid samtidig med motionen, skete der ikke nogen formindskelse af angst og smertefølelse.

Carl Th.

A runner's high depends on cannabinoid receptors in mice, *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of the United States of America*, Vol. 112, no. 42 side 13105, DOI: 10.1073/pnas.1514996112.

CPH LabMed

Skandinavisk fagmesse for laboratorieteknik



- Nordic Mass Spectrometry Conference
- DEKS Brugermøde
- LSB 10. kongres
- Laboratorieudstyr
- Diagnostik
- Bioteknologi
- Forskning
- Kvalitetskontrol
- Over 120 udstillere

Lokomotivværkstedet

27. - 29. september 2016

cphlabmed.dk

Konference med fokus på kemikalielovgivningen

Med særligt fokus på Kemikalielovgivningens problembarn – eksponeringsscenarierne.



Den 27. april 2016 afholdt Chymeia ApS en stor konference med fokus på kemikalielovgivningen. Her satte deltagerne fokus på den praktiske implementering af eksponeringsscenarier (de udvidede sikkerhedsdatablade, der indeholder meget detaljerede oplysninger om sikker brug).

Det blev hurtigt klart under afviklingen af konferencen, at eksponeringsscenarierne er et godt eksempel på, hvad der kan ske, når kompleks lovgivning rammer virkeligheden.

Repræsentanter fra brancheforeningerne SPT, DFL og Kemi & Life Science fremlagde deres erfaringer med medlemmernes implementering - og selv om nogle er kommet langt – så er de fleste stadig i den spæde start med at implementere eksponeringsscenarierne.

En af de praktiske udfordringer, der ofte opstår, er, at eksponeringsscenarierne trods deres betydelige omfang, ofte ikke indeholder oplysninger, der er præcise nok til at arbejde videre med. Når virksomheden går i gang med opgaven, kommer de derfor hurtigt til et punkt, hvor de har brug for supplerende oplysninger fra leverandørerne. Men store udenlandske

leverandører svarer ikke nødvendigvis på sådanne detaljerede forespørgsler fra mindre danske virksomheder, og så ender man i en blindgyde.

Som brancheforeningerne berettede, så er det en problemstilling, man også kender på europæisk plan, hvor der arbejdes med forskellige løsningsmodeller. Den mest interessante er en række nye standardskabeloner, som både leverandører og virksomheder kan bruge som referencepunkter for deres dialog. De nye initiativer har fået ”mundrette” navne som SWED, SCED og SUMI.

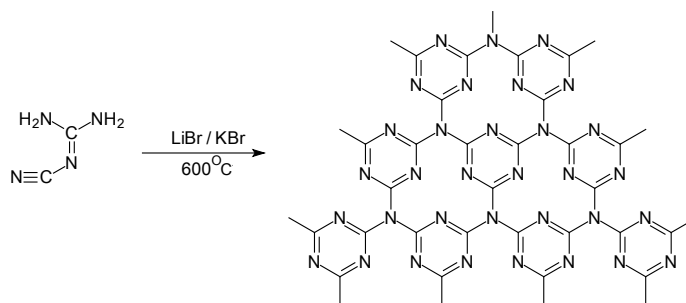
Bedre tider synes at være på vej for eksponeringsscenarierne, men det er tydeligt, at kemikalievirksomhederne kommer til at slås med indkørvanskeligheder i nogle år fremover, før eksponeringsscenarierne falder rigtigt på plads i den praktiske implementering.

Chymeia ApS er en dansk virksomhed, der er 100% specialiseret i kemikalielovgivningen. Konferencen var åben, og deltagere fra hele landet var inviteret gennem brancheforeningerne. Konferencen blev afholdt på Hotel Prindsen i Roskilde.

Nyt om ...

... Triazin-graphen

Graphen, et ét-atomigt carbonlag der består udelukkende af carbonatomer med sp^2 -bindinger i et regulært heksagonalt gitter og frit bevægelige π -elektroner, har tiltrukket sig megen opmærksomhed i de senere år på grund af sine specielle egenskaber. F.eks. er det 200 gange stærkere end stål. Der er gjort forsøg på at fremstille analoge materialer, der er baseret på andre ringsystemer. Der er nu fremstillet et system baseret på 1,3,5-triazin. Opvarmer man cyanoguanidin (dicyandiamid) til 600°C sammen med en blanding af lithium- og kaliumbromid i en lukket



ampul, får man et todimensionalt materiale, der minder om graphen; stoffet er en halvleder.

Carl Th.

Variationen zum Thema Graphen, *Chemie in unserer Zeit*, 48, 2014, side 329.
Triazine-Based Graphitic Carbon Nitride: a Two-Dimensional Semiconductor, *Angewandte Chemie International Edition*, 53, 2014, side 7450.



Nyt om Kastration af bier

Hunbilarver, der skal blive dronninger, fodres med "gelé royale", som indeholder proteinet royalactin. Larver, der skal blive arbejdere, får kun gelé royale i tre dage, hvorefter de fodres med honning og "bibrød", der er fermenteret pollen, som bierne selv har fremstillet. Man har undret sig over,

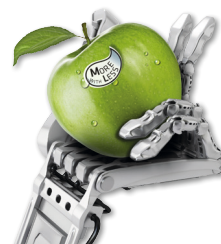
hvordan denne forskellige fodring gjorde dronninger i stand til at formere sig i modsætning til arbejderne. Forskere har nu vist, at *p*-cumarsyre, *E*-3-(2-hydroxyphenyl)prop-2-ensyre, som findes i pollen, kastrer arbejderbierne ved at hindre udvikling af ovarier, hvorimod det ikke findes i gelé royale. Ved at sætte *p*-cumarsyre til de vordende dronningers gelé royale, hindrede man også deres udvikling af ovarier.

Carl Th.

A dietary phytochemical alters caste-associated gene expression in honey bees, *Science Advances*, 1(7) 2015. DOI: 10.1126/sciadv.1500795.

FOODTECH

Processing & Packaging | 1.-3. november 2016



Nordeuropas største fagmesse for fødevareteknologi

BOOK STAND I DAG
PÅ FOODTECH.DK



Hosting EHEDG World Congress and International DAIRY and FOOD Contest



Øget faglighed skal styrke interessen

Laborantuddannelsen på Professionshøjskolen Metropol er i forvandling. Uddannelsen har med held i flere år arbejdet sammen med højere læreanstalter, og nu er turen også kommet til erhvervslivet og til Metropols egne forskningsprojekter.

Af Allan Malmberg, am@techmedia.dk

På mange måder er det let at være ung i dag. Mulighederne er næsten uendelige, og alt efter evner og interesser grænser det danske samfund til en moderne udgave af den gamle amerikanske drøm – man kan blive alt, sågar Formel 1 racerfører, astronaut eller noget mere jordnært.

De mange valg betyder også, at der er kamp om de unges gunst, for man vil ikke vælges fra. Højtflyvende drømme er gode og sjove, men for langt størstedelen af de unge, så starter det hele med valg af uddannelse. Også her står man overfor et overflødighedshorn. Selvom erfaringer viser, at en del mennesker i løbet af livet kommer til at arbejde med andre opgaver end det, som deres oprindelige uddannelse tilsiger, så virker det som et livsløbebanevalg, når en ung sætter et kryds – det vil jeg være.

På Professionshøjskolen Metropol i København uddanner man blandt meget andet også laboranter. Tidligere blev mange unge tiltrukket af den uddannelse, fordi den var kort. To år, og så var man færdig.

I dag er meget forandret. Den er blevet forlænget med et halvt år, og man har mulighed for at læse videre i forskellige retninger. Det er dog også vigtigt, at professionshøjskoler som Metropol opbygger et helt andet image omkring uddannelsen og vil fungere som bindeled, så unge med interesse for naturvidenskab kan få en vej ind.

- Idealtilstanden er et tæt samarbejde med virksomheder og forskningsinstitutioner, som ville ansætte laboranter. På den måde kan vores undervisning blive bedre, for vi kan tilrette-



Det ideelle er et tæt samarbejde mellem virksomheder og forskningsinstitutioner, mener docent Lars Holm Rasmussen.

lægge et undervisningsforløb, der ligger tæt op af den virkelighed, de kommer ud til, forklarer docent på Professionshøjskolen Metropol, Lars Holm Rasmussen.

Det gøres bl.a. ved at få de studerende med i forskning. Ikke at have forskning som endemål, men at bruge det som et redskab til at gøre undervisningen bedre. Metropol har derfor i de senere år satset stærkt på at opbygge forsknings- og udviklingsmiljøer. I disse gennemføres projekter i tæt samspil med erhvervslivet og universiteterne.

Juiceprojektet med kobling til virksomhed

Som laborantstuderende skal man gennemgå en række projekter, hvor man lærer at begå sig i et laboratorium og kende apparatur og metoder. Det kan naturligvis gøres i rene skoleprojekter, hvor man følger lærebøgerne. På Metropol gør man det anderledes. Her har man det seneste 1½ år arbejdet sammen med en juicefabrikant, der producerer økologisk koldpresset juice. Virksomheden vil gerne gøre deres produkt mere evidensbaseret, så de får den optimale juice i forhold til smag og holdbarhed, og derfor indgik virksomhed og professionshøjskolen et projektsamarbejde.

- Vi vil gerne have projekter, der udspringer af virkeligheden. I et klassisk skoleprojekt omkring juice ville man indkøbe noget juice i et supermarked og derefter foretage f.eks. vitaminanalyse. I vores projekt bliver de studerende pludselig en del af en virksomheds udvikling af et rigtigt produkt, forklarer Lars Holm Rasmussen.





Laborantstuderende har det seneste 1½ år arbejdet sammen med en juiceproducent, hvor de bl.a. har foretaget vitaminanalyser.

Projektet fungerer således, at virksomheden udvikler et produkt, som eleverne efterfølgende karakteriserer.

- Det er studerende, så det er ikke 1. klasses data, der fremkommer. Skolens undervisere kvalitetssikrer de fremkomne data, dog inden for en usikkerhed, som gør, at vi ikke kan garantere resultaterne ude på 3. decimal. Men virksomheden kan sammenligne niveauer. Man kan se trends, og det er godt nok i denne sammenhæng, påpeger han.

Projektet kom i sin tid i stand, da undervisnings- og forskningsministeriet havde midler til at fremme samarbejdet mellem professionshøjskoler og det omgivne samfund. Metropol fik en lille kvart million og toppede det beløb op med egne midler, så man bl.a. kunne tilknytte en laborant og nogle af skolens faste undervisere.

Juiceprojektet skal køre videre, men Laborantuddannelsen er på jagt efter andre produkter, så man har flere forskellige projekter.

Bedre legitimitet

Professionshøjskolen Metropol har også en lang række små projekter, hvor eleverne er i praktik. Det er primært inden for forskning og udvikling.

- Det har flere formål. Grundlæggende er det spændende for de studerende, men det løfter også laborantuddannelsen, som kan blive endnu bedre, hvis der er tilknyttet mere forskning. Det har yderligere den store fordel, at undviserne kommer ind i den nyeste viden, og ikke blot er formidlere af lærebogsstof. Det giver dem en helt anden legitimitet. Man kan sige, at de bliver medskabere af viden.

Hjælper de dygtigste

I lighed med stort set alle andre undervisningsinstitutioner på

tværs af næsten alle niveauer, så har Metropol også udviklet diverse systemer til at hjælpe studerende gennem uddannelsen. Det handler bl.a. om andre undervisningsteknikker.

Toppen af en årgang kan dog også hente hjælp i form af et talentspor. Her kan 7-10 procent af de dygtigste elever på en årgang søge om optagelse. Talentsporet udfordrer de unge og hjælper dem til at blive endnu bedre. Her vil de bl.a. blive udfordret med at skulle håndtere større antal prøver og større datasæt. Der skal måske måles over flere dage, og der kan være forskellige aktører med – og der er større krav til, at det man fremkommer med, er rigtigt.

- I den almindelige uddannelse er det typisk, at man har 3-5 prøver og en standardkurve. På talentsporet er vi måske oppe på 80 prøver. Og man prøver at arbejde sammen med andre faggrupper. Det er vigtigt at kunne, for det er den virkelighed, langt de fleste vil komme ud til, forklarer han.

Læse videre

Efter endt laborantuddannelse kan man læse videre og få en professionsbachelor. Den er på 1½ år, og rummer endnu mere faglighed. Men den rummer også noget andet.

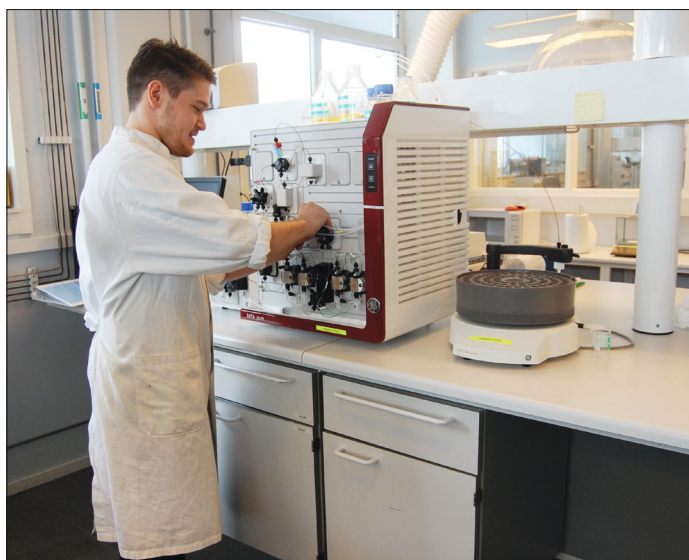
- Nogle har kaldt en professionsbachelor for den farmaceutiske industris sergentuddannelse, og det giver faktisk meget god mening. I forløbet er der indeholdt virksomhedsforhold og ledelsesteori. Baggrunden for det er, at mange vil kunne komme ud og blive eksempelvis laboratorieledere. Her er det vigtigt at have forståelse for de overordnede niveauer og hvilke drivkræfter, der findes på det niveau. Der er noget om gruppeledelse og gruppedynamik og noget om at få et indblik i, hvad der driver andre mennesker. Som professionsbachelor vil de fleste komme til at arbejde sammen med flere andre faggrupper – måske nogen man aldrig havde drømt om at skulle arbejde sammen med.

Søgte større faglige udfordringer

Professionshøjskolen Metropol giver mulighed for ekstra udfordringer på laborantuddannelsen. Dels ved at komme på et talentspor, dels ved efterfølgende at læse videre og blive professionsbachelor.

Af Allan Malmberg, am@techmedia.dk

Martin Engqvist var lidt nervøs, da Dansk Kemi mødte ham på Professionshøjskolen Metropol i København. Det var nemlig tid for det afsluttende forsvar af hans opgave; "Diskriminering af tungflygtige forbindelser ved headspace gaschromatografi massespektrometri".



- Da jeg var færdig med min laborantuddannelse, valgte jeg at læse videre direkte på bacheloruddannelsen, fortæller han.

Baggrunden for den beslutning var ansporet af interesse for faget, men også udsigten til mere ansvar og mere videnskabeligt arbejde lå bag.

Kun tre andre medstuderende er nået frem til det endelige forsvar af deres opgave. Da de begyndte for 1½ år siden, var der 20 på holdet, og svaret på, hvorfor frafaldsprocenten er så høj, er ganske klart.

- Det er svært.

Udover laboratorierelevante fag skulle Martin også igennem fag, som ligger langt fra laboratorieverdenen, bl.a. virksomhedsforhold, ledelsesteori og konflikthåndtering. Baggrunden er, at hans mulige job indeholder personaleansvar, f.eks. som laboratorieleder.

Retfærdigvis skal det siges, at det store frafald er et enkeltstående tilfælde.

Selvom han faktisk endnu ikke er helt færdig, så er den første ansøgning sendt afsted.

- Umiddelbart er det min plan at søge stillinger i de store medicinalvirksomheder, fortæller han.



Ny uddannelse trækker ikke - endnu

Camilla Busk gik på skolens talentspor. Her udfordrer skolen de dygtigste elever med ekstra kurser og opgaver, der er målrettet de 7-10 procent af en årgang, der typisk bliver optaget på talentsporet.

