

Hjälp! Lössen har blivit resistent mot gifter

# Kemisk tidskrift

N<sup>o</sup>2  
2024

Här skapas  
framtidens  
flygbränsle

Det liknar jetbränsle  
men råvaran är  
koldioxid och vatten

Frida Sandberg  
på Rise i  
Örnsköldsvik  
odlar cyano-  
bakterier som  
tillverkar  
bränslet.

PLUS: Så funkar kokainservetter / Stoppar fuskare i OS / Dödlig mirakelmedicin

# Sommarkampanj hos Fri Tanke

På [fritanke.se](http://fritanke.se) får du som medlem **20% rabatt med koden 'kemi2024'** på hela Fri Tankes utgivning fram t.o.m. 31 augusti. Glöm inte att ange koden i kassan!



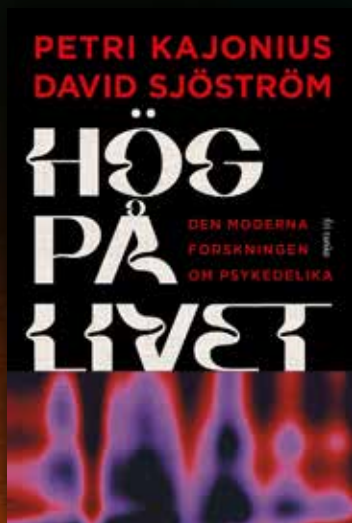
## Einstein Walter Isaacson

I en av 2000-talets mest lästa biografier skildrar Walter Isaacson med sympati och nyfikenhet Einsteins enorma inflytande på vetenskapen, möjliggjort av en stor bildningsresa som börjar med filosofen Immanuel Kant.



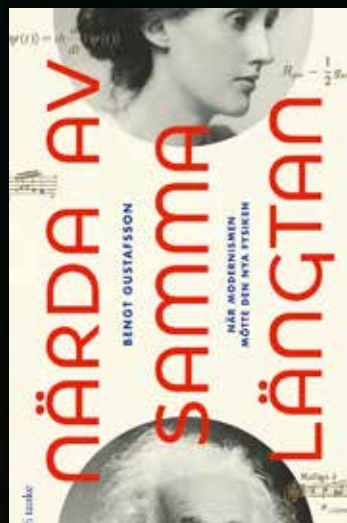
## En sekund i evigheten Ulf Danielsson

Fysikern Ulf Danielsson är känd för sin unika populärvetenskapliga och existentiella röst, både i teve och radio. *En sekund i evigheten* samlar stilla betraktelser över tidsresor, svarta hål och stjärn- och fågelskådningar.



## Hög på livet Petri Kajonius och David Sjöström

I studie efter studie visar sig hallucinogena substanser ha lindrande verkan på depression, beroende och trauma. Två forskare berättar om vad den moderna vetenskapen säger om psykedelikans möjligheter och farhågor, för både individ och samhälle.



## Närda av samma längtan Bengt Gustafsson

I början av 1900-talet revolutionerades konsten och vetenskapen på samma gång. Relativitetsteori, atonal musik, kubistisk konst och kvantmekanik – förlöste de varandra? Astronomen Bengt Gustafsson guidar läsaren genom en nydanande brytningstid.

## Signaler

- [6](#) Kemin bakom stora kolsänkor. Fler använder lustgas.
- [7](#) Han leder labbet som gör dopningstester under OS.
- [8](#) Rekordmånga kol 14-dateringar i fjol.
- [9](#) Nya ämnesplaner för gymnasiet. Många kemilärare är behöriga.
- [10](#) Så kan bakterier bli resistenta. Inget vaccin mot borrelia än.
- [12](#) Så ska fler läsa kemiteknik. Testar läkemedel med mrna-teknik.

## Krönika

- [13](#) August Runemark: Kemistens vandring i naturen.

## Kampen mot lössen

- [14](#) Löss har blivit resistenta mot kemiska medel.

## Så fungerar kokainservetter

- [20](#) Enkelt men långt ifrån specifikt test.

## Hållbart flygbränsle

- [22](#) Genmodifierade bakterier tillverkar bränslet av koldioxid, vatten och ljus.

## Fossilt men högaktuellt

- [28](#) Naturgas eller fossilgas? Vad är rätt benämning?

## Lästips

- [30](#) Giftmordens historia.
- [31](#) Svenska läkemedel – en paradgren.

## Karriär

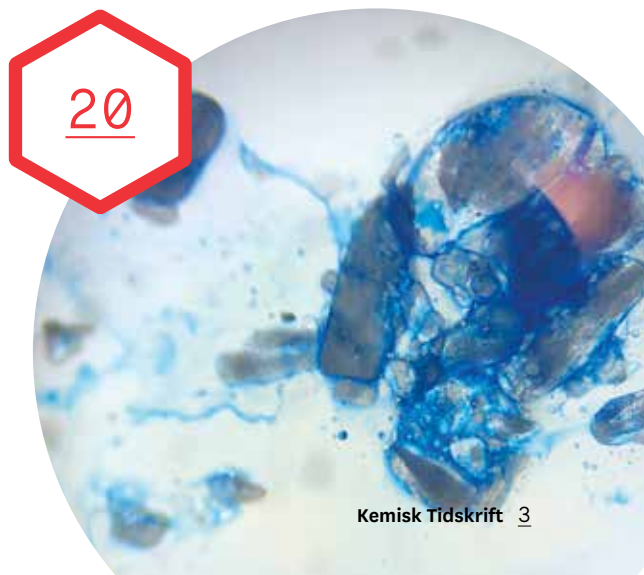
- [32](#) Prisas för utbildningar.
- [33](#) Avhandlingen: Hittar fler förbjudna substanser.

## Till sist

- [34](#) Den dödliga mirakelkuren.

## Medlemssidan

- [35](#) De får Wallenbergs kemipris.



# Ge järnet för kemins skull

**V**intern har släppt sitt järngrepp och vi njuter av blommande träd, fågelsång, varma vindar och fikastunder utomhus – kanske i en härligt gungig klassisk trädgårdsstol med stomme av bockat järn? Bodväggen som rödfärgades för kanske hundra år sedan behöver snyggas till. Efter några tag med borsten är ytan klar för ny slamfärg. Den finns i rött, gult, brunt eller

nästan svart – alla innehåller järnföreningar där bland annat oxidationstal, ligander och motjoner påverkar pigmentens färg. Kobolt – grannen i periodiska systemet – förekommer också i föreningar med intressanta färgegenskaper. Dessa kan till exempel utnyttjas i så kallade kokainservetter som används i arbetet mot droganvändning. Läs om hur de fungerar på sidan 20.

Kvällsmyggorna åtgärdas med smällan av plastnät på ett ståltrådsskaft. För att lätt hitta den och förlänga nätet livstid har den sin egen spik i mörkret bakom en dörr. Alla insekter kommer inte in lika lätt som myggen men kan vara nog så svåra att bli av med. Vägglöss, som vi skriver om på sidan 14, är bäst att låta bli att råka ta hem. Fästingar – inte insekter utan spindeldjur – känns lika onödiga. Myggmedel kanske avskräcker några från att bita direkt, andra liftar in på kläder eller i husdjurets päls och biter senare. Det är inte i första hand blodets järn som vägglöss, myggor och fästingar är ute efter utan matigare komponenter som de behöver för tillväxt och fortplantning.

Med våren kommer även en första indikation på hur väl svenska universitet och högskolor kommer att fylla sina nybörjarplatser till hösten. För utbildningar med stort kemiinnehåll ser det återigen bra ut i ett nationellt perspektiv, både till antalet förstahandssökande och i det totala antalet sökande. Arbetsmarknaden för dem med kemikunskaper är och kommer att förbli god, medan de som anställer givetvis gärna såg ett ännu större utbud av sökande. Och givetvis skulle vi gärna se att ännu fler inser att kemi är så mycket mer än ett utmanande skolämne. För det behöver vi hjälpas åt att tala väl om kemins roll och möjligheter och tydligt bekräfta att de som funderar på att ge sig in på en kemibana är på rätt väg.