I lighed med Martin var det også her den personlige interesse for faget, der fik hende til at læse videre.

- Faktisk vidste jeg slet ikke, at det fandtes, men da muligheden var der, ville jeg gerne have de ekstra udfordringer, forklarer hun.

Modsat Martin vil hun i første omgang ikke kaste sig over den 1½-årige professionsbachelor, der bygger videre på den 2½-årige laborantuddannelse. Det bunder ikke i manglende interesse, men i at hun føler, selve uddannelsen er for ny.

- Der er ikke umiddelbart jobs, der henvender sig til det niveau. Martin skal ud og sælge sig selv og forsøge at få et job og en løn, der passer til uddannelsesniveaet. Så på nuværende tidspunkt er det ikke aktuelt for mig, men måske senere, siger hun.

Som studerende på talentsporet fik hun mulighed for at lave det afsluttende projekt på Københavns Universitet. Projektets omfattende karakter gjorde, at hun fik mange typer opgaver, bl.a. at arbejde med LCMS ved kvalificering og valideringsarbejde.

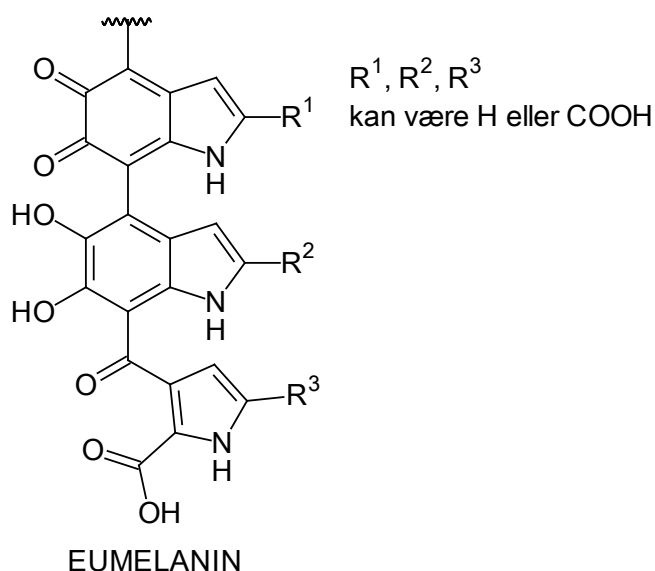
Begge de to unge mennesker er eksempler på, hvordan Metropol arbejder med at løfte laborantuddannelsen. At komme væk fra at være de rene "arbejdsmænd" i laboratoriet og give dem, der er interesserede i det, en mulighed for at løfte det faglige niveau.

Nyt om ...

... Dinosaurernes farve



Vi har aldrig vidst, hvilken farve dinosaurerne havde; men man har nu fået den hidtil stærkeste idé om deres farve. En forskergruppe ved Lund Universitet har ved anvendelse af et batteri af forskellige analytiske metoder undersøgt en forstenet udgave af *Anchiornis huxleyi*, der er en lille dinosaur med fjer, der levede for ca. 150 mio. år siden i det nordøstlige Kina. Den danner en overgang mellem dinosaurerne og fuglene. På forsteningens fjer



har man påvist eumelanin, som er nært beslægtet med eumelanin fra dyr, men ikke med eumelanin fra bakterier. Man har tidligere påvist melanin, men har ikke med sikkerhed kunne konstatere, at det ikke stammede fra bakterier. Eumelaninet giver en sort eller brun pigmentering.

Carl Th.

Molecular composition and ultrastructure of Jurassic paravian feathers, *Scientific Reports* 2015, DOI: 10.1038/srep13520.

Sikrer analyserent laboratorieudstyr med intelligent og effektiv rengøringsproces

NYHED laboratorieopvaskemaskine PG 8536

- ▶ **Grundig og effektiv teknik** kan rengøre meget kraftigt tilsmudset glasapparatur
- ▶ **Intelligent måling** sikrer at det ønskede niveau for renhed opnås
- ▶ **Effektivt flow** af udstyr ved hjælp af hurtig og effektiv tørring (op til 115°C)
- ▶ **Kompakt** og kan placeres direkte i laboratoriet
- ▶ **Brugervenlig og doseringsanlæg** med plads til 4 stk. beholdere

Lad vores dygtige specialister hjælpe med at finde den optimale løsning på, hvordan I sikrer rengøringsprocessen af laboratorieudstyret – sikkert og økonomisk fordelagtigt.



Miele Professional A/S · Erhvervsvej 2 · 2600 Glostrup
Tlf. 43 27 15 00 · www.miele-professional.dk

Miele
PROFESSIONAL

Thomas Bjarnsholt:

Ingeniør og dr.med. med fokus på biofilm

Thomas Bjarnsholt er noget så usædvanligt som ingeniør og dr.med. Det har givet ham den perfekte baggrund til at arbejde med bakterier og kroniske infektioner, herunder specielt biofilm. Og behovet for forståelse er stort, for kroniske infektioner er et hurtigt voksende samfundsproblem.

Af Katrine Meyn,
km@techmedia.dk

Thomas Bjarnsholt har været interesseret i kemi, så længe han kan huske. Som barn var hans største interesse at stå og blande ting sammen i sit eget lille laboratorium derhjemme. Han lånte bøger på biblioteket for at få nye ideer, og fik udstyr af sin far, der var maskiningeniør og arbejdede for Ginge, der lavede brandslukningsudstyr. Han var aldrig i tvivl om, hvilken vej han ville gå, men fortsatte med kemi i gymnasiet, hvorefter han startede på kemiingeniørstudiet på DTU i 1995.

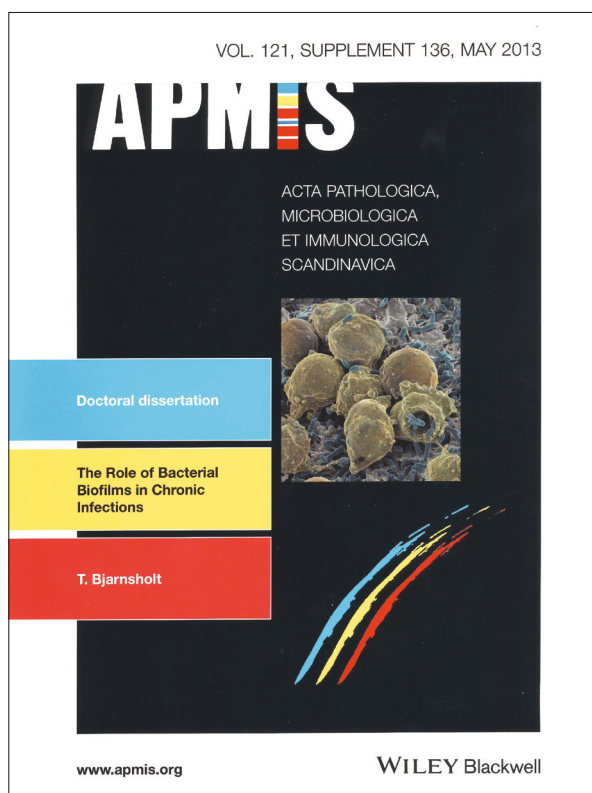
Hjerte for mikrobiologi

Da Thomas Bjarnsholt stiftede bekendtskab med mikrobiologi, vidste han, at det bare var ham. Og da han tog et kursus om biofilm, var han solgt. Problemerne fascinerede ham. Hvorfor var biofilm modstandsdygtige over for antibiotika og immunforsvaret, og hvad kunne der gøres?

■ Biofilm og quorum sensing

Ved kroniske infektioner i kroppen danner bakterierne klumper omkranset af slim (matrix), der kaldes en biofilm. Når bakterier danner biofilmen, bliver de op imod 1.000 gange mere modstandsdygtige over for antibiotika og begynder at kommunikere. Kommunikationen mellem bakterier foregår ved hjælp af quorum sensing.

Ved quorum sensing fungerer bakterierne i biofilmen som en enkelt enhed og kan samle sit angreb på kroppen for maksimal effekt.



Thomas Bjarnsholts doktorafhandling fra 2013.

- Det var professor Søren Molin og professor Michael Givskov, der stod bag kurset. Det var en øjenåbner for et vigtigt område, vi ved meget lidt om. Den vej ville jeg gå, og efterfølgende lavede jeg ph.d. hos Michael Givskov om quorum sensing – bakteriers kommunikation med hinanden.

- Michael Givskovs forskning gik ud på at finde stoffer, der kunne inhibere quorum sensing (QS) og dermed uskadeliggøre bakterierne.

- Hvidløgsekstrakt var en yderst effektiv inhibitor i laboratoriet. Så derfor afprøvede vi det i mus i en lungemodel for cystisk fibrose-patienter og effekten var god. Musene kunne bekæmpe bakterierne meget hurtigere, hvis QS blev hæmmet med hvidløgsekstrakt. Efterfølgende er det blevet vist, at det aktive stof i hvidløg er ajoene, der dannes, når allicin nedbrydes. Ajoene kan ødelægge bakteriernes kommunikation, så bakterierne stoppes i at danne infektioner, fortæller han.

Sin egen vej

Ph.d.'en hos Michael Givskov fik stille og roligt sporet Thomas Bjarnsholt ind på den retning, han siden har fulgt.

- Jeg undrede mig over, hvordan bakterier egentligt opfører sig i mennesker. Mht. cystisk fibrose undrede det mig, hvordan bakterierne lå placeret i lungerne? Det var der ikke nogen, der vidste. Jeg kontaktede overlæge Martin Iversen, der stod for lungetransplantationer på Rigshospitalet, og fik det arrangeret, så vi fik lungerne fra lungetransplantationer til at prøve at afdække mysteriet.

I samme periode blev vi kontaktet af overlæge Kirketerp Møller fra Bispebjerg Sårcenter, som arbejder med kronisk



Thomas Bjarnsholt.

ikke-helende sår, hvor man også havde indici på, at der kunne være biofilm til stede. Og det blev en del af studierne.

Visualisering af bakterier?

En af de første udfordringer var, at man på det tidspunkt havde vanskeligt ved at visualisere bakterier i væv. Vi tilpassede FISH-metoden ved bl.a. at benytte PNA-prober, der havde nemmere ved at passere ind over bakteriernes cellevægge (end DNA-prober), efterfulgt af fluorescencemikroskopi til påvisning af bakterierne. Princippet er, at mængden af bakteriecel-lens ribosomer er proportional med bakteriens væksthastighed. Hvert ribosom mærkes med et lysgivende stof, så man kan se den enkelte bakterie. Jo hurtigere en bakterie vokser, jo flere ribosomer er der, og jo kraftigere et lys giver det.

■ Cystisk fibrose

Ved cystisk fibrose fungerer nogle molekyle-pumper i blandt andet lungevævet ikke efter hensigten. Derfor bliver der dannet et tykt slimlag i lungerne, hvor bakterier fanges i stedet for at fjernes. Inflammationen mod ophobningen af bakterier i lungerne ødelægger over tid lungevævet. Det er sammenklumpninger af bl.a. bakterien *Pseudomonas aeruginosa* i lungerne, der skaber den kroniske infektionstilstand.

- Det var lidt af en hovsa-oplevelse, da det virkede første gang. Pludselig havde vi de fineste signaler, hvor vi kunne se, at bakterierne lå i små klumper i både lunger og sår. For første gang havde vi nu en metode til at måle præcist, hvordan bakterier gror i selve infektionsvævet, siger Thomas Bjarnsholt.

■ Thomas Bjarnsholt

2001: Cand.polyt. (Kemi) (DTU)

2005: Ph.d. (DTU)

2006: Midler fra Carlsberg og Lundbeck fondet – til forskning inden for biofilms rolle i kroniske infektioner

2012: Lundbeckfonden Junior Group Leader Fellowship

2013: Dr.med. med doktorafhandling om biofilms rolle i kroniske infektioner (SUND-KU)

2014: Professor i biofilm og kroniske infektioner på Institut for Immunologi og Mikrobiologi ved Københavns Universitet

Prøvetagningen er ikke god nok

Akutinfektioner er infektioner, hvor bakterierne har en øget metabolisme, og immunforsvaret reagerer aggressivt. Det står i kontrast til de kroniske infektioner, der er meget lokale. Ved kroniske infektioner er der ikke systemiske tegn på infektion.

- Vha. den nye målemetode fandt vi ud af, at ved kroniske infektioner sidder bakterieaggregaterne nærmest i små øer meget heterogent fordelt. Dvs. bare det at diagnosticere og tage prøver – er problematisk. Man risikerer slet ikke at få taget nogle bakterier med, siger Thomas Bjarnsholt og fortsætter:

- Bakterierne vokser typisk under anoxiske forhold, så de er meget svære at dyrke frem. Indtil fornylig dyrkede man dem i 5-6 dage, men i dag har vi fundet ud af, at en del bakterier skal dyrkes i minimum 14 dage.

Fremtidig forskning

- Sammen med nuklear-medicinerne prøver vi, om vi kan benytte os af deres nye metoder og tilgange. Kan vi måske, ved at lave PET- og MR-skanning, guide ortopædkirurgerne til at tage nogle mere præcise biopsier, som vi så kan dyrke og behandle bedre hos mikrobiologerne? Det må tiden vise.

- En af de vigtigste konklusioner på vores forskning er, at det er en helt forkert måde, vi udvikler ny antibiotika på. Det meste antibiotika, der i dag udvikles, virker på hurtigtvoksende bakterier. Og langsom eller ingen vækst betyder, at bakterierne i kroniske infektioner er modstandsdygtige over for den, siger han og slutter:

- Vi er inde i en utrolig spændende forskningsperiode, og vores forståelse af bakterier i sygdomme vil blive forbedret kraftigt inden for de næste 5-10 år. Det glæder jeg til at være en del af.

Læs mere om Thomas Bjarnholts arbejde i den efterfølgende artikel "Bakteriel teambuilding – bakterier i biofilm".

Rettsch
Solutions in Milling & Sieving

The revolution in ultra-fine grinding:
The new E_{max} achieves finer and faster grinding results than any other ball mill!

SKANLAB
NEW!

Kvinderupvej 30 · 3550 Slangerup · Tlf: 4738 1014 · www.retsche.dk

Bakteriel teambuilding – bakterier i biofilm

Bakterier lever oftest i klumper af bakterier og slim, kaldet biofilm. Bakterielle biofilm kan forårsage kroniske infektioner, da bakterier i biofilm i modsætning til fritlevende bakterier er i stand til at modstå både immunforsvaret og antibiotikabehandling.

Af Kasper Nørskov Kragh, ph.d.¹, Stephanie Geisler Crone, ph.d.-studerende¹ og professor Thomas Bjørnsholt, dr.med., ph.d.^{1,2}

¹ Costerton Biofilm Center, Institut for Immunologi og Mikrobiologi, Københavns Universitet

² Kliniske Mikrobiologisk afdeling, Rigshospitalet

Kroniske biofilminfektioner er et stigende problem, og i USA alene koster biofilm-relaterede infektioner årligt samfundet over \$18 mia. og er estimeret til at være skyld i over 200.000 dødsfald hvert år.

Biofilm

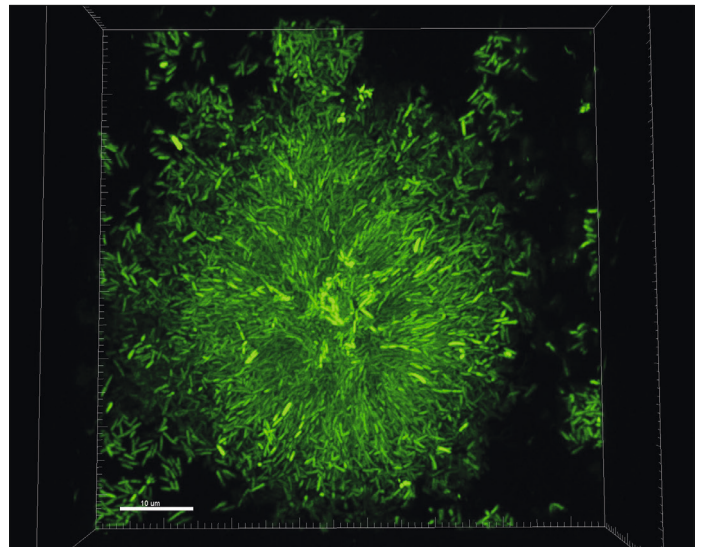
Siden midten af 1800-tallet har vi været opmærksomme på sammenhængen mellem bakterier og infektionssygdomme. I 1880'erne og 90'erne beskrev mikrobiologi-pionerne Louis Pasteur og Robert Koch, ved hjælp af datidens mikroskoper, bakterier som enkeltcellede organismer i flydende kulturer i kolber eller som kolonier på agarplader. Denne forestilling om bakterier som små fritlevende, haletudsalignende organismer, der kan give potentielt dødelige infektioner har rodfæstet sig i de fleste, når vi tænker på bakterier og infektioner. Men hvad er det, vi ser, når vi med vor tids mere avancerede metoder undersøger bakteriers livsform i naturen og i infektioner?