Kanske du kan ge ett medlemskap i Svenska Kemisamfundet till den nybakade studenten? Om inte vi är kemins röst, vem ska då vara det? Ge järnet!

**Helena Grennberg är ordförande i Svenska Kemisamfundet och professor i kemi vid Uppsala universitet.**



**Respons:**  
[helena.grennberg@kemi.uu.se](mailto:helena.grennberg@kemi.uu.se)

ges ut av Svenska Kemisamfundet med 4 nr/år.  
Det första numret kom 1887.

## Adress:

Kemisk Tidskrift  
Svenska Kemisamfundet  
Box 55915  
102 16 Stockholm  
[www.kemisamfundet.se](http://www.kemisamfundet.se)

## Chefredaktör:

Siv Engelmark,  
Vetenskapsmedia,  
[siv.engelmark@vetenskapsmedia.se](mailto:siv.engelmark@vetenskapsmedia.se),  
070-560 02 14

## Ansvarig utgivare:

Joakim Andreasson,  
Kemisamfundet,  
[a-son@chalmers.se](mailto:a-son@chalmers.se),  
031-772 28 38

## Grafisk form:

Jesper Möller, ci.se

## Språkgranskning:

Helena Hammarberg Waern  
**Annons och prenumeration:**  
[agnes.rinaldo-matthis@kemisamfundet.se](mailto:agnes.rinaldo-matthis@kemisamfundet.se),  
070-207 48 99

## Produktion:

Vetenskapsmedia i Sverige AB  
Skeppsbron 34  
111 30 Stockholm  
[anders.svensson@vetenskapsmedia.se](mailto:anders.svensson@vetenskapsmedia.se),  
076-868 58 24

## Redaktionsråd:

Ulla Nyman, ordförande;  
Joakim Andreasson, Chalmers;  
Anna Finne Wistrand, KTH; Leif Jönsson, Umeå universitet; Anna Kärrman, Örebro universitet; Gunnar Lidén, Lunds universitet; Erika Lindbom Sierakowiak, Svenska Kemisamfundet; Agnes Rinaldo-Matthis, Svenska Kemisamfundet; Lars Nilsson, Lunds universitet; Oleg Pajalic, Chalmers och Perstorp; Tom Willhammar, Stockholms universitet.

## Omslagsfoto: Elin Nerpin.

**Tryck:** Pipeline Nordic.

**Upplaga:** 2 500.

Kemisk Tidskrift är medlems-tidning för Svenska Kemisamfundet. Följ @kemisamfundet på Facebook, Twitter och Instagram.

 Vetenskapsmedia

 SVENSKA KEMISAMFUNDET  
The Swedish Chemical Society



# Kemilärare?

## Labba, nätverka och fortbilda dig tillsammans med nordiska kollegor på NCL2024



Lär från  
PISA-stjärnan  
Estland

**Datum:** 23-24 september 2024

**Plats:** Kungl. Vetenskapsakademien och Vetenskapens Hus,  
Stockholm

Ta tillfället i akt att träffa kollegor från hela Norden och lära dig det senaste från kemins värld under kemilärarkonferensen Nordic Chemistry Learning Conference, NCL2024. Här kommer du bland annat få ta del av nya inspirerande kemilabbar.

Konferensen har tema grön kemi och kommer att hållas på engelska.

[natkomkemi.se/ncl2024/](https://natkomkemi.se/ncl2024/)



**Nordic Chemistry Learning  
Conference**  
23-24 September  
2024

# Signaler

Organiskt kol från exempelvis växter bryts inte ned så lätt i sjöar.

## Kemin bakom de stora kolsänkorna

Välkänd reaktion gör att mycket organiskt kol lagras i naturen.

**LÄNGE HAR VETENSKAPEN** försökt lösa gåtan varför så mycket organiskt kol binds i exempelvis sediment i sjöar, i stället för att brytas ned och komma tillbaka till atmosfären. Nu är forskare från bland annat Linköpings universitet och Helmholtz Zentrum München

en förklaring på spåren. De har samlat in och undersökt löst organiskt material i floder från fyra olika områden i Amazonas och från två svenska skogssjöar i Bergslagen. De har sedan med hjälp av kärnmagnetisk resonansspektroskopi (NMR) analyserat strukturen hos

miljontals olika molekyler i det organiska materialet, för att se hur kol är bundet till andra atomer.

– Molekylernas grundläggande strukturer var mycket lika i svenska skogssjöar och i olika vattensystem i Amazonas. Det tyder på att det måste finnas en generell mekanism bakom som skapar likartade strukturer, säger David Bastviken, som är professor vid Tema Miljöförändring vid Linköpings universitet.

Det han och kollegorna upptäckte i studien – som har publicerats i tidskriften Nature – var att vissa bindningar var väldigt vanliga. Mer än 50 procent av kولاتomerna saknade helt bindningar till väteatomer, och en oväntat hög andel var bundna till tre kol och ett syre. Den sistnämnda strukturen är mycket ovanlig i biomolekyler, men kan bildas genom så kallad oxidativ dearomatisering.

– Reaktionen gör att det snabbt kan bildas sådana nätverk av kولاتomer inne i det organiska materialet. De gör det svårt för mikroorganismer att komma åt

och bryta ner inne i strukturen. Då blir materialet mer stabilt och kolet hindras att komma ut i atmosfären i form av koldioxid eller metangas.

Oxidativ dearomatisering bryter upp aromatiska ringar i molekyler. Reaktionen är välstuderad och används för att bilda nya ämnen, exempelvis inom läkemedelsforskningen.

– Det är intressant att vi inte har förstätt hur viktig reaktionen kan vara i naturen. Den bryter ringstrukturer – som är vanliga i biomolekyler – och öppnar för en kaskad av följdreaktioner. I syntetisk kemi styr man reaktionen. I naturen sker allt möjligt samtidigt vilket resulterar i att miljontals nya molekyler snabbt bildas, säger David Bastviken. ◊

## Allt fler berusar sig med lustgas

Användning av lustgas i berusningssyfte har som Kemisk Tidskrift rapporterade om i 1/2023 blivit allt vanligare. Nu visar siffror från Giftinformationscentralen att den skadliga användningen fortsätter att öka. I föl fick Giftinformationscentralen in 361 frågor från sjukvården om lustgas – under 2020 bara 11. Och bara i år är antalet samtal kopplat till detta redan uppe i 298 – jämfört med 146 samtal samma period förra året.

Frågorna från sjukvården gäller allvarliga följder som uppstått efter upprepat missbruk i berusningssyfte. Över 75 procent av frågorna gällde personer i åldrarna 15–29 år. Drygt 60 procent av patienterna är män.

Missbruk av lustgas kan ge allvarliga skador som känselbortfall i armar och ben, köldskador i mun, minnesstörning och förvirringstillstånd eller blodproppar i hjärna och lunga.

Upprepat användning kan i värsta fall ge bestående skador. Lustgas förstör vitamin B12 i kroppen. Brist på vitaminet kan leda till nervskador men också till långvariga problem med minnet.

# 740

MILJONER KRONOR

ger Wallenbergstiftelsen till Scilifelabs program för datadriven livsvetenskap. Programmet startade för fyra år sedan för att möta behovet av analys och databehandling och får nu finansiering i två år till.

# Han ska stoppa fuskare under OS i Paris

dosering, eftersom vi blir bättre och bättre på att detektera. Man har hittat dopningsfall vid omanalys av prover från OS i London och Sotji, eftersom man utvecklat metoder och inkluderat nya metaboliter.

**Hur ska ni hålla jämna steg med dem som hittar på nya sätt att dopa sig?**

– Vi följer och utför forskning och utveckling för att se vad som är nytt och för att snabbt inkludera det i våra metoder. Ibland får vi snabbt positiva svar och ibland dröjer det år innan vi får en träff.