Vi ser sjældent disse enkelte, fritlevende bakterier, men finder derimod bakterier i slimede klumper og belægninger indeholdende sammenklumpede bakterieceller. Fænomenet har været kendt af tandlægerne siden 1960'erne, og i slutningen af 1970'erne begyndte medicinske forskere at få øjnene op for denne bakterielle livsstil og navngav den "biofilm".

Bakterielle biofilm består af mange bakterieceller, som ligger tæt samlet, klæbet sammen af slim eller matrix lavet af en blanding af ekstracellulært DNA, proteiner, lipider og store mængder polysakkarider. Denne matrix kan stamme både fra værten eller fra bakterierne selv.

Fra bakteriernes synsvinkel er der mange fordele ved livet i en biofilm frem for livet som fritsvømmende, enkelte celler. Matrixen giver beskyttelse, stabilitet og mulighed for at hæfte sig fast i fordelagtige positioner. Biofilmen kan ses som en bakteriefæstning og den matrix, som bakterierne er omgivet af, kan ses som beskyttende mure mod udefrakommende farer. I naturen yder den beskyttelse mod bakterie-spisende organismer såsom protozoer, og af større vigtighed for os mennesker, beskytter biofilm-livsformen bakterierne mod vores immunforsvar samt øger deres tolerance overfor antibiotika.

De fleste, hvis ikke alle, bakterier kan danne biofilm og bakterielle biofilm kan opstå de fleste steder. De findes blandt mange steder ofte på sten i vandløb, i vandrør og dagligt støder de fleste af os på biofilm i form af den plak, bakterier danner



Biofilm dannet af bakterien *Pseudomonas aeruginosa* i et *in vitro*-system. Bakterien er genetisk mærket med green fluorescent protein (GFP). Billedet er taget med et laser scanning konfokal mikroskop i en forstørrelse på 630x.

på vores tænder. Det er netop det, der har givet anledning til navnet "biofilm", biologisk materiale på en overflade. Bakterielle biofilm gror ofte på fugtige overflader, men kan også findes som mere fritflydende klumper.

Biofilm kan skabe problemer

Der er flere grunde til, at der er blevet forsket meget i biofilm de sidste årtier. Bakterielle biofilm kan være et stort problem i kliniske sammenhænge såvel som i industrielle produktioner. I industrien kan biofilm-dannelse resultere i store økonomiske tab, f.eks. når biofilm tilstopper rør og slanger, eller når bakterier fra biofilm kontaminerer produktionen i fødevarer og virksomheder. At fjerne biofilm fra sådanne systemer kan være utroligt svært, da biofilm kan modstå størstedelen af normale rensningsmidler.

I vores gruppe har vi dog fokus på de sundhedsmæssige problemer, biofilm skaber, idet bakterielle biofilm kan forårsage kroniske infektioner.

Det traditionelle billede af akutte infektioner er en infektion, hvor enkelte bakterieceller kommer ind i kroppen. I sådanne situationer vil immunforsvaret oftest hurtigt nedkæmpe bakterierne, måske med hjælp fra en antibiotikakur. Den normale bakterielle halsbetændelse eller lungebetændelse med feber og ubehag er eksempler på akutte infektioner. Hos mennesker, der f.eks. har et svækket immunforsvar, som lider af diabetes eller har fået indsat et implantat, kan immunforsvaret have svært ved at nedkæmpe bakterierne, og muligheden for at etablere en biofilm

opstår. Bakterier i biofilm kan som tidligere nævnt modstå selv et meget kraftigt immunrespons, og de er meget modstandsdygtige overfor antibiotika. Herved kan en kronisk infektion opstå.

Biofilminfektionen

Vi har fundet bakterier i biofilm i alle kroniske bakterielle infektionssygdomme, vi har undersøgt, deriblandt kroniske sår, urinvejsinfektioner, lungeinfektioner hos personer med cystisk fibrose og i implantat-relaterede infektioner.

Kroniske biofilminfektioner er karakteriseret ved at være mere lokale, og immunforsvaret reagerer ikke så kraftigt. Det betyder, at man ikke får feber og ikke bliver generelt påvirket af infektionen. Klumperne af biofilm er sporadisk fordelt i infektionsområdet, og det er oftest mindre klumper. Derfor kan biofilminfektioner være svære at diagnosticere og svære at behandle, fordi behandlingen ikke startes i tide.

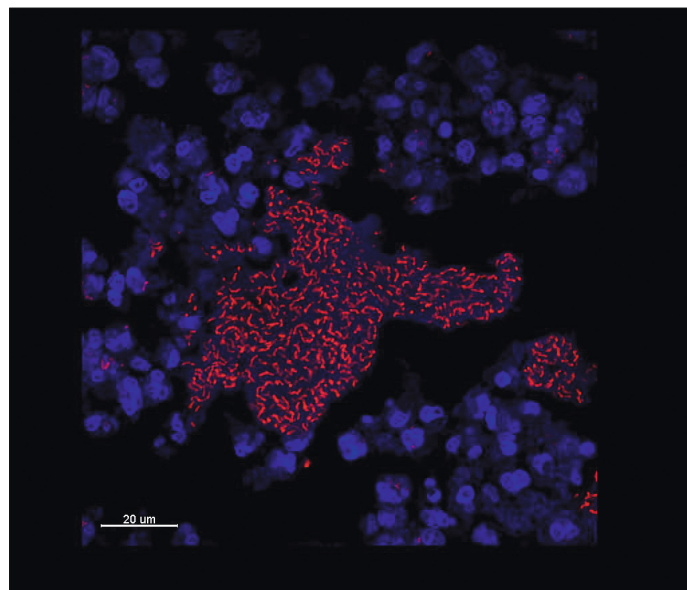
Vores forskning peger i retning af, at selve den måde hvorpå bakterierne er "pakket ind", når de kommer ind i kroppen, kan være bestemmende for, om en infektion bliver akut eller kronisk. Er bakterierne allerede i en lille klump biofilm, når de kommer ind i kroppen, vil de have meget større overlevelseshancer, end hvis de kommer ind som enkeltcellede bakterier. På den måde er sandsynligheden for, at der etableres en kronisk biofilminfektion større end hvis bakterierne kommer ind i kroppen som enkelte celler.

Små bakterieklumper kan komme ind i kroppen i forbindelse med en operation, f.eks. når en hofteprotese indsættes. På huden findes naturligt mange bakterier, i særdeleshed i hudens små folder, hårsække og porer. Før en operation rengøres huden med sprit eller jod, som vil dræbe mange af de bakterier, som findes på overfladen, men nede i porer og hårsække ligger bakterierne godt beskyttet i biofilm. Ved en operation kan små klumper biofilm fra huden overføres til operationsområdet. Bakterierne, som på huden var harmløse, er nu i et andet miljø og kan blive virulente (sygdomsfremkaldende). Da bakterierne allerede ligger beskyttet i biofilmen, har de mulighed for at inficere en protese eller blive overført til blodbanen og spredes videre i kroppen. En proteseinfektion kan resultere i en akut infektion med kraftig inflammation, som oftest kan behandles med antibiotika. Men hvis en protese inficeres med en klump bakterier, der danner biofilm, kan der gå flere år, før man opdager, der er noget galt. Med tiden kan den biofilm-inficerede protese blive løs eller give gener såsom ømhed. Da er det for sent at behandle med antibiotika, og protesen må skiftes.

Et alvorligt problem - nu og i fremtiden

På Costerton Biofilm Center på Københavns Universitet forsøger vi at forstå kroniske biofilminfektioner bedre samt at forbedre diagnostikken og behandlingen af disse infektioner. Der har været meget fokus på bakteriernes udvikling af antibiotikaresistens i både videnskabelige kredse og samfundet som helhed. En potentiel situation, hvor vi løber tør for virksomme typer antibiotika, skal tages særdeles alvorligt, men med det sagt, skal den kroniske biofilminfektion også tages alvorligt. Den amerikanske sundhedsstyrelse (NIH) har anslået, at der årligt er over 13 mio. kroniske biofilminfektioner i USA alene, og kroniske biofilminfektioner er et stigende problem i takt med, at mennesker bliver ældre, får flere livsstilssygdomme og får indsat flere implantater.

Biofilm er ikke et fremtidigt problem, men en urgammel bakteriel livsstil, som giver store problemer i nutidens behandling af infektioner. Størstedelen af alle typer antibiotika i vores nuværende arsenal er udviklet til at behandle de enkeltcellede og hurtigt voksende bakterier, og de er i stort omfang ikke virksomme overfor bakterier i biofilm.



Biofilm indhyldet i inflammatorisk mucus i transplanteret lungevæv fra patient med cystisk fibrose. Patienten havde en kronisk lungeinfektion med bakterien *Pseudomonas aeruginosa*. Bakterierne, som ligger samlet i en tæt biofilm, var mærket med en rød PNA-FISH probe, som meget specifikt farver bakterier af netop denne art ved at ramme det ribosomale 16S RNA. Omkring biofilmen ses humane immune celler farvet med en uspecifik DNA-farve, der farver cellernes kerner blå. Billedet er en forstørrelse på 630x.

Derfor er der brug for et paradigmeskift i udviklingen af antimikrobielle medikamenter. Antimikrobielle midler skal udvikles med fokus på at være virksomme overfor bakterierne under de forhold, bakterierne i stor stil lever under og skaber problemer i; nemlig i biofilm.

Der er ligeledes brug for et paradigmeskift i, hvordan vi undersøger og forsker i bakterier. Hidtil er langt de fleste bakterielle studier lavet med bakterier i rystekulturer, hvor bakterierne er fritsvømmende og hurtigt voksende. Da stort set alle bakterier i naturen samt på og i vores krop lever som biofilm, skal vi også dyrke dem i biofilm i laboratoriet. Således kan vi nærme os de faktiske forhold og i mindre grad beskrive bakteriernes egenskaber ud fra en livsform, som stort set kun findes i laboratoriet.

Her mere end 100 år efter opdagelsen af sammenhængen mellem bakterier og sygdomme erklærer vi hermed mikrobiologiens anden æras begyndelse.

E-mail:

Thomas Bjarnsholt: tbjarnsholt@sund.ku.dk



Pipetteservice

Akkrediteret kalibrering
Reparation • Vedligeholdelse

Gilson Center of Excellence • Certificerede teknikere • 20 års erfaring
• Alle førende fabrikater • Elektroniske certifikater • Serviceaftaler



Biolab A/S,
Sindalsvej 29, DK-8240 Risskov,
Tlf: 8621 2866 Fax: 8621 2301
E-mail: pipetteservice@biolab.dk
www.biolab.dk



Cal. Reg. Nr. 482

Vigtig struktur afdækket

For ti år siden besluttede et forskerhold på DTU, at de ville finde strukturen af det enzym, der styrer omdannelsen af kroppens to vigtigste signalstoffer - dopamin og noradrenalin. Ti års hårdt arbejde gav resultat, og strukturen viser, at ikke meget ser ud, som man forestillede sig.

Af Katrine Meyn, km@techmedia.dk

Til august er det ti år siden, at lektor Hans Mølager Christensen og hans ph.d.-studerende Trine Vendelboe, Institut for Kemi, DTU besluttede sig for at løse strukturen af enzymet dopamin β -hydroxylase. Enzymet styrer omdannelsen af to af kroppens vigtigste signalstoffer – dopamin og noradrenalin. De så afdækningen af strukturen som et vigtigt skridt i forståelsen af en række neurologiske sygdomme og dermed også i udviklingen af mere effektiv behandling. Det gælder f.eks. sygdomme som angst, ADHD, skizofreni m.fl. – listen er lang.

Mange bump på vejen

Ganske få år forinden havde Hans Mølagers gruppe arbejdet med en anden klasse af metalloproteiner, som det var lykkedes at producere rekombinant i *E. coli*. Og det på trods af, at den generelle holdning var, at det ikke kunne lade sig gøre. Man

troede slet ikke, at *E. coli* indeholdt den type af proteiner. Men det lykkedes, og da DNA-genom-sekventeringen kom, viste det sig, at *E. coli*-bakterien indeholdt over 160 af den pågældende slags proteiner, de var bare til stede i for små mængder til at blive detekteret.

Inspireret af den erfaring besluttede forskningsgruppen at forsøge at producere dopamin β -hydroxylase i *E. coli*.

- Vi startede ved begyndelsen og forsøgte at fremstille enzymet i de simplest mulige organismer, fortæller lektor Hans Mølager Christensen og fortsætter:

- Vi var nødt til at fremstille enzymet rekombinant i cellefabrikker. For denne type af enzymer findes kun i ganske få celler i kroppen, så vi kunne ikke skaffe det fra naturlig kilde. Det skal produceres i cellefabrikker, altså i celler som kan opformeres i laboratoriet og som kan lave enzymer i store mængder.

- Det virkede dog overhovedet ikke. Vi kunne ikke få bakterierne til at producere proteinet. Vi prøvede alle mulige ”tricks”



Det er Hans Mølager Christensen og hans gruppe, der står bag løsningen af strukturen af enzymet dopamin β -hydroxylase, der styrer omdannelsen af dopamin til noradrenalin. Foto: Anne Frejberg Juhl-Schmidt.

HEK-celler

Human Embryonic Kidney cells. Oprindeligt troede man, at denne cellelinje stammede fra nyrerne, men sekventeringen af cellernes genom viser, at de stammer fra en slags tidlige nerveceller.

med at snyde bakterierne til at producere de rigtige disulfidbroer. Vi vidste godt, at det var et kobber-protein, vi skulle producere og vi vidste, at vi skulle lade være med at tilsætte kobber, da frie metalioner er meget giftige for bakterierne (der er kun ca. 1 fri metalion til stede i hver bakteriecelle). Alligevel fungerede det ikke, fortæller Hans Mølager.

Næste forsøg blev i gærceller (eukaryote celler). Det kom der heller ikke noget protein ud af.

- Denne gang var vi hurtigere til at acceptere, at det ikke virkede, fortæller han.

Da forskerne på DTU Kemi i samarbejde med forskere på Københavns Universitet begyndte at udtrykke enzymet i bananflueceller (*Drosophila melanogaster* celler) kom den første succes. Ca. fem år inde i projektet lykkedes det at fremstille proteinet. Det kunne bare ikke krystalliseres, så strukturen kunne ikke afdækkes.

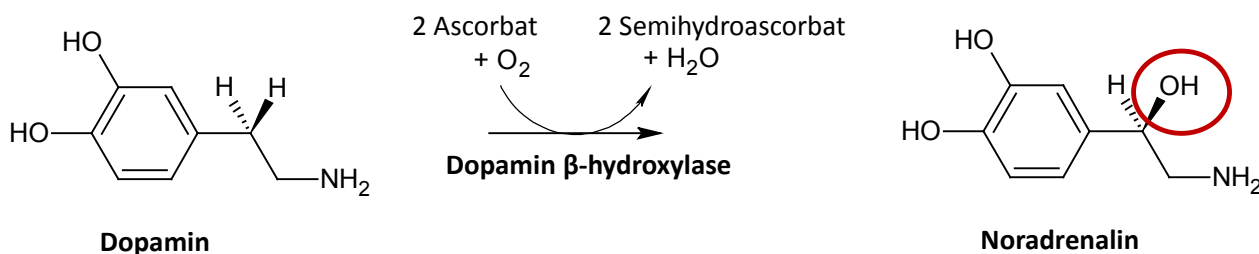
Arbejdet mod krystallisering

Enzymet dopamin β -hydroxylase er glykosyleret, det vil sige, at det har sukkermolekyler siddende på overfladen.