**Hur hamnade du på labbet i Paris?**

– Jag jobbade på antidopninglabbet på Karolinska i sju år. Mitt intresse är hockey och cykelsport och jag har följt Tour de France och alla dess dopningskandaler så när tjänsten dök upp på Karolinska tyckte jag det var intressant och sökte den. Tjänsten i Paris, med OS som grädde på moset, blev jag erbjuden och det var en utmaning jag inte kunde tacka nej till. ◊

**Svensken Magnus Ericsson leder Laboratoire anti dopage Français (LADF) i Paris, som ansvarar för samtliga dopningsanalyser under sommar-OS i Paris.**

– Jag är sällan nervös. Det kommer att gå bra det här.

Labbet är ett av 30 labb i världen ackrediterade av paraplyorganisationen Wada, World antidoping agency, som analyserar dopningsprover från professionella idrottare. Ett annat finns på KI i Huddinge.

– Vi gör samma sak som i antidopningslabbet i Huddinge. Wada ansvarar för regelverket, vi utför analyserna på blod- och urinprover från professionella idrottare.

**Nu är ni utvalda att utföra analyser under OS. Hur förbereder ni er?**

– Vi skalar upp verksamheten för att klara av anstormningen av prover som kommer att kräva snabba provsvar. Personalen ska tillfälligt tredubblas, från 40 till uppåt 120, och vi har redan börjat ta emot ny personal. 20 är studenter från universitetet i Paris. Resten från andra Wada-laboratorier, bland annat det i Huddinge.

**Vilka laborativa förberedelser behövs?**

– Massor. Vi hyr in en massa extra instrument, mest masspektrometri. De ska valideras så att våra metoder funkar och det har vi hållit på med ett tag. Dessutom krävs en hel del extra metoder som normalt inte funnits inom vår ackreditering, som flödescytometri för blodtransfusion och rtPCR för tester av gendopning.

**Vad är det ni testat för?**

– Vi får urin- och blodprover och skreener dem för cirka 700 modersubstanser och metaboliter. Många steroider har komplex metabolism och gemensamma metaboliter. En metabolit kan exempelvis tillhöra två eller tre olika steroider. Det är viktigt att vår analys är korrekt så att resultatet håller för granskning. Prover tas både vid tävling och träning, så redan nu tas prover för att hitta eventuella fuskare i deras uppbyggnadsfas.

**Vilka utmaningar tror du att ni kommer möta?**

– Jag förväntar mig inga stora konstigheter. Vi är väl förberedda och jag tror att problemen snarare kommer att vara logistiska och utanför laboratoriet.

**Vad ser ni för trend?**

– Den är ganska stabil. En till två procent av de prover som tas är positiva. Man använder saker som funkar – anabola androgena steroider, EPO, transfusion – men i dag jämfört med tio till tjugio år sedan, med mycket lägre doser, mikro-



## Magnus Ericsson

har disputerat i analytisk kemi på Stockholms universitet och jobbat med antidopning sedan 2012. Först som chef för dopningslabbet på KI och sedan 2019 i Paris.



## Rekordmånga dateringar i fjol

Tandemlaboratoriet vid Uppsala universitet är inriktat på kol-14-datering och materialforskning – och detta är tjänster som efterfrågas allt mer. I fjol slog labbet rekord med över 5 000 kol 14-dateringar. En av dessa gällde mumien av ett litet barn från Egypten. Resultatet slog fast att den var äkta, och inte en förfälskning från 1800-talet. Barnet levde under perioden 332–30 f.Kr.

Kol 14-datering har använts länge. Metoden upptäcktes redan i slutet av 1940-talet av den amerikanska kemisten Frank Libby (1908–80), som 1960 fick Nobelpriset i kemi för upptäckten. Sedan dess har metoden kontinuerligt utvecklats och blivit allt känsligare.

– I dag räcker det att vi får ut 50 mikrogram kol från 0,1 milligram material för att få en bra datering. Metoden kan därmed användas på väldigt små prover eller småbitar av väldigt unika prov, berättar

**Visning!**  
Mumien och resultaten från kol-14-dateringen kommer visas på Gustavianum i Uppsala i juni.



Karl Håkansson, som är forskningsingenjör vid labbet.

För att datera mumien utgick de från ett benprov på 70 mikrogram. Med kemisk förbehandling avlägsnas konserveringsmedel och kontaminationer. Därefter förbränns provet till koldioxid och omvandlas till fast form i en katalytisk reaktion. Materialet pressas sedan in i en hållare som sätts in i en så kallad accelerator, där halten av kol-14 mäts.

Kol-14-datering bygger på att alla levande varelser tar upp kol via födan eller luften. När de dör börjar kol-14 omvandlas till kväve genom radioaktivt sönderfall. Genom att mäta förhållandet mellan kol-14 och andra kolisotoper går det att datera föremål.

Men labbet analyserar inte bara arkeologiska föremål. En ny stor uppgift är bränslen. Med kol 14-metoden går det till exempel att visa hur mycket i en biobränsleblandning som har biogent ursprung. I petroleumprodukter finns inget kol-14 kvar – allt har sönderfallit. ◦

Ämnesplanerna Gy 25 som gäller från läsåret 2025–26 finns på Skolverkets webb.



# Nya planer för lärande i kemi i skolan

Rakare språk men liknande innehåll i gymnasiets nya ämnesplaner.

**FRÅN HÖSTTERMINEN 2025** ersätts gymnasieskolans kursbetyg med ämnesbetyg. Det innebär att eleverna som läser det naturvetenskapliga programmet får ett slutbetyg i kemi i stället för två. Det innebär förstås också att de ämnes-

planer som beskriver innehållet måste omformuleras.

Under våren presenterade Skolverket de nya ämnesplanerna.

– Den stora skillnaden mot tidigare är att ämnen delas upp i nivåer i stället för kurser och

progressionen blir lite tydligare, säger Jenny Olander som är föreståndare för Kemilärarnas resurscentrum.

Skolverket har fått in många remissvar på sitt första förslag – från bland annat just Kemilärarnas resurscentrum och Nationalkommittén för kemi. Många har varit involverade i diskussionerna, berättar Jenny Olander, som tycker att Skolverket har lyssnat på de många synpunkter som har kommit in.

– Jag tycker ämnesplanerna har blivit lite bättre än tidigare, även om skillnaderna inte är så stora för kemins del. Det är lite tydligare och rakare formuleringar, säger Jenny Olander.

**ETT AV DE** övergripande målen för undervisningen är nu exempelvis att ge ”kunskaper om kemins begrepp, modeller och teorier samt om kemiska samband”, i stället för som tidigare ”kunskaper om kemins begrepp, modeller, teorier och arbetsmetoder samt förståelse av hur dessa utvecklas”.

Själva ämnesinnehållet är ganska likt det i tidigare ämnesplaner, men det finns några förändringar.

Bland annat har kemitekniska tillämpningar, inom exempelvis livsmedels-, läkemedels- och materialområdena, lagts till.

Karolina Broman, universitetslektor vid Umeå universitet och ledamot i Nationalkommittén för kemi, pekar på att det är mycket som ska hinnas med.

– Ämnena och kunskapsbanken blir större och större, säger hon.

Tanken med att dela in ämnet i två nivåer – där elever på vissa program bara läser den första – i stället för i kurser, är bland annat att minska elevernas stress. Varken Jenny Olander eller Karolina Broman är dock övertygade om att det kommer att bli resultatet.

– Vi är många som inte är riktigt säkra på att det är så enkelt, säger Karolina Broman. ◦



Jenny Olander

## En stor andel av kemilärarna är behöriga

**Trots larmen om lärarbrist visar det sig att en stor del av kemilärarna på landets gymnasieskolor är behöriga. Läsåret 2023–24 var 89,7 procent behöriga och legitimerade. Det visar ny statistik från Skolverket. Det är en liten ökning sedan förra läsåret, då motsvarande siffra var 88,3 procent.**

Kemiämnet följer därmed en allmän trend. Totalt ökar andelen behöriga lärare något i både grundskolan och gymnasieskolan, jämfört med förra läsåret. Och precis som i skolan generellt finns en större andel behöriga kemilärare i de kommunala skolorna än i friskolorna. I de kommunala är 94,1 procent av kemilärarna behöriga, jämfört med 78,3 procent i friskolorna.

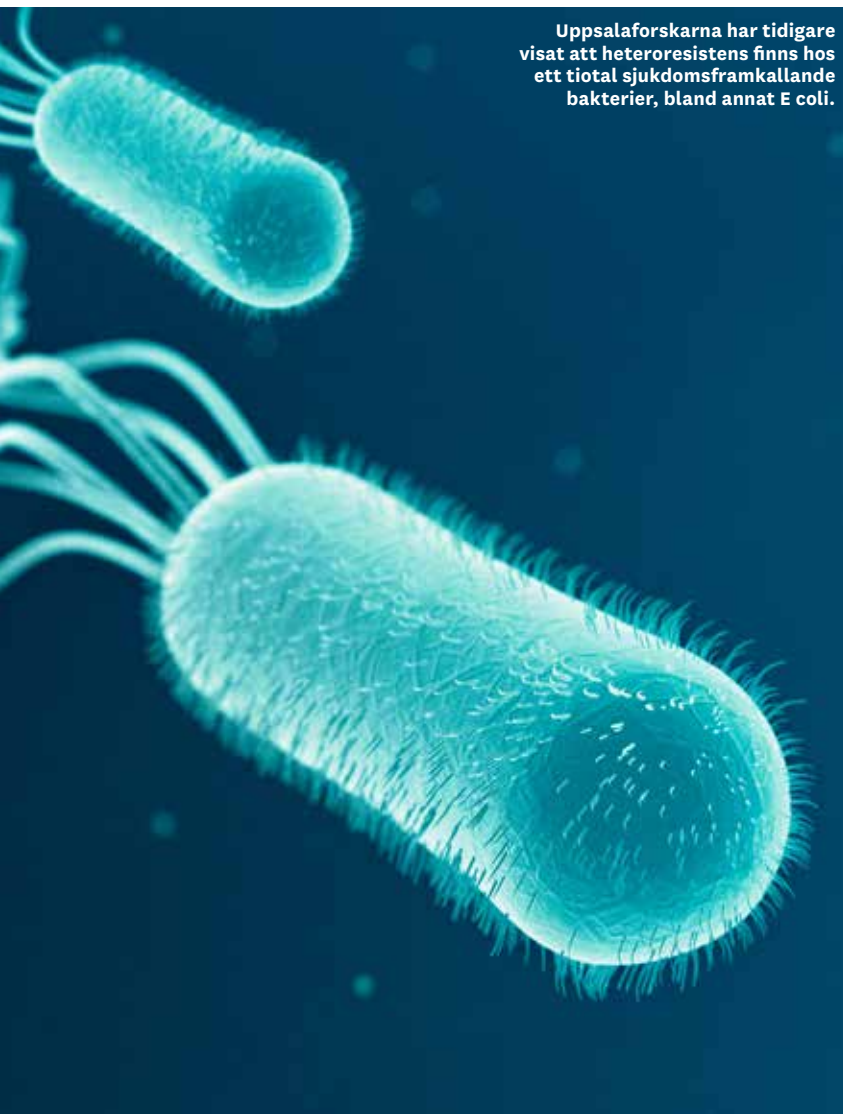
De ämnen på gymnasiet som har den högsta andelen behöriga lärare är svenska, historia och engelska. Därefter kommer kemi, följt av biologi, samhällskunskap och fysik.

På grundskolan är behörigheten generellt lägre och det gäller även kemiämnet. I årskurs 7–9 är bara drygt 60 procent av kemilärarna behöriga.

# 19

PROCENT

av de totalt 5 684 ansökningar om bidrag som kom in till Vetenskapsrådet i fjol beviljades. Högst är beviljandegraden inom ämnesområdet naturvetenskap: 22 procent. Av 1 491 inkomna ansökningar inom ämnesområdet fick 321 bidrag.



Uppsalaforskarna har tidigare visat att heteroresistens finns hos ett tiotal sjukdomsframkallande bakterier, bland annat E coli.

tens kan vara ett förstadium till resistens. När antibiotika sätts in för att stoppa en infektion dör de antibiotikakänsliga bakterierna medan den lilla resistenta populationen i stället kan anrikas, särskilt om patienten har nedsatt immunförsvar.

De resistenta bakterierna har flera kopior av den gen som ger resistens än övriga bakterier. Men de extra generna gör också att det tar längre tid för dem att dela sig och växa. Det forskarna nu har visat och publicerat i Nature Communications är att bakterierna kan skapa nya stabila mutationer som delvis kompenserar för det. De bromsar tillväxten mycket mindre – och leder till resistens. Heteroresistens kan på så vis fungera som ett slags språngbräda som leder till stabil antibiotikaresistens.

Själva experimentet är tack vare teknikutvecklingen numera enkelt.

– Vi låter bakterier växa i närvaro av antibiotika under lång tid, tittar på resistens, sekvenserar hela bakteriens

genom och ser amplifieringar. När de växer längre tid ser vi de stabila mutationerna.

**UPPSALAFORSKARNA** ska nu undersöka patienter som är infekterade för att se om det fungerar på samma sätt på människor.

– Det är svårare eftersom amplifieringar är instabila. Det gör att vi med vanliga metoder för diagnostik missar heteroresistens. Det viktigaste nu är därför att utveckla nya diagnostikmetoder som enkelt kan detektera de resistenta små populationerna.

– Då kan vi också behandla efter det. Genom att ge rätt antibiotika från början kan vi också minska användningen. ◦

## Vaccin mot borrelia tidigast 2026

Under 2023 rapporterades 596 fall av TBE, fästingburen hjärninflammation, enligt statistik från Folkhälsomyndigheten. Det är mer än tre gånger fler än för tio år sedan. Samtidigt vaccinerar sig allt fler. Men när det gäller borrelia som också sprids av fästingar får vi vänta på vaccin. Än finns inget färdigt på marknaden.

Den kandidat som har kommit längst i utvecklingen kommer från Valneira och Pfizer. Kandidaten riktar sig mot ett protein som sitter på borreliabakteriens yta och har i studier på människa (i fas II) visat effekt mot sex olika varianter av smittan. Men utvecklingen har bromsats av att en större studie på människa (fas III) delvis måste göras om, då det visade sig att det fanns kvalitetsbrister på vissa av de ställen där studien gjordes.

Nu pågår två fas III-studier som bland annat ska utvärdera om vaccinet är säkert. De beräknas vara klara i december 2025 respektive i mitten av 2026.

Ansökan om godkännande kan lämnas in tidigast 2026 – då i väntan på att de avslutande kliniska studierna ska bli färdiga.

## Forskare har hittat väg till resistens

En liten del kortvarigt resistenta bakterier kan agera språngbräda.

**HETERORESISTENS** har varit känt sedan 1940-talet. Det innebär att det i en population av huvudsakligen känsliga bakterier finns en liten del som är tillfälligt resistenta.