- Sukkermolekylerne er ofte meget uensartede, og vi fik sporet os ind på, at det formentlig var derfor, vi ikke kunne krystallisere enzymet, fortæller Hans Mølager.

Opgaven var nu at gøre glykosyleringen på overfladen mere ensartet – så krystallerne bedre kunne pakkes. Samtidig valgte gruppen at arbejde i HEK-celler, se faktaboks, der minder om nerveceller.

- I denne del af projektet har vi samarbejdet med et forskerhold fra universitetet i Oxford.



SIKRE PRODUKTER FOR PHARMA OG MEDICO

- Rådgivning om humantoksikologi og miljørisikovurdering
- Risikovurdering af restkoncentrationer og urenheder
- Identifikation og strategi ved anmeldelse af problematiske stoffer
- Dokumentation af biosafety
- Økotoksikologiske test i henhold til GLP og ISO 17025

www.tox.dhi.dk

DHI
Agern Allé 5, DK-2970 Hørsholm
Tel: 45 16 9200 – Fax: 45 16 9292
dhi@dhigroup.com

The expert in **WATER ENVIRONMENTS**



- Når vi skulle producere et enzym, der var involveret i neurologiske sygdomme, så synes vi, at det lød som en fornuftig idé, at være så tæt på det oprindelige som muligt. Endelig lykkedes det i 2012 at fremstille proteinet. Det tog en uge at udtrykke det, én dag at oprense og én dag at krystallisere.

Nu dukkede der imidlertid en række nye udfordringer op. For hvordan skulle strukturen afdækkes?

Først skulle der opsamles spredningsmønstre på en af de store synkrotroner (når man sender røntgenstrålen fra synkrotronen ind på krystallen, spredes lyset, hvilket giver et mønster, man bruger til at lave modellen af enzymets struktur).

Det viste sig at være vanvittigt svært at lave den nødvendige såkaldte fasing. I de simpleste tilfælde plejer man at tage strukturen af et protein, man kender i forvejen, og som er næsten magen til. Den bruger man som model til at løse strukturen ud fra (Molecular replacement). Problemet var, at der ikke var andre strukturer, der lignede. Så selv om der eksisterer en proteindatabase med 100.000 strukturer til rådighed, så var der ikke nogle af de kendte strukturer, der kunne bruges. Der måtte tages andre metoder i brug, dvs. der måtte andre grundstoffer og atomer ind i strukturen. Alle S-atomer i methionin blev udskiftet med selen. Ud over det, blev der fremstillet andre mere klassiske derivater, hvor platin blev indsat. Vha. dette og nogle af forskernes specialudviklede programmer lykkedes det at finde fasen i systemet. Fasen skulle bruges til at lave elektron-tæthedskortene. Dvs. gitterkort, der viser strukturens omrids.

- Dernæst fik vi Pernille Harris, lektor i protein- og røntgenkrystallografi på DTU Kemi, med i projektet. Sammen med ph.d.-studerende Trine Vendelboe byggede hun strukturen én aminosyre ad gangen. Der er over 1.200 aminosyrer i enzymet, hvilket gør det til et meget stort puslespil, fortæller Hans Mølager.

Strukturen

Strukturen er særlig. Det er en dimer, hvor hver monomer består af fire meget integrerede domæner, der alle holder sammen om hinanden, se figuren. Dertil er der en række disulfid-broer inde i proteinet. Det er sekundære strukturer, der hjælper med at holde enzymet sammen.

En af de overraskelser strukturen har budt på, er, at det indeholder bindingslommer til små molekyler. Og at der er et "nyt" metalbindingscenter, som ikke har noget med selve funktionen at gøre, men derimod enzymets regulering. I det hele taget tyder strukturen på, at enzymet virker på en helt anden måde end antaget. Forskerne har indtil nu troet at kobbercentrene, som er de aktive sites, hvor den kemiske reaktion finder sted, sad meget langt fra hinanden. Det gør de også i den ene side af strukturen, men i den anden side sidder de lige ved siden af hinanden. Tidligere, da man troede, at centrene sad langt fra hinanden, var det svært at forstå, hvordan de på en orkestreret måde kunne koordinere reaktionerne, så de skete på det rigtige tidspunkt. Nu giver det meget mere mening. Enzymet virker ved en flip-flop-mekanisme. Dvs. den ene halvdel af enzymet udfører den enzymatiske reaktion, mens den anden halvdel udskiller produktet (noradrenalin) og optager et substratmolekyle (dopamin). Herefter skifter enzymet tilstand og reaktionen sker i den modsatte halvdel osv.

Flere spørgsmål end svar

- Da vi startede projektet for ti år siden, tænkte vi, at når vi har strukturen, forstår vi det meste. Men realiteten er, at der er opstået mange flere spørgsmål, end vi har fået svar. Vi ved endnu ikke, hvordan det aktive site med de to kobberioner tæt på hinanden ser ud. Det vil være helt afgørende for at forstå,

hvordan enzymet virker, at få det afklaret. Det bliver vanvittigt spændende. Det er det, vi skal bruge den kommende tid til at finde ud af.

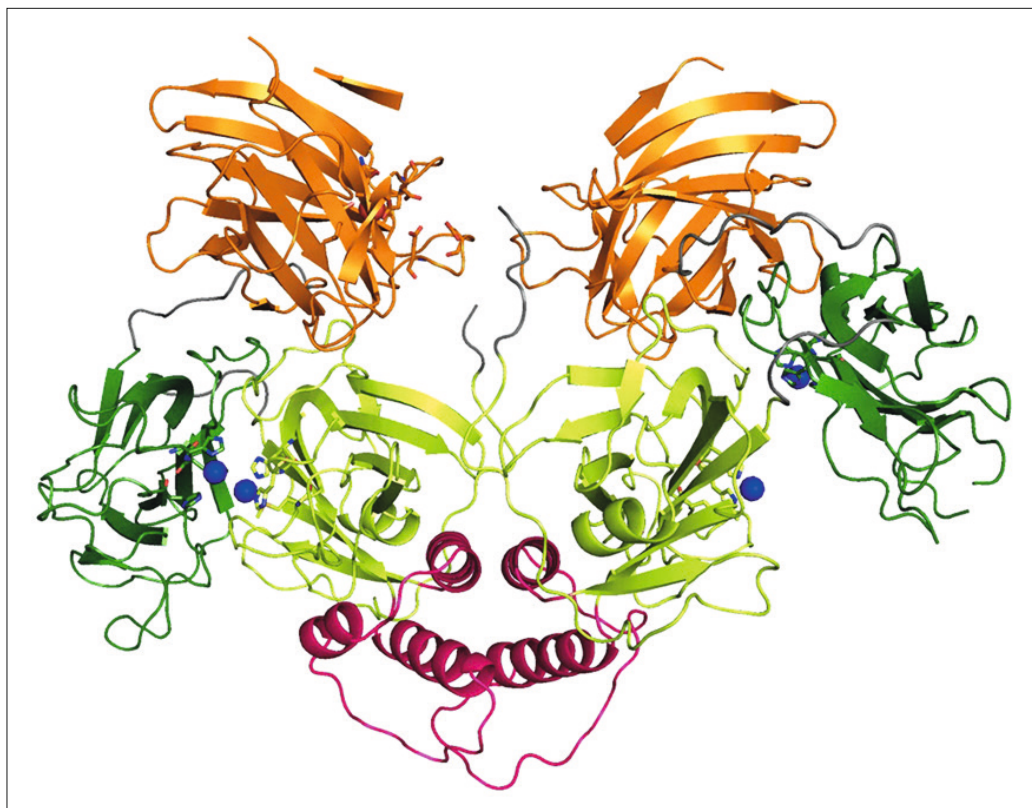
- Det samme gælder bindingslommerne, og hvad der kan sidde i af små molekyler? Og metalcenteret, som ingen har set før, og som kan regulere et eller andet. Vi kan ikke se, hvad det er for et metal, der sidder der. Men det er uhyre vigtigt at finde ud af, da det vil have stor betydning for udvikling af fremtidig medicin til lindring af de rigtig mange sygdomme, som er knyttet til dette enzym, slutter Hans Mølager.

Henvisninger:

Videnskabelig artikel: <http://advances.sciencemag.org/content/2/4/e1500980.full>.

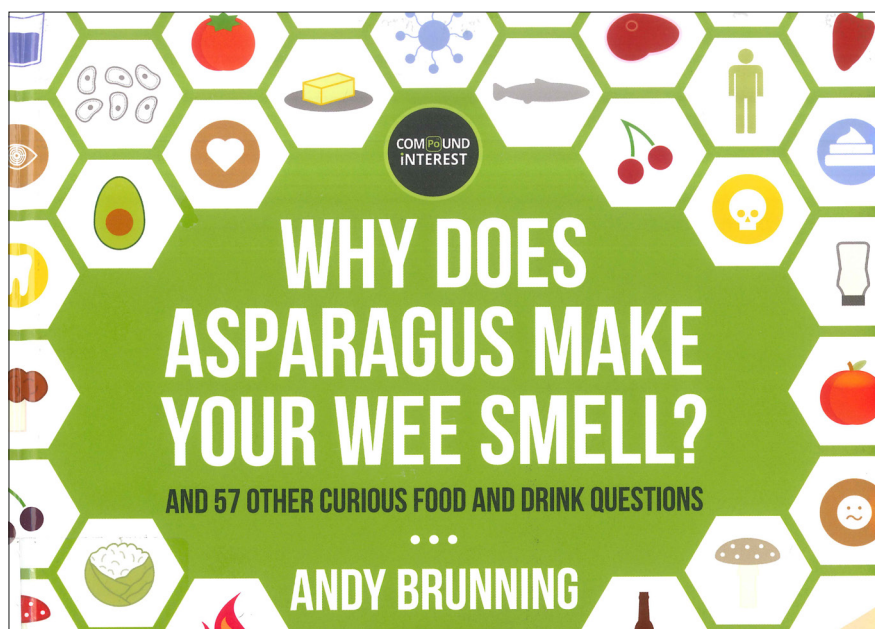
Mere om enzymet og dets betydning: <http://www.kemi.dtu.dk/Nyheder/Nyhed?id=B1DB8F57-67B6-4F9C-9FC6-510E8782CC89>.

Mere om metal-holdige proteiner: <http://www.kemi.dtu.dk/-/media/Institutter/Kemi/Gymnasietilbud/kapitler-Kemiske/pdf/kap5.ashx?la=da>.
Mere om strukturbestemmelse af proteiner: <http://www.kemi.dtu.dk/-/media/Institutter/Kemi/Gymnasietilbud/kapitler-Kemiske/pdf/livetskemi.ashx?la=da>.



Strukturen af dopamin β -hydroxylase dimeren. De katalytiske domæner i grøn, med kobberionerne i blå. Bemærk hvordan der i den ene halvdel er kort afstand mellem kobberionerne (4-5 Å), mens der i den anden halvdel er langt (11 Å). Dimeriserings-domænet er i rød. Det regulatoriske DOMON-domæne er orange. Det har fået navn efter enzymet dopamin β -hydroxylase. Denne type af domæner findes i over 1.600 andre proteiner, der er bare ingen, der ved, hvad de laver - vi er simpelthen nødt til at finde ud af, hvad det gør, og hvordan det virker.

Why does asparagus make your wee smell?



Det er en morsom bog at bladere i, den er ikke beregnet til at læse fra ende til anden, men til at slå op i og læse et par sider. Den er spændende for kemikeren med en specialists viden, men også for den almindelige interesserede læser, ligesom den er en guldgrube for undervisere i kemi på et lavere niveau end universitetet.

Skulle man få lyst til at kende den faglige baggrund for de svar, der er givet i bogen, er der bagi, med henvisning til den aktuelle side, henvisninger til den originalliteratur, der ligger til grund for svarerne.

Bogen er således anbefalelsesværdig for kemikere på alle niveauer og også for alle nysgerige læsere. Den bør findes på ethvert bibliotek.

Carl Th. Pedersen, Institut for Fysik,
Kemi og Farmaci, SDU Odense

And 57 other curious food and drink questions

Andy Brunning
Orion 2015
ISBN 9781409156611
160 sider, £9.09

Vi har vel alle oplevet, når vi spiste eller drak et eller andet at stille os selv spørgsmålet, hvorfor smager det sådan, eller hvorfor ser det sådan ud, eller hvorfor opfører det sig, som det gør. Vi har vel også oplevet, at andre har stillet os disse spørgsmål om dagligdagsting, som man måske aldrig før har tænkt over, og som man ikke normalt finder forklaret i almindelige lærebøger i kemi. Denne bog giver svaret på en række af disse spørgsmål.

Bogen er inddelt i otte hovedafsnit: *Flavour, Aroma, Colour, Poison, Sensation, Mind, Health and Transformation*. Disse afsnit indeholdende 57 spørgsmål af samme type som titlen på bogen "Hvorfor synes nogen, at koriander smager af sæbe", "Hvorfor er mange bønner giftige, når de ikke er kogt", "Hvorfor må man ikke spise grapefrugt sammen med visse typer af medicin", "Hvorfor får nogle frugter gele til at flyde ud", "Hvorfor er ølflasker altid lavet af farvet glas" og "Hvorfor er chokolade giftig for hunde". Mere myteagtige spørgsmål som "Bliver man mere beruset, hvis man blander forskellige alkoholiske drikke" behandles også. For hvert spørgsmål gives svaret på to sider, på den ene side er en forklaring, der kan forstås uden større kemisk indsigt, på den anden side en kemisk forklaring illustreret med formler. Til forståelse af disse formler har bogen for ikke kemikere en kort introduktion til det kemiske formelsprog.





MORTALIN

Vores ekspertise - din sikkerhed

Elektronisk overvågning af skadedyr.....

Tiden er til nytænkning og mere miljørigtige løsninger. Depoter må ikke længere indeholde gnavergift hele tiden og derfor kan forskelligt måle- og overvågningsudstyr monteres. De elektroniske systemer kan kombineres med smækfælder og derved bidrage til en miljørigtig og fortsat effektiv forebyggende sikring. Vi sidder klar til at rådgive og finde den bedste løsning til dig og din virksomhed, så du er sikret mod skadedyrsangreb.

- ✓ Skadedyrssikring
- ✓ Døgnservice 24/7
- ✓ Kurser & Rådgivning
- ✓ Kvalitetsledelse



- der er viden til forskel



Ring: 70 15 10 69

www.mortalin.dk

Mursten fra affaldsmateriale

Mineralforekomsten ved Kringlerne i Sydgrønland er et eksempel på, at bæredygtig minedrift er blevet væsentligt mere realistisk. Nye resultater viser, at mursten kan fremstilles ved anvendelse af affaldsfraktionen fra minedriften. Stenene kan brændes ved lavere temperatur end normalt, hvorved energi kan spares. Samtidig er stenene væsentlig stærkere end almindelige mursten.

Af Andreas Peter Vestbø, Christian Prinds, Teknologisk Institut og Hans Kristian Schönwandt, Tanbreez Mining Greenland A/S

I Sydgrønland, ikke langt fra byen Narssaq, ligger den geologisk set verdenskendte intrusion Ilímaussaq. Det er en lagdelt intrusion, der består af en række meget specielle alkali-rige bjergarter, der kun findes meget få steder i verden blandt andet på Kolahalvøen i Rusland.