– Nästan alla patogena bakte-

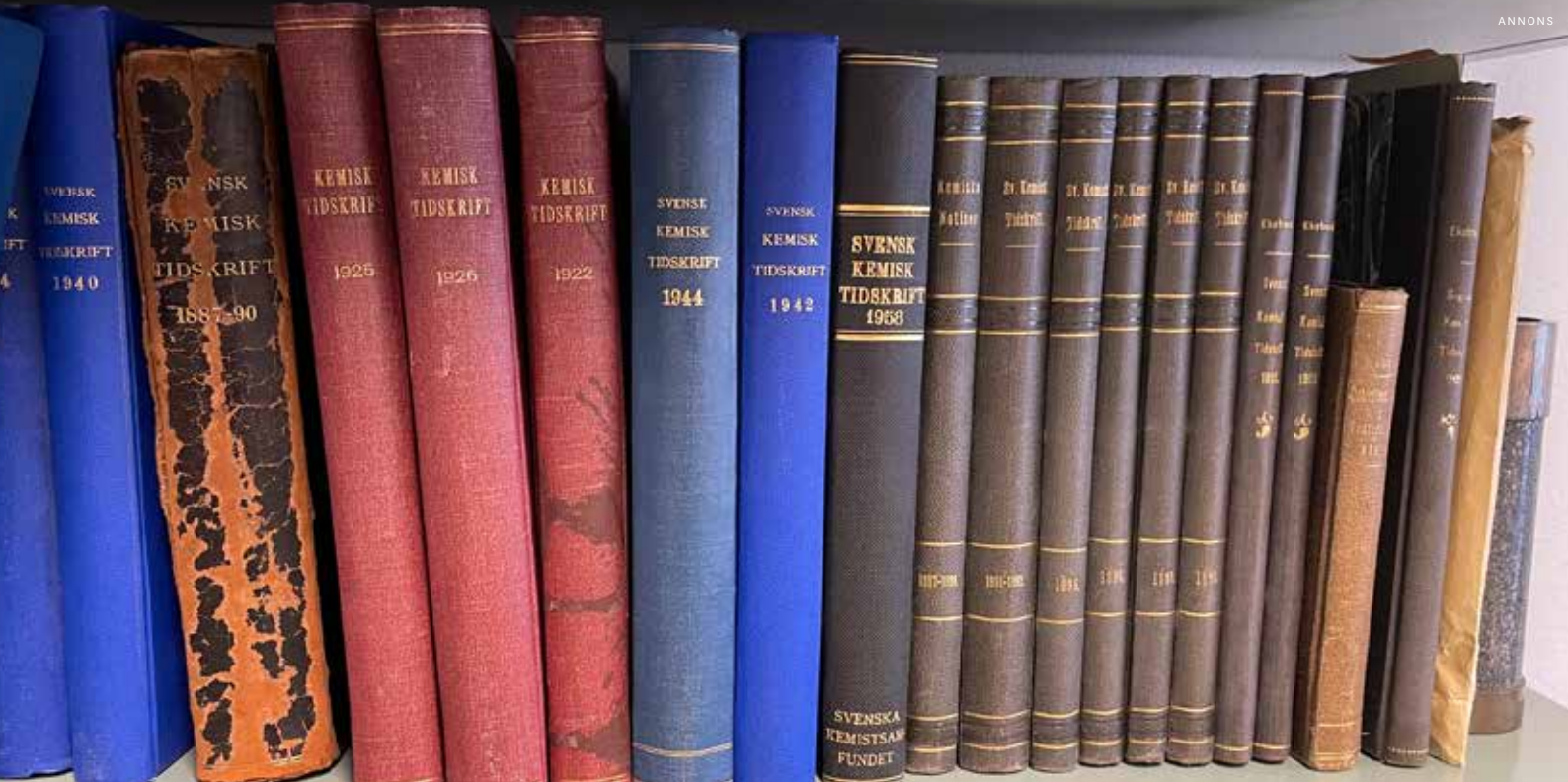
rier har en sådan liten population som är kortvarigt resistent, säger Dan I. Andersson, som är professor i medicinsk bakteriologi vid Uppsala universitet.

Han har nu tillsammans med kollegor visat att heteroresis-

# 55

OTILLÄTNA PRODUKTER

har Kemikalieinspektionen hittat på svenska e-handels sajter, som till exempel rättgift och insektsmedel. Sedan slutet av 2019 är inga mus- och rättgifter godkända för konsumentanvändning.



# Läs Kemisk tidskrift från alla tider – varsomhelst!

Nu finns Kemisk tidskrift tillgänglig digitalt var du än befinner dig i landet, från den första utgåvan som kom ut år 1887 till och med nummer 4 år 2020 – en riktig skattkammare för alla som är intresserade av kemi!

De digitaliserade utgåvorna går nu att söka fram och läsa via Kungliga bibliotekets tidningstjänst Svenska tidningar (<https://tidningar.kb.se/>).

Utgåvor från 2021 och framåt finns tillgängliga på kemisamfundet.se. Medlemmar kan mejla [info@kemisamfundet.se](mailto:info@kemisamfundet.se) och be om lösenord för att läsa tidningarna.

## Om Kemisk tidskrift

Svenska Kemisamfundets medlemstidning såg dagens ljus år 1887. Den hette då Kemiska Notiser men från och med 1889 har "Kemisk tidskrift" funnits med i namnet i någon form. Projektet med digitaliseringen av tidningen leddes av Jonas Ahlberg från Enheten för digitalisering vid Kungliga biblioteket. Totalt omfattades 1 418 utgåvor och 89 176 sidor. Arbetet utfördes med stöd från Stiftelsen Bengt Lundqvists Minne.



**SVENSKA KEMISAMFUNDET**  
The Swedish Chemical Society



Utbildningen kan möta det ökande behovet av kompetens inom exempelvis elektrifiering.

## Så ska fler lockas att läsa kemiteknik

”Vi måste visa på de unika möjligheter utbildningen ger”

**KAN EN ANNAN** struktur på civilingenjörsutbildningen i kemiteknik bidra till att fler studenter söker och tar sig igenom utbildningen? Det tror i alla fall Lars Evenäs, programansvarig och professor i ytkemi vid Chalmers, som på uppdrag av lärosätet utrett hur utbildning-

arna inom kemiteknikområdet ska bedrivas.

Bakgrunden är att allt färre söker utbildningarna – och med lägre meritpoäng än tidigare.

– Vi har ett lågt söktryck till kemiingenjörsutbildningarna samtidigt som behovet av den kompetensen är enormt. Vi har

ett uppdrag att försörja landet med ingenjörer, säger Lars Evenäs.

Problemet finns i hela landet. Men mellan 2011 och 2023 har antalet förstahandssökande totalt ändå ökat något både till utbildningarna i kemiteknik i Uppsala och Lund och till KTH som har två utbildningar. Till Chalmers tre utbildningar har de däremot minskat.

**LARS EVENÄS** konstaterar att många olika faktorer spelar in. Om söktrycket ökar så söker fler studenter. Den som vill ha valuta för goda betyg kanske inte väljer en utbildning som inte kräver det, vilket leder till en negativ spiral. Utredningen visade också att vissa kurser och läsperioder var svåra att klara av.

– Våra studenter är de viktigaste ambassadörerna för utbildningen. Klarar de inte kurserna blir de inte lika goda ambassadörer.

Ett av hans förslag är därför att göra om strukturen för utbildningarna. I stället för kurser med varierande längd ska alla kurser omfatta 7,5 högskolepoäng, där två läses parallellt per läsperiod. Det är en struktur som sedan länge finns på civilingenjörsutbildningarna i kemi och bioteknik i Lund.

– Vi såg att det blev bättre för studenterna. Vi balanserar arbetsbördan bättre, säger Marie Wahlgren, som är professor och tidigare var programansvarig vid Lunds universitet.

Chalmers har nu lagt ned högskoleingenjörsutbildningen. I utredningen föreslås att de två civilingenjörsutbildningarna – kemiteknik och kemiteknik med fysik – slås ihop till en. Syftet är att bland annat att minska spridd samläsning med andra program och att skapa en tydligare identitet. Beslut i frågan väntar i sommar.

– Det finns inga snabba lösningar på problemet, utan det är ett långsiktigt arbete. Alla, inklusive företagen, måste jobba med att visa på de unika möjligheter en utbildning i kemi och kemiteknik kan ge, säger Lars Evenäs. ◻

## Testar nytt läkemedel med mrna-teknik

Efter framgångarna med vaccinet mot covid-19 testar läkemedelsbolaget Moderna nu mrna-tekniken mot andra sjukdomar. Bolaget utvecklar bland annat en behandling av propionsyrauri, som är en sällsynt ärftlig enzymbristsjukdom. Brist på enzymet propionyl-CoA-karboxylas leder till att ett antal skadliga biprodukter samlas i kroppen.