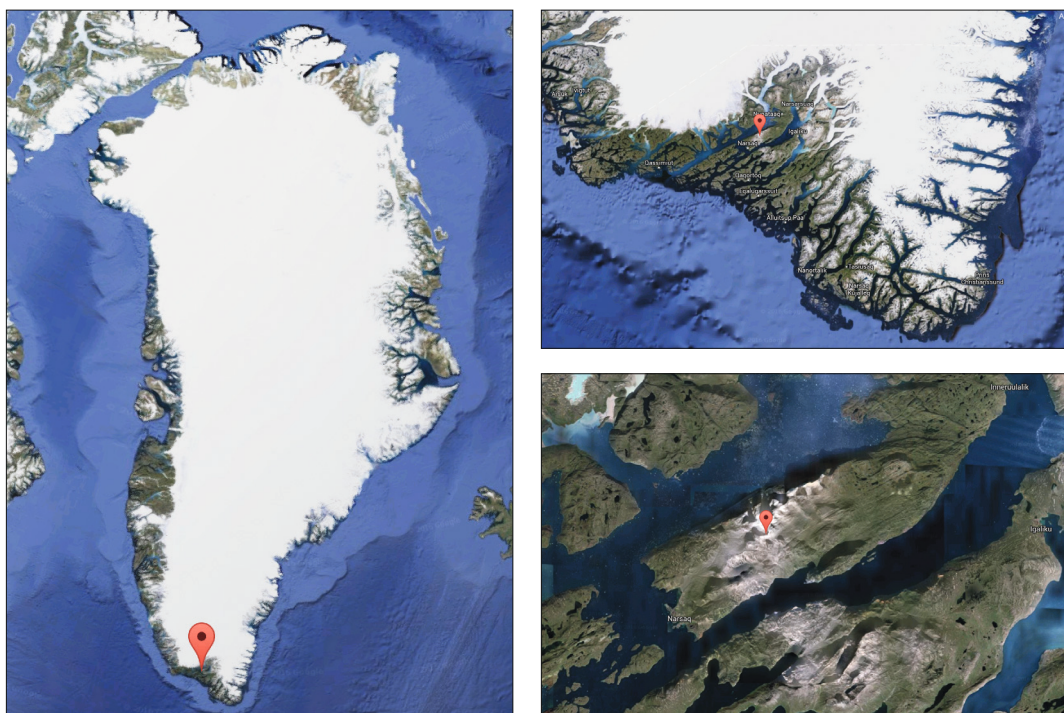
Intrusioner af denne sammensætning er kendt for at have et meget højt indhold af sjældne jordartsmetaller (Rare Earth Elements, REE). Mineralindustrien har derfor over en år-række udført undersøgelser i netop Ilímaussaq-intrusionen med henblik på at lokalisere eventuelle REE-forekomster, der kunne danne grundlag for en minedrift på disse grundstoffer. Et vigtigt aspekt i forbindelse med efterforskningen af REE-forekomster er det forhold, at Kina så at sige har monopol på produktionen af REE, hvad der har skabt en vis usikkerhed i markedet både med hensyn til priser på REE, men også på forsyningssikkerheden.

Det australske efterforskningsselskab Rimbal Pty Ltd. fik i 2001 efterforskningslicens på store områder af den sydlige del af Ilímaussaq-intrusionen med henblik på at udnytte REE i området. Dette førte til etableringen af det grønlandske daterselskab Tanbreez Mining Greenland A/S, der står for det praktiske og faglige arbejde med henblik på etablering af en eventuel minedrift. Det har foreløbig ført til, at der til de grønlandske myndigheder er blevet fremsendt en ansøgning om en udnyttelseskoncession [1, 2].

Forekomsten ved Kringlerne

Navnet "Tanbreez" er et akronym, der henviser til de grundstoffer, der planlægges udvundet: Ta-Nb-REE-Z(r) Tantal, niob, sjældne jordsartsmetaller (REE) og zirkonium. Undersøgelser har vist, at den overvældende del af disse grundstoffer findes i ét og samme mineral: Eudialyt, der er et natrium-zirkon-silikat mineral. Da eudialyt er det helt dominerende zirkonium-holdige mineral i malmen, finder man en lineær korrelation mellem zirkonium og de nævnte grundstoffer i malmen, hvad utallige analyser har dokumenteret.

Eudialyt er et bjergartsdannende mineral i bjergarten kakortokit, der udgør den nederste del af den lagdelte Ilímaussaq-intrusion. Det er eksponeret over et areal på 5 x 2,5 km og når fra havniveau op i 400 m højde, hvilket giver en forekomst i milliard tons-klassen. Kakortokit er i sig selv lagdelt, idet bjergarten består af sorte, røde og hvide lag, der som en trefarvet enhed gentages i alt 29 gange. Denne spektakulære lagdeling skyldes varierende indhold af de fire helt dominerende mineraler i kakortokit. De sorte lag er beriget i arfvedsonit, de røde i eudialyt og de hvide lag af feldspat og nefelin. De enkelte lag indeholder alle fire mineraler, men det er berigelsen af de specifikke mineraler, der slår igennem og giver de enkelte



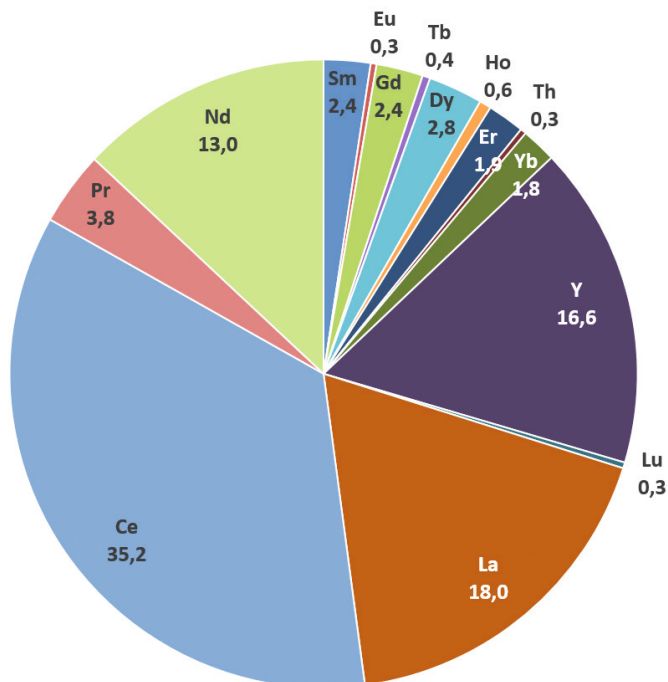
Figur 1. Beliggenhed for Kringlerne (rød cirkel i billedet nederst til højre), hvor mineselskabet Tanbreez Mining Greenland planmæssigt vil udvinde mineraler, Google Maps.

lag deres farve. Figur 2 viser en sten fra området, der indeholder materiale fra alle tre lag.



Figur 2. Sten fra forekomsten i Kringlerne. Mineraler eudialyt, som primært er sted for sjældne jordarter i forekomsten, er rødt. Den hvide del stammer fra feldspat, som bl.a. anvendes til fremstilling af porcelæn. Den sorte del indeholder jernholdigt arfvedsonit. Arfvedsonitten havde oprindeligt ikke fundet nogen anvendelse og ville planmæssigt blive deponeret.

I gennemsnit vil den malm, der skal brydes, indeholde 1,75% ZrO_2 , 0,18% Nb_2O_5 og 0,6% REO (sjældne jordartsoxider) inkluderende yttrium. Til sammenligning med andre REE-mineraliseringer, så indeholder Tanbreez-forekomsten en relativ stor andel af de tunge REE (27%) og mere værdifulde og efterspurgte REE. Figur 3 viser fordelingen af de enkelte REE i malmen. Det er normalt i efterforskningsindustrien at sætte grænsen mellem de lette og de tunge REE ved europium (Eu), således at de lette omfatter lanthan (La) til europium (Eu) og de tunge gadolinium (Gd) til lutetium (Lu) plus yttrium (Y).



Figur 3. Forholdsmæssig fordeling af sjældne jordarter i malmen fra forekomsten ved Kringlerne. En rapport fra den Europæiske Kommission i 2014 angiver, at sjældne jordarter er på vej til at blive en mangelvare i fremtiden og benævner dem som en kritisk ressource [3].

Efter en række undersøgelser er man kommet frem til, at den optimale oparbejdning af malmen sker ved hjælp af en fysisk separation, der foregår i et tørt miljø. Malmen knuses ned til 600 μm og går derefter gennem flere magnetiske separationsstep. Dette resulterer i tre typer koncentreter:

- (1) Magnetisk, sort koncentration hovedsageligt bestående af arfvedsonit.
- (2) Middel-magnetisk, rødt koncentration hovedsageligt bestående af eudialyt.
- (3) Ikke magnetisk, hvidt koncentration bestående af feldspat-nefelin.

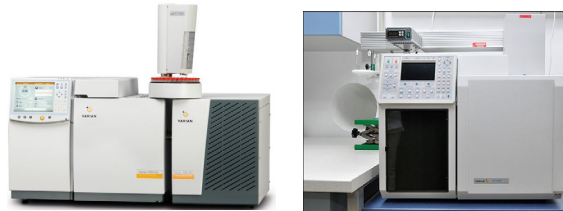
Mens det røde og hvide koncentration kan finde afsætning i markedet, så har man hele tiden betragtet det sorte koncentration som affald (tailing), der skulle deponeres tæt ved mineområdet i Grønland. Dette er normal praksis i minedrift [4]. Hvis det dog kunne være muligt at udnytte det sorte koncentration, vil dette være en situation, hvor alle dele af malmen bliver udnyttet, hvilket vil være et gennembrud inden for bæredygtig minedrift [5].

Udnyttelse af affaldsfraktion

På Teknologisk Institut blev det som en del af projektet REE-gain [6] undersøgt, om det var muligt at finde en anvendelse for det sorte arfvedsonit-koncentration. Til det formål modtog Teknologisk Institut i Taastrup en portion af den magnetiske fraktion fra de testforsøg, som Tanbreez Mining Greenland foretog i Perth, Australien. Teknologisk Institut er kendt for at have grænseflade i forhold til mange forskellige brancher i Dan-

WANTED

For service



Varian GC's were last seen on laboratories in Denmark

If you have seen this instrument, please contact

E-mail: serviceyourvariangc@samsi.no

Call: +47 35975600

REWARD

A great service deal, application support, parts and more



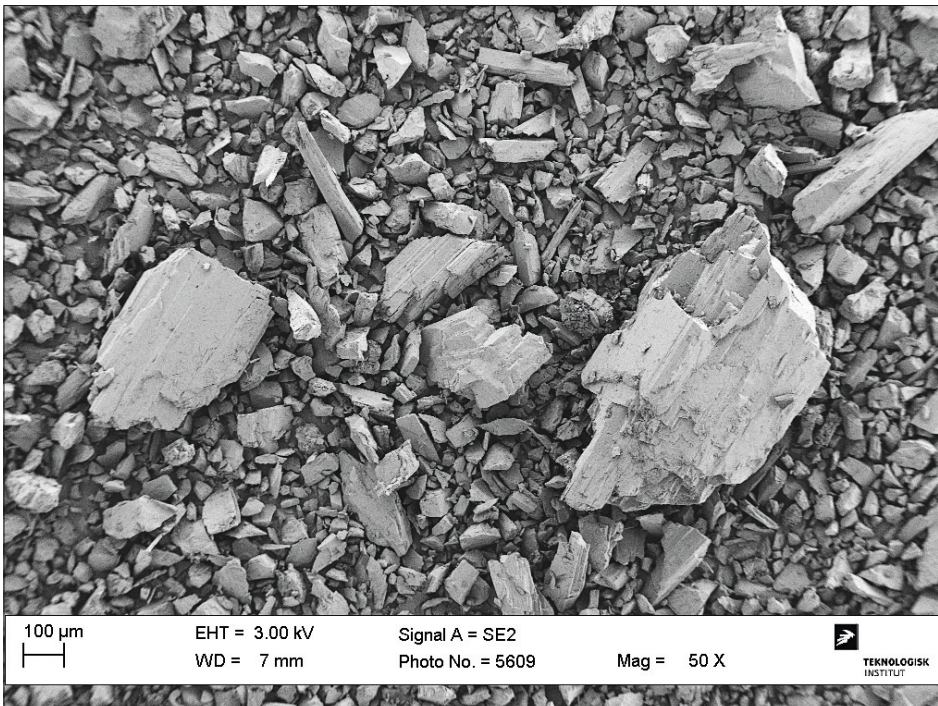


Figur 4. Fremstilling af murstensvæg med mørtel, der har et indhold på 93% arvedsonit-fraktion fra malmen fra Sydgrønland.

mark og internationalt, hvilket i REEGain-projektet førte til, at forskellige anvendelsesmuligheder blev undersøgt og afprøvet.

Inden for byggefaget gik et forsøg ud på at anvende arvedsonit-koncentrat i mørtel. Der blev fremstillet en mørk mørtel med 93% arvedsonit-koncentrat. Der blev lavet en demonstra-

tionsmur med den nye mørtel, figur 4. Det viste sig, at mørtlen var let at mure med, om end den var hurtigere til at sætte sig i forhold til almindelig murstensmørtel. Med tiden blev den mørkegrå farve til lys til middelgrå farve, der lignede almindelig mørtel.



Figur 5. Mikroskopibillede (Scanning Elektron-Mikroskopi, SEM) af arvedsonitkoncentratet. Størrelsen af partiklerne spænder fra 1 µm til 1 mm.

Et andet forsøg gik ud på at erstatte sand med arvedsonit-koncentrat i produktionen af mursten. Når man laver mursten, tilsætter man ofte sand som magringsmiddel, og i dette tilfælde var idéen, at man kunne erstatte sandet og måske få en mursten i mørk farve.

Fremstilling af mursten med arvedsonit

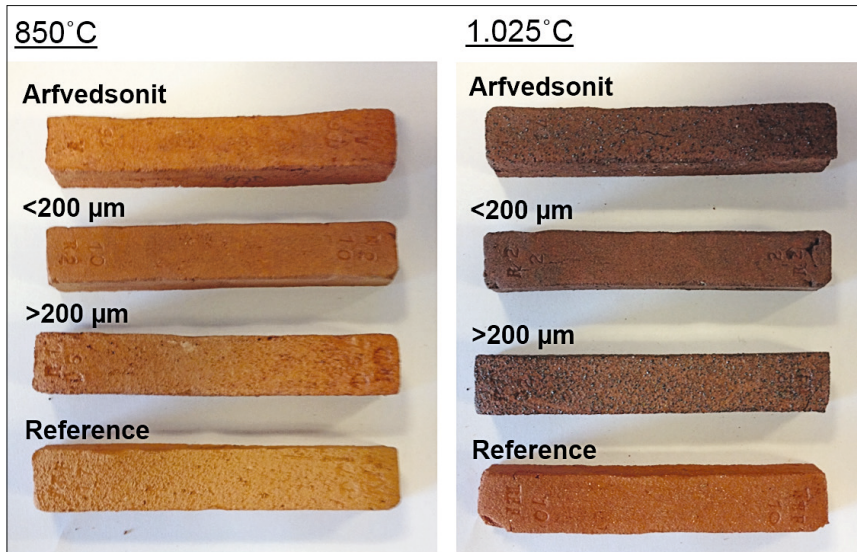
For at se effekten af forskellige kornstørrelser blev arvedsonit-koncentratet delt op i tre portioner:

- En portion mindre end 200 µm (< 200 µm)
- En portion større end 200 µm (> 200 µm)
- En portion repræsenterende hele arvedsonit-koncentratet.

Figur 5 giver et indtryk af kornstørrelsen og kornfacon i arvedsonit-koncentratet.