Propionsyrauri är en av de metabola sjukdomar som nyfödda i Sverige testas för, så att den ska upptäckas tidigt och förebyggande behandling kan startas. Dagens behandling är en specialdiät och vissa läkemedel.

Modernas nya läkemedelskandidat bygger precis som covid-19-vaccinet på idén att kroppen tillverkar sin egen medicin. Den innehåller två mrna-sekvenser med den genetiska koden för enzymet. Inne i kroppen börjar cellerna tillverka enzymet.

Läkemedelskandidaten testas nu i en liten klinisk studie med 16 deltagare. Och interimresultaten är positiva. Analyser visar att koncentrationen av giftiga biprodukter i blodet minskade. Resultaten från studien har publicerats i Nature.

# 48,2

MILJARDER KRONOR

beräknas de statliga anslagen till forskning och utveckling uppgå till 2024, enligt SCB. Det motsvarar 3,58 procent av statsbudgeten vilket är en ungefär lika stor andel som i fjol.

Man får då den röda snapsen hirkum-pirkum (som Ulf Lundell sjunger om i Öppna landskap). Inom folkmedicinen har växten och dess extrakt också använts flitigt

**”Sprit har traditionellt använts för att extrahera ämnen från johannesört.”**

tigt bland annat för sårläkning, depression och som lugnande medel. Intresset har följt med också till den moderna medicinen och mycket forskning har gjorts för att utvärdera johannesörtens potentiellt läkande egenskaper.

Extrakt av örten för behandling av nedstämdhet kan köpas på apotek i Sverige, och är välansvänt i andra länder, där de kan fås på recept. I den medicinska litteraturen finns ett visst stöd för en positiv effekt på vissa typer av lindrig depression, men också stöd för motsatsen. Det står klart att örten kan påverka vissa enzymatiska processer och således effekten hos andra läkemedel med potentiellt allvarliga följder, såsom p-piller, antidepressiva mediciner och bromsmediciner för hiv. Exakt vilka de aktiva substanserna är och vilka mekanismer som ligger till grund för dessa olika effekter verkar inte vara helt klarlagt. Mycket pekar dock på att färgämnet hypericin inte ensamt är ansvarigt och att den stora mängd andra ämnen man utvunnit ur johannesört, såsom hyperforin, behöver studeras vidare.

**FÄRGÄMNET HYPERICIN** ÄR dock fortfarande intressant på andra sätt. Exempelvis kan den ge upphov till en ljusöverkänslighet på huden om man förtär det i stora mängder. Detta är känt inom jordbruket och betande boskapsdjur som äter johannesört kan få allvarliga hudåkommor om de därefter utsätts för solljus. Denna effekt kan också göra ämnet passande inom fotodynamisk terapi för behandling av cancer-tumörer, och forskning på detta område pågår. Också inom mitt eget fält, organisk syntes, kan johannesört kanske spela en roll. Det visar sig nämligen att hypericin kan användas som en fotokatalysator som genom inverkan av ljus kan katalysera bildandet av nya kol-bindningar.

Johannesörten är onekligen en spännande växt på många sätt. ◻

**August Runemark är doktor i organisk kemi.**

# Kemistens vandring i naturen

Nu är den stora blomningstiden här, till glädje för ögon och bin. För en kemiintresserad vandrare kan det finnas ytterligare en dimension, skriver organikemisten **AUGUST RUNEMARK.**

**SÅ HÄR MITT I** försommaren finns många skäl att ge sig ut och gå i naturen. Växter med vackra blommor pockar på uppmärksamheten, men som kemist är jag mer intresserad av vad som finns bakom fasaden. En av mina favoriter är en liten perenn med gula blommor som växer på ångar och i diken – johannesört (*Hypericum perforatum*). Initialt ser örten ganska anspråkslös ut med sina små timida blommor i knippen. Men plockar man några knoppar eller blommor och gnuggar dem mellan fingrarna försvinner snabbt den gula färgen och huden färgas vinröd. Det kan vara ett sätt att artbestämna växten, men det vittnar också om intressant kemi och fler gömda egenskaper.

**DEN DJUPRÖDA FÄRGEN** kommer från några föreningar som alla är så kallade hypericiner, som till strukturen kan be-



skrivs som antrakinderivat. De är något lösliga i polära lösningsmedel som alkohol, och sprit har i Norden traditionellt använts för att extrahera ämnen från johannesört.

# Kamp mot

DDT och andra giftiga insektsmedel närmast utrotade vägglössen. Men nu är de tillbaka – och resistenta. Det gör att blodsugarna numera bekämpas med främst icke-kemiska metoder.

Text Marie Alpman Foto Oskar Omne

# lössen

# en





Skadedjursbranschen var inte beredd när vägglössen kom tillbaka, berättar Thomas Persson Vinnersten på Anticimex.

**D**

et känns knappt när den lilla brunfärgade lusen kilar runt på handen. Plötsligt stannar den, böjer ner huvudet och det sticker till. Under ett par minuter suger den sig mätt på blod. Den platta kroppen sväller upp och mörknar. När den släpper taget är Thomas Persson Vinnersten, biolog på Anticimex, snabbt framme med en liten burk där den fångas in.

– Du kan få ett utslag direkt eller efter några veckor. Men vissa reagerar inte alls, säger han och skruvar på locket.

Vägglössen i burken kommer från saneringar som Anticimex gjort nyligen. Thomas Persson Vinnersten berättar att namnet Anticimex kommer från *cimex lectularius* som är vägglössens latinska namn.

– Så Anticimex betyder ”mot vägglöss” och vi började för 90 år sedan. Man kan fortfarande se gamla plaketter vid portar där det står ”Här skyddar Anticimex mot vägghyra”.

Intensiv bekämpning med DDT och andra kemikalier gjorde att lössen i stort sett försvann i västvärlden från 1950-talet och ett par decennier framåt. Men kring millennieskiftet kom på nytt rapporter om vägglössangrepp. Sedan dess har problemet accelererat och från att ha gjort ett par hundra saneringar i Sverige under 2006 gjorde Anticimex närmare 18 000 saneringar under 2019.

**ETT AV SKÄLEN** till att lössen kommit tillbaka är det ökande resandet. Genom att krypa in i en väska liftar lössen enkelt mellan världsdelar. När resandet minskade drastiskt under pandemin minskade också antalet saneringar, visar Anticimex statistik. Och trots en återgång till det normala har problemet med löss fortsatt att minska i Sverige. Förra året genomförde Anticimex 9 812 saneringar av vägglöss.

På andra håll i Europa går trenden åt motsatt håll. I OS-staden Paris rapporterades det under hösten om en ”invasion” av

löss. Det saknas dock data som visar att det handlar om en faktisk ökning. Enligt Thomas Persson Vinnersten blev det framför allt en hysteri i media.

– Den fick extra fart genom sociala medier och det spred sig till andra städer. Det kom bland annat uppgifter om löss i Stockholms tunnelbana, men det var i slutänden svårt att verifiera.

I en tv-intervju i början av mars bekräftar den franska Europaministern uppgifter om att väggluspaniken ska ha förstärkts av desinformation på sociala medier med kopplingar till Ryssland. Falska uppgifter cirkulerade bland annat om att vägglössen spreds av ukrainska flyktingar.

**LÖSSEN HAR BITIT OSS** sedan urminnes tider och har sitt ursprung hos fladdermöss som levde i samma grottor som människor. Då som nu väcker vägglöss stort obehag och psykisk stress, men till skillnad från myggor och fästingar sprider de inga sjukdomar. Hos sju av tio orsakar de en allergisk reaktion i form av kliande utslag.

På dagen gömmer de sig i springor och skrymslen, men på natten kryper de fram lockade av koldioxid och andra lukter från sovande människor. Om de får verka ostört blir de snabbt fler. En hona kan lägga fem ägg om dagen, berättar Thomas Persson Vinnersten och petar fram några millimetersmå ägg som lössen lagt i burken. När larverna kläcks genomgår de fem nymfstadier innan de blir vuxna. Då är lusen fyra till fem millimeter lång och brukar liknas vid en äppelkärna.