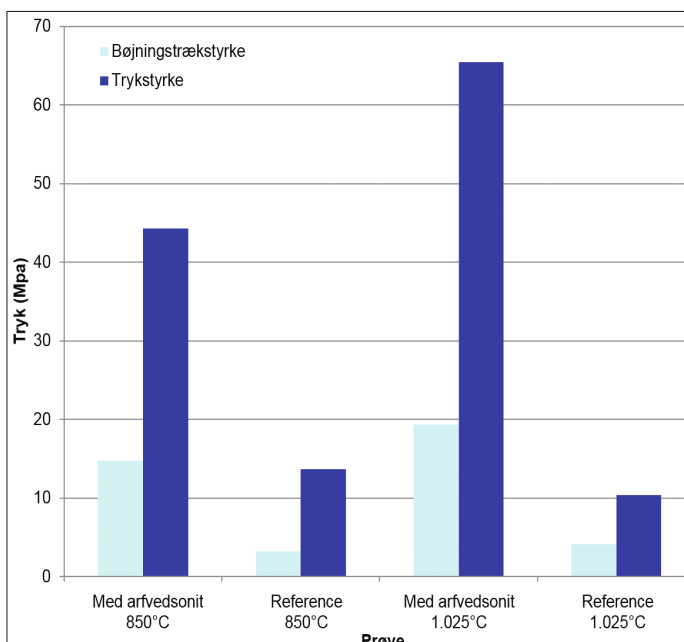
Rød dansk ler fra Vedstaarup Teglværk blev anvendt i testproduktionen. Hver af de tre portioner arvedsonit

blev blandet med det røde ler, således at den iblandede arfvedsonit udgjorde 40 vægt% af murstensmaterialet. I testkørslen (brændingen) blev der anvendt stænger, også kaldet prismen på 2 x 2 x 12 cm. Prismene blev brændt i fem timer ved følgende temperaturer: 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C samt 1025°C.



Figur 6. Mursten (prismer) fremstillet med 40 vægt% materiale fra arfvedsonitkoncentratet ved hhv. 850°C (billedet til venstre) og 1025°C (billedet til højre). Fra top til bund i begge billeder: ren affaldsfraktion med arfvedsonit leveret af Tanbreez, sigtet til over 200 µm, sigtet til under 200 µm og reference-sten uden arfvedsonit. Referencen er som alm. rød mursten.

I figur 6 ses resultaterne af brændingerne, hvor reference-prismen svarer til den sædvanlige type mursten med 40 vægt% sand blandet med rødt ler. Det fremgår af figuren, at prismen med den rene portion arfvedsonit brændt ved 850°C har en farve, der er meget lig den almindelige røde mursten brændt ved 1025°C (nederst til højre i figuren markeret "reference"), og at arfvedsonit-prøverne brændt ved denne temperatur er væsentlig mørkere, hvilket også var håbet.



Figur 7. Bøjningstrækstyrke og trykstyrke for arfvedsonit- og reference-mursten (alm. rød mursten) brændt ved hhv. 850 og 1025°C. Standard brændetemperatur for røde mursten er 1025°C.

Væsentlig øget styrke

Der blev udført diverse standardtests på stenene og disse afslørede nogle overraskende træk. Styrken af stenene, figur 7, var omkring fire gange højere for de sten, hvor arfvedsonit-koncentrat var blevet anvendt i forhold til de sædvanlige mursten (reference) ved en brænding på 850°C, og styrken var seks gange højere ved en brændingstemperatur på 1025°C. Hvor der var anvendt sigtet arfvedsonit-koncentrat, blev der vist samme øgede styrke.

Dette resultat betyder, at mursten fremstillet af arfvedsonit-koncentrat kan opnå en større styrke ved en brændingstemperatur på 850°C end den normale sandbaserede mursten, der normalt brændes ved 1025°C. Det vil sige, at der kan anvendes en væsentlig lavere brændingstemperatur og derved en energibesparelse ved at anvende arfvedsonit-koncentrat som magringsmiddel i murstensproduktionen og så samtidig få en væsentlig stærkere mursten.

Den øgede styrke af det brændte murstensmateriale åbner op for andre aspekter som f.eks. i fremstillingen af tagsten, hvor det stærkere materiale vil være mere holdbart og desuden gøre det muligt at fremstille tagsten tyndere end normalt og dermed gøre det muligt at gøre tagkonstruktionerne lettere. Alt i alt ser det ud til, at denne form for produktion vil være ressourcebesparende.

Anerkendelse

REEgain-projektet er støttet af Innovationsfonden i Danmark. Kontrakt 11-118451.

E-mail:

Andreas Peter Vestbø: aspv@teknologisk.dk

Kilder

1. www.tanbreez.com.
2. Hans K. Schönwandt, et al., 2016, "Rare Earths Industry – Technological, Economic, and Environmental Implications", p. 73, Elsevier.
3. European Commission, Maj 2014, "Report on Critical Raw Materials for the EU: Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials", tilgængelig på <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/10010/attachments/1/translations/en/renditions/native> (hentet maj 2016).
4. Joni S. Adiansyah, December 2015, "A framework for a sustainable approach to mine tailings management: disposal strategies", Journal of Cleaner Production Vol. 108, PartA, p. 1050.
5. Stuart Kirsch, 2010, "Sustainable Mining", Dialectical Anthropology Vol. 34, p. 87.
6. www.reegain.dk, Dansk Innovationskonsortium (2012-2016) bestående af partnere fra industri, GTS-institut og universiteter i Danmark.

Pipettecenteret

Kalibrering og service af alle fabrikater pipetter.

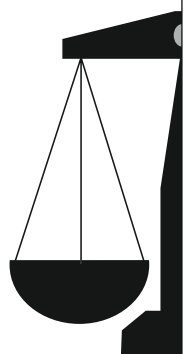
Vi kalibrerer både ved indsendelse eller på kundens adresse.

Salg af pipetter og laboratorie varer.



Pipettecenteret

Skovkanten 41 · 4700 Næstved
Tlf. 55 73 62 05 · Mobil 30 33 32 49
Email: nielslindgaard@stofanet.dk
www.pipettecenteret.dk



Ny metode til måling af polyfosfat i spildevandsslam

ReCoverP-projektet har nu været i gang i et år, og her præsenteres de første resultater af samarbejdet, hvor det netop er lykkedes at udvikle en metode, der specifikt kan identificere og kvantificere polyfosfater i spildevandsslam - ved brug af ^{31}P NMR spektroskopi.

Af Kasper Reitzel¹, Per Halkjær Nielsen^{2*}, Line Boisen Staal¹, Marta Nierychlo², Ulla Gro Nielsen³ og Charlotte Jørgensen¹

¹ Biologisk Institut, Syddansk Universitet

² Center for Microbial Communities, Institut for Kemi og Biovidenskab, Aalborg Universitet

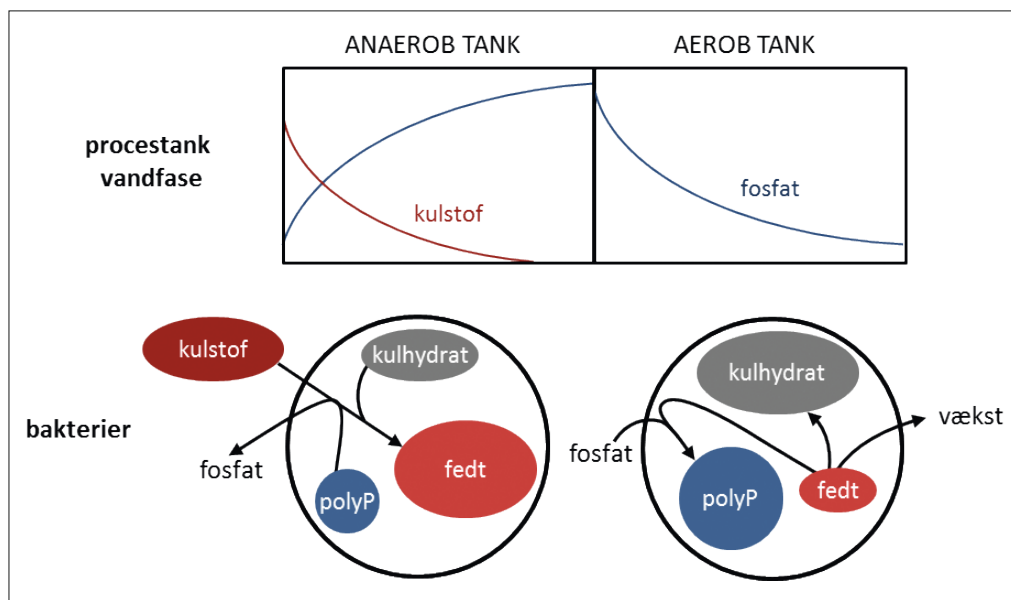
* Per Halkjær Nielsen er leder af projektet ReCoverP

³ Institut for Fysik, Kemi og Farmaci, Syddansk Universitet

Som beskrevet i et tidligere nummer af Dansk Kemi [1], er formålet med det fire-årige forskningsprojekt "ReCoverP" (bevilliget af Innovationsfonden), at foreslå en ny strategi til optimeret fosforgenanvendelse fra spildevandssystemer baseret på en bedre forståelse af fosforforbindelsernes sammensætning i spildevand, rensesanlæg, overskudsslam og biogasreaktor.

En af de vigtigste forudsætninger for at kunne optimere genbrug af fosfor fra vores rensesanlæg er, at vi kan identificere de

relevante fosforforbindelser i rensesanlægget, og efterfølgende forstå de transformationer, som fosforen undergår i de forskellige deltrin gennem hele rensesanlægget. Når vi kender betydningen af de forskellige processer for fosforformerne, samt de enkelte fosforformers anvendelighed til f.eks. gødning eller som råstof i industrien, vil det være muligt at optimere rensesanlægene, således at produktionen af genanvendeligt fosfor øges. Et af de første skridt i denne retning er at følge mængden og den kemiske speciering af fosfor i et rensesanlæg ved at opstille en massebalance for anlægget. Dette er i sig selv en kompliceret øvelse, da det kræver, at man kender mængden af det fosforrige spildevand, opholdstiden af dette på anlægget, samt de processer, der undervejs påvirker fosforforbindelserne. Det kan være adsorption eller mikrobiel omdannelse i det aktive slam eller under bioforgasning, og det kan være udfældninger af f.eks. struvit i rørsystemerne. Et af delprojekterne i ReCoverP er således at lave en detaljeret fosformassebalance over et rensesanlæg.



Figur 1. Biologisk fjernelse af fosfor i rensesanlæg. En stor del af den P, som kommer ind med spildevandet, kan opsamles som polyfosfat i visse bakterier. Disse bakterier kaldes under et for polyfosfat-akkumulerende organismer (PAO). Man kan berige mængden af PAO ved at udsætte dem for skiftende iltfri (anaerobe) og iltede (aerobe) forhold på rensesanlæggene. I den anaerobe fase optager de substrat (kulstof) fra spildevandet og lagrer det som fedt. Energien får de fra nedbrydning af polyfosfat og kulhydrater. I den efterfølgende iltede fase, hvor der ikke er noget eksternt substrat til stede, optager de fosfat igen og vokser. Det sker ved at bruge fedt som energi- og kulstofkilde. Man høster dagligt biomasse med højt P-indhold fra den aerobe tank. Det kan direkte bruges som gødning på markerne, eller det kan overføres til rådnetanke (biogasanlæg), hvor polyfosfat frigives som fosfat og efterfølgende kan udfældes som f.eks. struvit.

Hvordan følges fosforstrømmen?

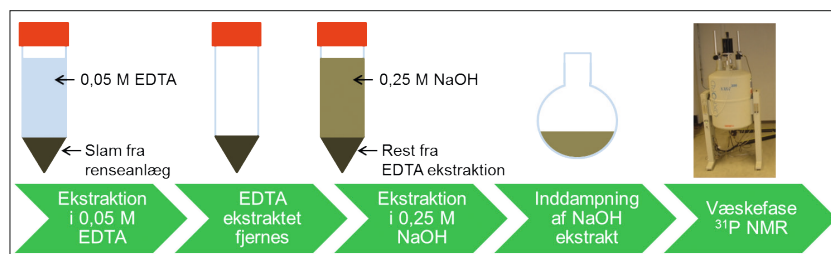
For at kunne følge fosforstrømmen gennem rensesanlægget, skal vi kunne identificere og kvantificere de vigtigste fosforforbindelser i spildevandet undervejs. Tidligere undersøgelser af aktivt slam fra rensesanlæg har vist, at fosfor især findes som frit fosfat, calcium- og jernfosfater, organisk-bundet fosfat og polyfosfater. Specielt polyfosfater forekommer i store mængder (>30% af total P) i anlæg med biologisk fosforfjernelse. Disse polyfosfater dannes under iltede forhold ud fra frit fosfat i spildevandet af særlige bakterier, de såkaldt polyfosfat-akkumulerende organismer (PAO'er). Denne polyfosfat kan frigives som fosfat fra PAO'erne under iltfrie forhold, figur 1.

Polyfosfater er formentlig en af de vigtigste fosforforbindelser i rensesanlæggene, da man potentielt kan styre dannelsen og nedbrydningen af polyfosfater ved f.eks. at ændre på iltkoncentrationen og substrat. Derved bliver det muligt

at frigøre en masse fosfat under kontrollerede forhold, som efterfølgende kan udfældes som f.eks. struvit og derefter genbruges. I Danmark er der i dag et par renseanlæg, som udnytter denne proces og flere kommer til i de kommende år.

Identifikation af polyfosfater

Historisk set har der været anvendt mange forskellige metoder til identifikation af polyfosfater i biologiske matricer, som søsedimenter, jord og spildevandsslam [2].



Figur 2. Metode til polyfosfatidentifikation ved brug af ekstraktion og væskefase ^{31}P NMR spektroskopi. De forskellige trin i metoden er illustreret med grønne pile.

Af metoder kan bl.a. nævnes ekstraktion i 100°C varmt vand, mange forskellige sekventielle ekstraktionsmetoder, anvendelse af polyfosfatspecifikke enzymer, samt fluorescerende farvning af polyfosfat med f.eks. 4',6-diamidino-2-phenylindol (DAPI). Desværre er mange af disse metoder behæftet med forholdsvis store usikkerheder, da polyfosfat enten ikke identificeres entydigt, men bestemmes operationelt uden at teste effektiviteten af de forskellige ekstraktionsmetoder, eller da metoderne påvirkes af matricen eller polyfosfatlængden.

En af de mest lovende metoder til identifikation af polyfosfater er ^{31}P NMR spektroskopi (^{31}P NMR), der foruden identifikation af polyfosfater også bruges til at bestemme andre typer af fosfater, som f.eks. fosfor bundet i DNA, lipider og sukkerforbindelser. Væskefase ^{31}P NMR har været anvendt i størsteparten af de publicerede undersøgelser af polyfosfat i biologiske matricer. Her bliver matricen som regel ekstraheret i en NaOH-opløsning, der ofte kombineres på forskellige måder med EDTA, der kompleks-binder metalioner, og derved øger kvaliteten af ^{31}P NMR-spek-tret. Man har længe vidst, at væskefase ^{31}P NMR kunne bruges til specifikt at identificere polyfosfat. Men da man er afhængig af en ekstraktion, har det været et åbent spørgsmål, hvorvidt al polyfosfat i den biologiske matrice bliver ekstraheret, og om der evt. sker kemisk omdannelse af polyfosfaten i opløsningen.

Vi har derfor udviklet og testet en ^{31}P NMR-metode til bestemmelse af polyfosfat i spildevandsslam, hvor de overordnede krav til metoden har været:

1. Høj ekstraktionseffektivitet af polyfosfat i slammet.
2. Begrænset kemisk omdannelse af polyfosfat under ekstraktion.
3. Høj kapacitet af analysemetoden.