De kan inte flyga eller hoppa, vilket är en vanlig missuppfattning. En annan är att de bara trivs på platser med dålig hygien.

– Vägglössen är där människor är och bryr sig inte om det är ett sunkigt vandrarhem eller ett fint hotell.

Lika länge som lössen följt människor i spåren har också kampen mot blodsugarna pågått. Lössen har jagats med levande ljus som doppats i fosfor. Sängben har placerats i skålar med olja för att hindra lössen att krypa upp. På flera svenska museer finns lusbrädor, träbitar med borrarade hål där lössen kunde krypa in på dagen. Vid sänggåendet skakades brädan över elden eller spolades med kokande vatten.

Med industrialiseringen och urbaniseringen kring förra sekelskiftet blev lössen en sanitär olägenhet. Tuffare kemikalier sattes in, bland annat arsenik och kvicksilver.

**”En annan typ av resistens, som också är den vanligaste, är att insekten bildar mer enzymer som bryter ner kemikalierna.”**



DDT är förbjudet i Sverige sedan 1970-talet, men lössen har utvecklat resistens även mot senare kemiska insektsgifter.



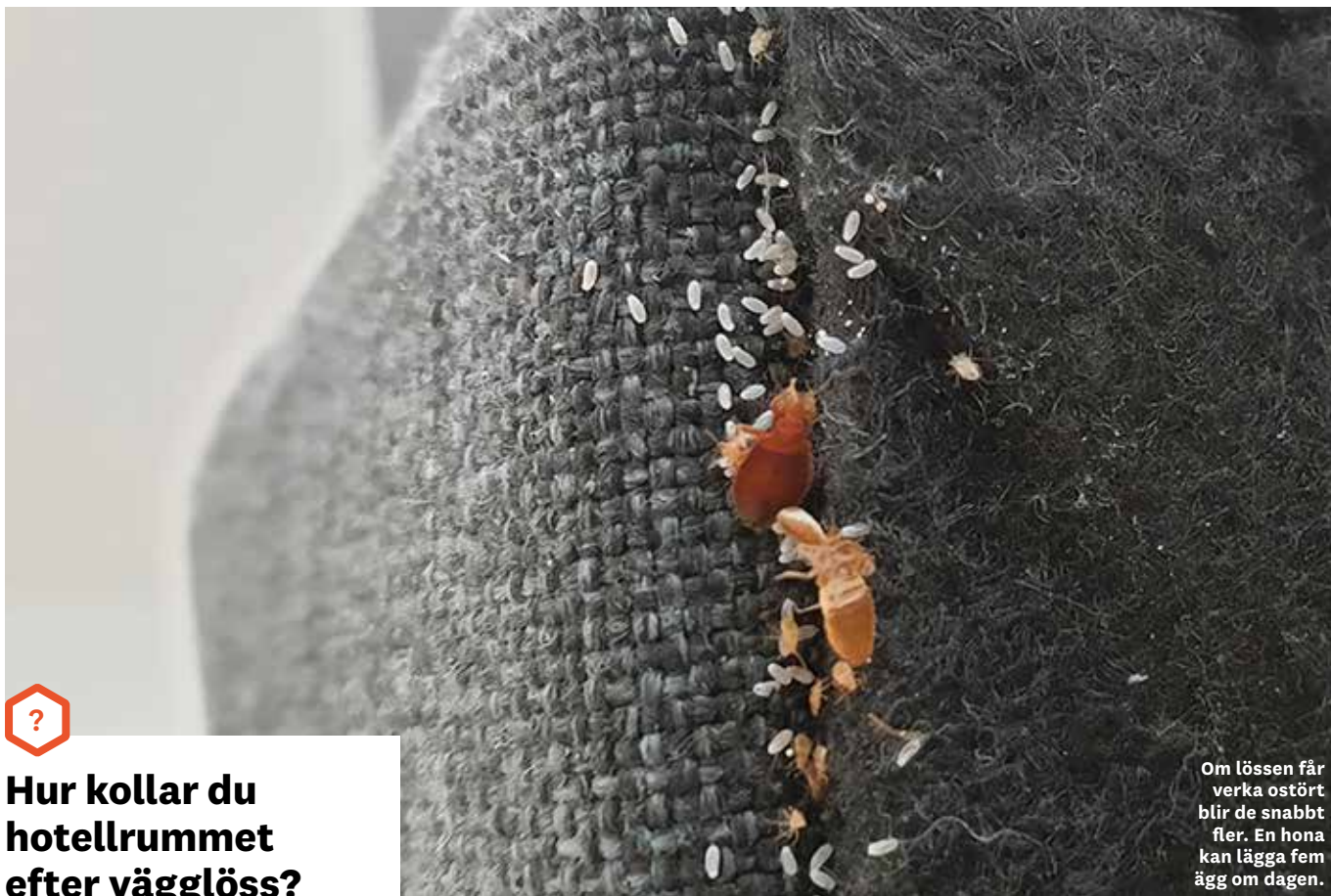
Lössen sprider inga sjukdomar men kan ge en allergisk reaktion i form av kliande utslag.



## Vägglus, *cimex lectularius*

En vuxen vägglus är stor som en äppelkärna, 4–5 millimeter, med bred oval tillplattad kropp. De saknar vingar och kan inte hoppa eller flyga. Den sprids inte ute i naturen utan via till exempel resväskor och begagnade möbler.

Honan kan lägga upp till fem ägg om dagen. Nymfen kläcks ur ägget efter en till två veckor och kan börja suga blod direkt. Lusens genomgång ytterligare fyra nymfstadier innan den är vuxen. Huvudfödan är människoblod och den klarar sig i upp till ett år utan föda. Källa: *Anticimex*



Om lössen får verka ostört blir de snabbt fler. En hona kan lägga fem ägg om dagen.



## Hur kollar du hotellrummet efter vägglöss?

**Thomas Persson Vinnersten, biolog, Anticimex:**

”Jag kontrollerar sängen. Lyfter på lakan och tittar i sömmarna. Jag letar både efter levande löss och bajsfläckar som är mörka av blod. Kläderna får ligga kvar i väskan som jag håller stängd och en bit från sängen.”

**Anders Aak, skadedjursforskare, Folkehelseinstituttet:**

”Jag ställer väskan vid dörren och går bort till sängen, lägger mig under den och undersöker alla skrymslen och vrår med ficklampan på mobilen. Sedan lyfter jag på madrasser och kuddar och om jag inte hittar några spår av vägglöss så sover jag väldigt gott.”

**Jette Knudsen, forskare, Nattaro:**

”Jag gör faktiskt inte så mycket eftersom jag tillhör dem som reagerar på vägglusbett, så om jag blir biten så märker jag det omedelbart. Vid hemkomsten packar jag upp väskan utomhus eller i källaren och tvättar allt i 60 grader. Det som inte tål det lägger jag i frysen några dygn.”

En av de gifter som användes mot vägglöss var cyanväte som också skördade mänskliga liv. Författaren Dan Andersson blev ett av offren. Han dog på ett hotellrum i Stockholm 1920 efter att gasen inte vädrats ut ordentligt efter en sanering.

Under andra världskriget började militärbaracker sprejas med det nya insektgiftet DDT. Det var mycket mer effektivt än tidigare preparat och kunde köpas för hemmabruk. Sprejandet med DDT och andra organoklorider och organofosfater gjorde att vägglössen närmast utrotades.

**ATT PROBLEMET KOMMIT** tillbaka beror inte bara på ökat resande. En annan förklaring är att skadedjursbranschen togs på sängen.

– Vi hade inte sanerat vägglöss på 20, 30 år och var inte beredda. Det saknades uppdaterade metoder för hur man skulle gå tillväga, säger Thomas Persson Vinnersten.

De insektsmedel som fanns till hands visade sig heller inte fungera på grund av en annan orsak till skadedjurens comeback: resistens.