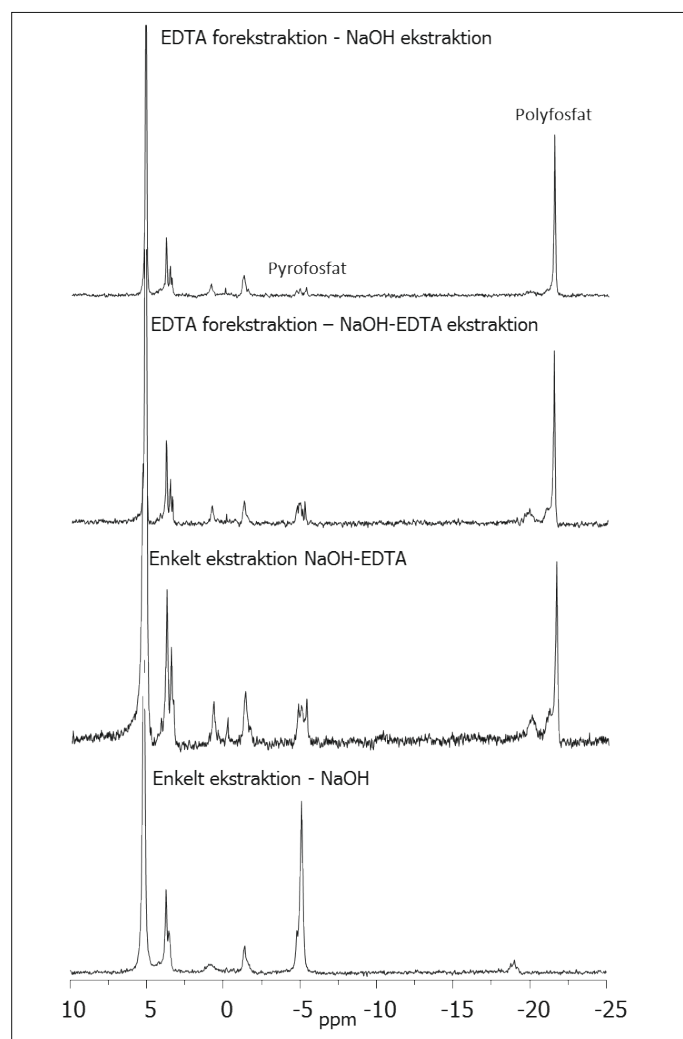
Design af ^{31}P NMR-metode til bestemmelse af polyfosfat i spildevandsslam

Vores udgangspunkt for udvikling af metoden til bestemmelse af polyfosfat, var, at vi ønskede at anvende væskefase ^{31}P NMR. Det gjorde vi da:

- 1) væskefase ^{31}P NMR-spektre har betydeligt højere opløsning end faststof ^{31}P NMR-spektre.
- 2) resonanserne fra polyfosfat og aluminiumfosfater har samme kemiske skiftområde i faststof ^{31}P NMR-spek-tret, og de kan derfor være svære at adskille og
- 3) man kan analysere flere prøver med væskefase ^{31}P NMR (ca. tre timer pr. prøve) end med faststof ^{31}P NMR (24-48 timer pr. prøve).

For at optimere og udvikle en specifik ^{31}P NMR-metode til identifikation af polyfosfater i spildevandsslam startede vi derfor med at teste forskellige ekstraktionsmetoder, der tidligere har været anvendt til ekstraktion af organisk fosfor samt uorganiske polyfosfater. Resultatet var, at den største mængde af langkædede polyfosfater blev ekstraheret, hvis vi for-ekstra-herede vores slam i 0,05 M EDTA og efterfølgende ekstra-herede slammet i 0,25 M NaOH, figur 2. Undlod vi f.eks. at bruge for-ekstraktionen med EDTA blev de langkædede polyfosfater

nedbrudt til pyrofosfat, figur 3. Ekstraktionseffektiviteten ved brug af EDTA efterfulgt af NaOH var ca. 50% af den totale fosformængde i slammet. Det betyder, at vi ud fra væskefase ^{31}P NMR-analysen ikke kan vide, om der er mere uidentificeret polyfosfat tilbage i slammet, eller om en del af polyfosfaten nedbrydes til f.eks. fosfat i NaOH-ekstraktet. Derfor valgte vi at kombinere vores væskefase ^{31}P NMR-analyse med faststof ^{31}P MAS NMR. Det gav os mulighed for at kvantificere den totale mængde af langkædede polyfosfater i slammet uden forudgående potentiel destruktiv behandling af slammet i NaOH. Derudover testede vi også, hvordan for-ekstraktionen i EDTA påvirkede forekomsten af langkædede polyfosfater, figur 4, side 26.



Figur 3. Forskellige væskefase ^{31}P NMR-spektre af aktivt slam. Figuren viser, hvordan polyfosfattoppen ved ca. -22 ppm mindskes kraftigt og omdannes til pyrofosfat, hvis der ikke anvendes en for-ekstraktion i EDTA. NMR-spektrene er optaget på et 200 MHz NMR spektrometer.

De første resultater fra faststof ^{31}P NMR analysen indikerede, at kun omkring 40% af polyfosfaterne blev ekstraheret med NaOH, eller at en stor del af polyfosfaten blev nedbrudt til bl.a. fosfat i vores NaOH-ekstrakt. Ved nærmere undersøgelser fandt vi dog, at en stor del af fosforen i slammet ikke blev observeret i faststof ^{31}P MAS NMR-spektret, da denne del af fosforen var bundet i uorganiske jern-fosfater (f.eks. strengit), der på grund af jernets magnetiske egenskaber ikke observeres inden for det normale spektralvindue (-500 til 500 ppm) [3]. Dette er et kendt problem i jordøkologien, og kan omgås ved at sammenligne intensiteten, vi observerede i faststof

^{31}P MAS NMR-spektrene med et spektrum af en fosfatstandard med et kendt fosforindhold [4]. Fra ^{31}P MAS NMR-spektret af fosfatstandard blev den signalintensitet, man kan forvente af en kendt mængde fosfor, fundet. Ved sammenligning af den forventede signalintensitet med den aktuelle signalintensitet i ^{31}P faststof NMR-spektrene så vi, at der "manglede" intensitet i NMR-spektrene. Andelen af "usynligt" fosfor i faststof ^{31}P MAS NMR-spektrene var lineært korreleret med jernindholdet i prøven. Det betyder, at det, som vi troede udgjorde 100% af vores fosfor i NMR-spektret, rent faktisk kun udgjorde en mindre andel, og at vi derfor overestimerede mængden af polyfosfat i vores faststof ^{31}P NMR-prøver. Ved at korrigere vores ^{31}P MAS NMR-spektre for den "usynlige fosfor" fandt

vi, at den totale polyfosfatmængde fundet ved faststof ^{31}P MAS NMR-spektroskopi, var identisk med polyfosfatmængden fundet med væskefase ^{31}P NMR spektroskopi. Det viser, at al polyfosfat bliver ekstraheret fra slammet og at polyfosfaten ikke undergår kemisk omdannelse i NaOH-ekstraktet.

Yderligere test af slammet

Som tidligere beskrevet kan man ikke være sikker på, at signalet omkring -25 ppm i faststof ^{31}P MAS NMR-spektret kun er signaler fra polyfosfater, da man også vil forvente at finde signaler fra aluminiumfosfater i dette område. Derfor blev det testet, hvorvidt hele signalet fra -25 ppm kommer fra polyfosfater. Det blev gjort ved at vaske slammet i vand og hexanol. Denne metode anvendes i jordøkologien til at bestemme mikrobielt fosfor, da hexanolen åbner og ødelægger de mikrobielle cellevægge, så den mikrobielle fosfor frigives fra biomassen. Som det ses af figur 4, forsvinder hele polyfosfattoppen, efter at slammet er blevet ekstraheret i hexanol. Dette viser, at der ikke er noget forstyrrende signal fra aluminiumfosfater, og at vi derfor kan bruge resultatet fra faststof ^{31}P NMR til at kvantificere den totale mængde af polyfosfater og derved verificere vores væskefase ^{31}P NMR-metode. Udover at bruge metoden til at identificere og kvantificere polyfosfat i slam kan metoden også bruges med henblik på at beskrive relevante processer. Således blev metoden brugt til at undersøge indholdet af polyfosfat i bakterierne før og efter den anerobe frigivelse af fosfat fra det aktive slam. Det viste, at bakteriebiomassen frigav en fosfatmængde næsten tilsvarende den totale polyfosfatmængde, der blev fundet vha. ^{31}P NMR spektroskopi, hvilket betyder, at disse bakterier stort set udskiller alle polyfosfater under anerobe forhold.

Med metoden til identifikation og kvantificering af polyfosfater på plads, er næste skridt nu at gå videre med analyserne af fosforsammensætningen på udvalgte danske renseanlæg.

Yderligere information

Foruden danske og udenlandske universiteter deltager udvalgte danske forsyninger og rådgivere for at sikre, at den nye viden kommer det danske samfund til gode, både via forbedrede teknologier til fosfor-genbrug og via nye arbejdspladser i forbindelse med en øget konkurrenceevne på det globale marked. Ønskes mere information om ReCoverP projektet henvises til hjemmesiden <http://www.en.bio.aau.dk/recoverp>.

Tak

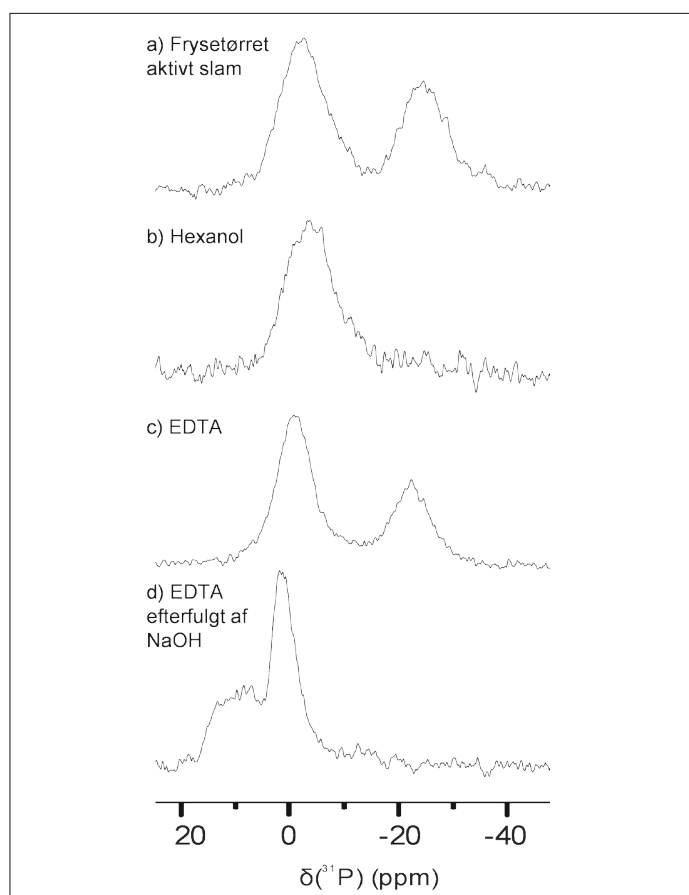
Projektet har modtaget økonomisk støtte fra Innovationsfonden. Derudover støttes Ulla Gro Nielsen af et Villum Young Investigator Fellowship.

E-mail:

Kasper Reitzel: reitzel@biology.sdu.dk

Litteratur

1. Reitzel, K., Nielsen, P.H., Christensen, M.L., Qu, H., Wimmer, R., Nierychlo, M., Jørgensen, C. & U.G. Nielsen (2015). ReCoverP – genvinding af fosfor fra spildevandsslam. *Dansk Kemi* 6: 25-27.
2. Hupfer, M., Gloss, S., Schmieder, P. and Grossart, H.P. (2008). Methods for detection and quantification of polyphosphate and polyphosphate accumulating microorganisms in aquatic sediments. *International Review of Hydrobiology* 93(1), 1-30.
3. Kim, J., D.S. Middlemiss, N.A. Chernova, B.Y.X. Zhu, C. Masquelier and C.P. Grey (2010). "Linking Local Environments and Hyperfine Shifts: A Combined Experimental and Theoretical ^{31}P and ^{7}Li Solid-State NMR Study of Paramagnetic Fe(III) Phosphates". *Journal of the American Chemical Society* 132(47): 16825-16840.
4. Dougherty, W.J., R.J. Smernik and D.J. Chittleborough (2005). "Application of spin counting to the solid-state P-31 NMR analysis of pasture soils with varying phosphorus content". *Soil Science Society of America Journal* 69(6): 2058-2070.



Figur 4. ^{31}P faststof MAS NMR-spektre af:

- a) Frysetørret aktivt slam fra Ejby Mølle Renseanlæg
 - b) Hexanol-ekstraheret aktivt slam fra Ejby Mølle Renseanlæg
 - c) EDTA-ekstraheret aktivt slam og
 - d) Aktivt slam ekstraheret med EDTA efterfulgt af NaOH.
- Det ses, hvordan signalet fra polyfosfat omkring -25 ppm ligger adskilt fra de øvrige signaler (a), og at hexanolekstraktion fjerner hele polyfosfatsignalet (b). EDTA-ekstraktion ændrer ikke mængden af polyfosfat (c), hvorimod NaOH-ekstraktionen fjerner al polyfosfat fra faststof NMR-spektret (d). Spektrene er optaget på et 600 MHz NMR-spektrometer. Figuren viser ^{31}P kemisk skift området.

Foråret og sommeren er til urteindsamling

Af Jens Folke

Siden det nordiske køkken har ramt Danmark med Noma og de andre gourmetrestauranter i spidsen, er det blevet utrolig populært at indsamle urter og rødder til madlavning, kryddersnaps m.m. Her i maj lavede jeg således en tur med Nordvestsjællands Naturhistoriske Forening (NVNF.dk) til Odsherred, hvor vi indsamlede mange forskellige urter til brug for en treretters menu, som senere på dagen blev frembragt på min bopæl.

Kold kartoffelsalat:

Her brugte vi ramsløg og skvalderkål. Pynt af blomster af ramsløg.

Coleslaw:

Her brugte vi strandkvan og røllike. Kvanen gav en lidt krydret/sødlig smag.

Dessert: Mynteiscreme:

Der blev brugt en håndfuld frisk vandmynte til flødeisen.



Nogle af NVNF's botanikkyndige medlemmer i gang med at rense og sortere urterne.

Forret: Høns i syltede asparges:

Her brugte vi strandarve, lægekogleare, løgkarse (lidt) og strandbeder. Pynt af tandfri vårsalat.

Hovedret baseret på friskhakket svinebov:

Sankefrikadeller:

Skvalderkål, stor brændenælde, ramsløg, herunder ramsløgsknopper.

Strandpølse:

Her brugte vi strandarve og strandbeder. Pølsen blev desuden også krydret med pulveriserede, grønne peberkorn.

Mange af disse forårsurter var før i tiden af stor vigtighed. F.eks. var lægekogleare en vigtig kilde til C-vitamin ovenpå vinteren.

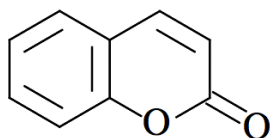
I de arktiske egne blev kvan før i tiden ligefrem syltet med sælspek, efter sigende for at få tilstrækkelig C-vitamin. Nyere undersøgelser viser dog, at kvan er en dårlig kilde til C-vitamin, specielt indeholder stilkene (som primært blev anvendt) helt utilstrækkelige mængder af C-vitamin til at kunne dække behovet [1].

Men vilde urter indeholder ikke kun vitaminer. Kvan indeholder f.eks. terpener, kumarin, angelicin, tannin, ►

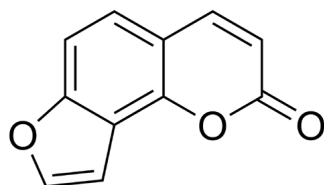


Kvan, strandkål, mælkebøtte, strandløg, ramsløg og brændenælde.

β -terebangelen (som skulle give kvan dens karakteristiske lugt, $C_{10}H_{16}$, men hvad er strukturen af duftstoffet/stofferne? - jeg har ikke kunnet finde den), samt organiske syrer: Methylethyl-eddikesyre og hydroxymyristinsyre [1].



Kumarin



Angelicin

Tag som et eksempel kumarin, en lacton, som afgiver en karakteristisk høduft, og som findes i mange urter og græsser, f.eks. lavendel, skovmærke, feldgræs, guldaks m.fl., der alle er kendt som gode snapseurter. Kumarin er betænkeligt, fordi det i større mængder har vist sig at være kræftfremkaldende i rotter og mus. Heldigvis er der en ikke-lineær dosis-responssammenhæng således, at det betragtes som ufarligt i mindre doser [2]. Det er altså metabolitter, der forårsager toksiciteten.



En anretning med sankefrikadeller.

Ligesom ved svampeindsamling, hvor man skal kende arternes karakteristika, skal man kende lidt til botanik for ikke at komme galt afsted med at sanke urter. Ramsløg kan således for den ukyndige forveksles med både høsttidløs og liljekonval. 60 g høsttidløs er normalt dødelig dosis [3], idet både lunger, lever og nyrer svigter. Og liljekonval kan tage sig af hjertet på dødelig vis.



Forfatteren i gang med stopning af strandpølse.

Andre planter, man bør kende for deres giftighed, er f.eks.:

- Bidende stenurt
- Bingelurt
- Bittersød natskygge
- Bjørneklo
- Dansk ingefær
- Dunet gedebled
- Druehyld
- Fingerbøl
- Gifttyde
- Hundepersille
- Sommerhyld
- Skarntyde
- Taks
- Thuja

Når man tæller det sammen, er der såmænd nok flere giftige planter end "lækre", giftige storsvampe, men de fleste er mere bange for svampene. Man skal tage sig i agt i begge tilfælde, og mådeholdent indtag er under alle omstændigheder en dyd. I store nok doser er alt jo stort set giftigt.

Mange af de vilde urter er stamfader til urtehavens planter. F.eks. blev strandkål dyrket i Middelalderen og er siden blevet forædlet til de kåltyper, vi kender fra supermarkedet i dag. Forædling har også haft stor betydning, f.eks. er rapsolie i dag fri for de glykosider, der tidligere forhindrede brug af en jomfru-rapsolie, som den berømmede bornholmske rapsolie.

E-mail:

Jens Folke: jens.folke@lean6sigma.eu

Referencer

1. <http://www.medicinurter.dk/herbarium/fjeldkvan>.
2. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10418958>.
3. Helle Buchardt Boyd, "Kend de spiselige vilde planter – og undgå de giftige". Foreningsforlaget, 2014.

Kan du hjælpe med kvans struktur?

Er der mon én blandt læserne, der kender strukturen duftstoffet fra kvan $C_{10}H_{16}$, kaldet β -terebangelen ($C_{10}H_{16}$)? Så må du meget gerne kontakte mig på den angivne mail-adresse.

Ny serie blækstråleprintere

ACT Logimark, der har forhandlet Linx blækstråleprintere i næsten 25 år, præsenterer den nye serie, der er yderligere videreudviklet og forbedret i forhold til model 7900.

Den nyligt lancerede Linx 8900 blev hurtigt populær, og Linx har derfor brugt den som udgangspunkt for den nye serie. Nedenfor kan man læse mere om 8920 og 8940. Med dem tilbydes egenskaber, som opfylder vigtige faktorer i produktionerne.

8940 i hovedtræk

- Hurtigere skrivehastighed;
- 6,2 m/s (en linje)
- 4,1 m/s (to linjer)
- Printer op til 5 linjer

- Kan skrive Datamatrix- og QR-koder
- Længere serviceinterval (24 mdr.)
- Servicemodul, som gør det let at udføre service
- Blæk og solvent i patroner – enkelt og renligt
- IP65

8920 i hovedtræk

- Hurtigere skrivehastighed
- Printer op til 5 linjer
- Længere serviceinterval (24 mdr.)
- Servicemodul, som gør det let at udføre service
- Blæk og solvent i patroner – enkelt og renligt
- IP65



Yderligere information:
ACT Logimark
Anne Tove Håveødegård
ath@act-gruppen.com
www.act-gruppen.com

DISCmini nanopartikelmåler



Buhl & Bønsøe A/S præsenterer fra tyske Testo AG, Testo DISCmini nanopartikelmåler. Det er et håndholdt instrument, som viser koncentration af partikelstøv, gennemsnitlig partikeldiameter og eksponering af lungen. Instrumentet bruges til at måle personlig eksponering, arbejdsområdeeksponering, epidemiologiske studier og studier af omgivende luft.

Begreberne fine partikler, fint støv eller partikelstøv dækker over luftpartikler, som ikke straks falder til jorden, men som bliver i atmosfæren et stykke tid. Disse små partikler kan ikke ses

med det blotte øje. Kun under særlige atmosfæriske forhold, ses disse partikler som smog. Partikelstøv er den atmosfæriske forurening, som har den værste påvirkning på helbredet. Inden for de sidste år er partikelstøv blevet et af de største helbreds- og miljømæssige fokusområder for WHO (World Health Organization). Det skønnes, at der på verdensplan dør mere end 1,3 millioner mennesker om året i byer med mere end 100.000 indbyggere. Dieselemission spiller desuden en rolle i forhold til klimaforandring. Dieselemission producerer flere partikler pr. luft-

volumenend benzinemission, og jo højere partikkelkoncentrationen er i den omgivende luft, jo højere er risikoen for lunge- og hjertesygdomme. Og mennesket har ikke nogen forsvarsmekanisme mod partikelstøv – især ikke mod partikler fra udstødning.

Testo DISCmini nanopartikelmåler er et godt værktøj i kampen mod partikelstøv og dets påvirkning på menneskets helbred.

Yderligere information:
Heidi Terndrup
Tlf. 45 95 04 17
hte@buhl-bonsoe.dk

Nøjagtig og robust Vortex-måler

Endress+Hauser præsenterer Vortex-måler, Prowirl 200, der byder på en række nye funktioner.

Den vigtigste funktion for alle Vortex-målere er at lave en nøjagtig måling på volumenstrøm af væsker, gasser eller damp i industrielle applikationer. Denne måler er særlig velegnet til fødevarer (utilities) - og olie- og gasindustrien, hvor nøjagtigheden er vigtig.

En anden meget vigtig funktion er målerens robusthed. Prowirl 200 kan modstå både vibrationer og termisk chok.

Generelt kan man spare mange penge i flowmålerens levetid. Ikke blot fordi den nøjagtige måler sikrer en høj kvalitet og minimalt spild, men også pga. den høje robusthed. Måleren har løbende selv-verificering kombineret med en sensor-

kalibrering, der holder gennem hele flowmålerens levetid – den kræver intet vedligehold.

Måleren er 2-faset, hvilket betyder, at den kan måle væske, gas eller damp uden at man behøver at lave forudindstillinger. Den kan endda give alarm ved våd damp, hvilket i værste fald kan forårsage skade eller en forringelse af processen. Måleren har integreret temperaturmåling, hvilket betyder, at man kan få en meget præcis måling af masse og energistrøm af mættet damp.

Den er let at installere og kan anvendes i sikkerhedsområder.

Yderligere information:
Endress+Hauser
www.dk.endress.com



Leverandørregister

Analyse

F

Fermentering og cellekultur-udstyr



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Nordens største sensor og analyser udvalg til lab, pilot og proces

FTIR-udstyr



Bruker Optics Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-17067 Solna
Tlf. +46 8 655 25 30 -
Fax +46 8 655 25 99
www.bruker.com

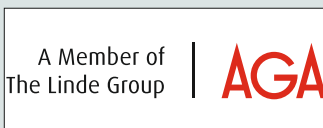
G

Gasdetektorer



Dräger Safety Danmark A/S
Lyskær 9
2730 Herlev
Tlf. 44 50 00 00 - Fax 44 50 00 01
draeger-safety.dk@draeger.com
www.draeger.dk

Gasser



AGA A/S
Vermlandsgade 55
2300 København S
Tlf. 32 83 66 00 - Fax 32 83 66 01
www.aga.dk
Specialgasser

L

Laboratoriearmaturer

Broen LAB A/S
Drejervænget 2
5610 Assens
Tlf. 63 76 63 76
lab@broen-lab.com
www.broen-lab.com

Laboratorieudstyr



Frederiksen Scientific A/S
Viaduktvej 35
6870 Ølgod
Tlf. 75 24 49 66 - Fax 75 24 62 82
info@frederiksen.eu
www.frederiksen.eu

M

Massespektrometre, proces



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Svanholm.com er distributør af Thermo Scientific proces MS

Massespektrometre



Bruker Daltonics Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-17067 Solna
Tlf. +45 20 21 54 44 -
Fax +45 47 31 74 44
www.bruker.com



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
MS til fermenterings-offgas samt styring af farmaceutisk vakuumtørring

N

NIR-analyse/-udstyr



Bruker Optics Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-17067 Solna
Tlf. +46 8 655 25 30 -
Fax +46 8 655 25 99
www.bruker.com



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Online proces NIR til R&D og GMP i pulvertørring og pulver-opblanding

NMR-analyseudstyr



Bruker BioSpin Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-17067 Solna
Tlf. +46 8 655 25 10 -
Fax +46 8 655 25 99
www.bruker.com

O

Opvaskemaskiner



KEN A/S
Bøgebjergvej 60, Brobyværk
5672 Broby
Tlf. 62 63 10 91
www.ken.dk



Miele A/S PROFESSIONAL
Erhvervsvej 2
2600 Glostrup
Tlf. 43 27 11 00 - Fax 43 27 15 09
professional@miele.dk
www.miele.dk

R

RAMAN-udstyr



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Håndholdte (ID) + transportable Raman spektrometre med høj nøjagtighed

Produktion

E

Etikettering

LSS Etikettering A/S
Normansvej 8
8920 Randers NV
Tlf. 70 20 25 00 - Fax 70 20 10 44
info@lss-dk.com
www.lss-dk.com

F

Faremærkning



Pekema A/S

Dam Holme 14-16

3660 Stenløse

Tlf. 44 92 62 00

pekema@pekema.dk

www.pekema.dk

www.barsafe.dk

Software til CLP mærkning, printere og etiketter.

Vi er specialister i produktmærkning

Å

Åndedrætsværn



Dräger Safety Danmark A/S

Lyskær 9

2730 Herlev

Tlf. 44 50 00 00 - Fax 44 50 00 01

draeger-safety.dk@draeger.com

www.draeger.dk

Service & miljø

P

Patenter



Chas. Hude A/S

H.C. Andersens Boulevard 33

1780 København V

Tlf. 33 19 34 00 - Fax 33 19 35 00

chashude@chashude.com

www.chashude.dk



LBKPATENT ApS

Ole Maaløes Vej 3

2200 København N

Tlf. 30 50 38 78

lbk@lbkpatent.dk

www.lbkpatent.dk

Software

A

Arbejdspladsbrugs- anvisninger og etiketter



CHYMEIA ApS

Universitetsparken 2

4000 Roskilde

Tlf. 72 40 16 22

info@chymeia.dk

www.chymeia.dk

APB/SDS software med beregning af CLP klassificeringer

Find også dansk kemi her:

www.kemifokus.dk

www.facebook.com/UNG.KEMI

**Er dit firma ikke allerede med i dansk kemi's
leverandørregister, så vær med fra næste nummer!**

Priser på optagelse:

Pr. produkt: Kr. 238,-

Farvelogo: Kr. 225,-

Ekstra linjer: Kr. 61,-

Alle priser er pr. stk. pr. udgave ekskl. moms.

Vælg selv det eller de produkter, du ønsker at stå under.
Vi opretter gerne et nyt produkt, hvis ikke der er et egnet i
forvejen.

*Optagelsen løber for et kalenderår ad gangen,
men faktureres halvårligt.*

Kontakt:

Heidi Thode,

Tlf. 43 24 26 62, direkte

E-mail: ht@techmedia.dk

Eksempel på optagelse i leverandørregistret:

Fagbladsforlag (produktoverskrift) - kr. 238



(fimalogo) - kr. 225

TechMedia A/S

Naverland 35

2600 Glostrup

Tlf. 43 24 26 28 - Fax 43 24 26 26

info@techmedia.dk

www.techmedia.dk

Nordens største fagbladsforlag (ekstra linie) - kr. 61

Samlet pris for ovenstående optagelse er kr. 524

Alle priser er pr. stk. pr. udgave ekskl. moms

Afsender: TechMedia A/S, Naverland 35, DK-2600 Glostrup

Intelligent Chemistry Biolab A/S Automation Specialist

Andrew™

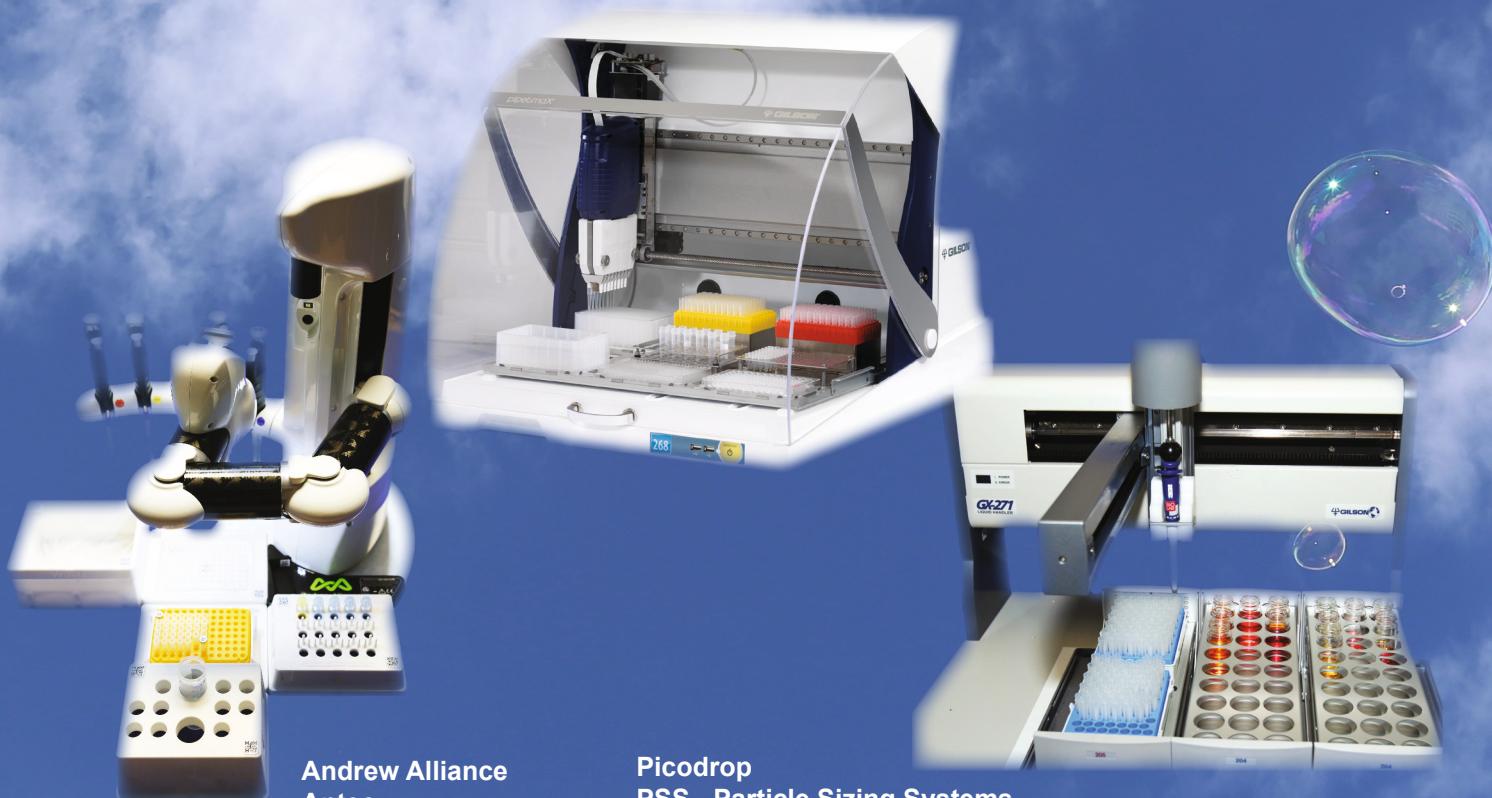
Hands Free Pipetting with the Innovative Pipetting Robot using Original Gilson Pipetman

PipetMax™

The latest Multichannel Automation Robot from Gilson

Microman Auto

Unit from Biolab A/S Automation Solutions based on Gilson GX-271



Andrew Alliance
Antec
Artel
Biokar Diagnostics
Camag
DataApex
EuroProxima B.V.
Genevac
Gilson Inc.
Gilson SAS
Jasco
ManTech Inc

Picodrop
PSS - Particle Sizing Systems
Recipe
Reichert
Rheodyne
RheoSense
Scinco
SP Scientific
Torrey Pines Scientific
TRANSIA GmbH - Industriediagnostika
Upchurch
Virtis



The only limitation is your imagination

Biolab A/S
Sindalsvej 29
DK-8240 Risskov
Telefon 8621 2866
Telefax 8621 2301

E-mail: sales@biolab.dk