Det dröjde bara några år efter införandet av DDT innan de första rapporterna kom

om löss som utvecklat resistens. DDT är förbjudet i Sverige sedan 1970-talet, men lössen har utvecklat resistens även mot senare insektsgift, inklusive pyretrorider som i dag är det vanligaste kemiska bekämpningsmedlet.

Pyretrorider verkar liksom DDT som ett nervgift genom att hålla nervcellernas jonkanaler öppna. Resistens uppstår genom en genetisk förändring som blockerar öppningen och som gör att insekterna står emot kemikalien.

– Det är ett exempel på en specifik form av resistens som riktar sig mot en viss verkningsmekanism, säger Jette Knudsen, forskare på företaget Nattaro i Lund som bland annat utvecklar och säljer en doftfälla för att detektera vägglöss.

**LÖSSEN KAN OCKSÅ** utveckla en mer allmän motståndskraft genom att den yttre huden blir tjockare vilket gör det svårare för insektsgifter att tränga in. En annan typ av resistens, som också är den vanligaste, är att insekten bildar mer enzymer som bryter ner kemikalier. Flera olika typer av resistens kan dessutom verka i kombination.

– I en studie hittade forskarna fem olika verkningmekanismer i en och samma vildfångade stam. Genom att använda samma kemikalier om och om igen biter man sig själv i svansen. Då fås bara mer resistens, säger Jette Knudsen.

**RESISTENSPROBLEMET GÖR ATT** skadedjursföretagen får ta till andra medel. Anticimex använder i första hand dammsugning och värmebehandling med ånga. Vid en temperatur på över 50 grader dör alla insekter. Möbler kan placeras i isolerade tält som värms upp. Även kyla kan användas för att döda lössen.

I kombination med värme eller kyla används ofta även uttorkande pulver av kiseloxid. När insekterna får pulver på kroppen förstörs deras skyddande vaxlager och de dör av uttorkning.

– Hur lång tid det tar beror på dos och hur länge de är i kontakt med pulvret men vid en normal exponering dör de efter två till fyra dagar, säger Anders Aak, som forskar om skadedjur vid Folkehelseinstituttet i Norge.

Han och kollegan Bjørn Arne Rukke undersöker bland annat hur torkpulver ska användas för att få så stor effekt som möjligt på lössen.

– Läger du ut för stor mängd kan det få en avskräckande effekt, förklarar han.

Deras studier visar också att den amorfa formen av kiseloxid, så kallad silikagel, har bättre effekt än den kristallina formen som kallas kiselgur och kommer från sedimenterade kiselalger.

– Det är också större hälsorisker förknippade med den kristallina varianten än den amorfa eftersom partiklarna är potentiellt mer skadliga för människa vid inandning, säger Anders Aak.



## Fosfin bakom tragiskt dödsfall

I oktober förra året dog en fyraårig flicka i Söderhamn efter att ha förgiftats med det giftiga bekämpningsmedlet fosfin. Även hennes lillebror och föräldrar blev svårt sjuka. Fosfin (PH<sub>3</sub>) förstör cellernas mitokondrier och redan vid låga doser kan hela organ slås ut.

Användningen av fosfin är strikt reglerat och kräver särskild utbildning. Det används bland annat för att bekämpa skadeinsekter i fartygscontainrar. Hur familjen fått i sig fosfin är inte känt.

För att locka fram lössen från sina gömställen och få en bättre effekt av bekämpningen testar de i samarbete med flera norska saneringsföretag att använda koldioxid för att locka fram lössen. En fördel med att använda koldioxid i stället för en sovande människa är att lössen inte suger blod och lägger nya ägg.

Precis som i Sverige minskade antalet saneringar i Norge under pandemin men har därefter ökat igen. För att minska problemet behöver alla intressenter göra sitt, menar Anders Aak. Boende måste försöka förhindra att oönskade passagerare följer med hem från resan och angrepp behöver upptäckas så tidigt som möjligt innan lössen hunnit spridas i en byggnad.

– Saneringsfirmorna måste också vara bra på att bekämpa vägglöss och de som beställer tjänsten måste veta vad de ska köpa in och kontrollera insatsen.

Det har gått någon timme, men fortfarande syns inget spår av lusbettet på min hand. Att förlita sig på att synliga bitt ska avslöja löss i sängen är alltså ingen säker metod.

En del hotell använder hundar som med jämna mellanrum får sniffa igenom rummen. En annan förebyggande åtgärd är att sätta ut fällor som den som Nattaro utvecklat. Fällor kan också användas för att kontrollera att inga löss finns kvar efter en sanering.

**I NATTAROS FÄLLA** finns ett bete med fem olika doftämnen, berättar Jette Knudsen.

– Vi testade alla möjliga och omöjliga kombinationer av doftämnen som vi identifierade som vägglössens bodoft och kom fram till att den här blandningen var den mest attraktiva. Den talar om för vägglössen: ”Här är ditt hem.”

Fällan kan placeras i sängen och avslöja ett angrepp på ett tidigt stadium, innan lössen hunnit föröka sig och spridas.

– Till en början håller de sig nära maten och ju tidigare man upptäcker lusangreppet desto bättre. Väntar man tills man ser massor är de mycket svårare att bli av med. ◦

Marie Alpmann är frilansjournalist.

Namnet Anticimex kommer från vägglössens latinska namn *cimex lectularius*.



Spår av kokain?  
Lidokain? Eller  
bensimidazol?  
Flera ämnen  
kan bilda blå  
produkter i ett  
test med kobolt-  
tiocyanat.



# Så fungerar kokain-servetter

Kokainservetter färgas intensivt blå vid kontakt med kokain. Men testet är långt ifrån specifikt. Mycket annat kan ge den blå färgen.

**I**

**NGEN KOMMER VÄL** att hamna i fängelse efter Aftonbladets kokainsvep i Riksdagen tidigare i år – vilket förmodligen är bra med tanke på den komplexa kemi som är inblandad.

Aftonbladetsreportrarna torkade utvalda ytor i Riksdagshuset med så kallade kokainservetter där utvecklingen av en blå färg indikerar att man hittat kokain. Fast färgen kan också bero på dussintals andra föreningar, eftersom den kemiska reaktionen som används i servetterna inte är lika selektiv som namnet antyder.

När man analyserar för droger är sådana preliminära färgtester en viktig del av det analytiska arbetsflödet, men de identifierar inte molekylerna i sig. Färgtestet hjälper den analytiska kemisten att snabbt besluta

vilket bekräftande prov som ska göras, samtidigt som de stöder taktiska beslut när man är under tidspress på till exempel en brottsplats.

Aftonbladet gjorde vad som alltid rekommenderas – efter ett resultat som indikerade kokain skickade man servetterna till ett laboratorium för ytterligare tester.

Det färgtest som dessa kokainservetter använder är fascinerande ur ett kemiskt perspektiv på grund av sin komplexitet, även om testet i sig är enkelt att utföra.

Huvudingrediensen är kobolt(II) tiocyanat,  $\text{Co(SCN)}_2$ , löst i vatten.

En rad modifieringar av det

klassiska testet existerar, inklusive det som kallas Scotts reagens och innehåller kobolttiocyanat löst i en blandning av glycerin och ättiksyra, koncentrerad saltsyra och kloroform. När kobolttiocyanat löses upp i vatten bildas svagt rosa oktaedrisk kobolt(II)-komplex. Tillsätter man vissa aminer men också andra föreningar, bildas tetraedrisk och intensivt ”koboltblå” kobolt(II)-komplex – se figur på nästa sida.

Detta är en variant av ett klassiskt läroboksexempel på det som kallas Le Chateliers princip och jämviktens temperaturberoende. I en typisk klassrumsdemonstration börjar man med intensivt blå tetraklorokoboltationer,  $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ , lösta i etanol och tillsätter sedan vatten för att bilda blekrosa hexaakvakobolt-joner  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ .

**DET FINNS FÖRSTÅS** många ämnen som ger en positiv (blå) respons vid exponering för kobolttiocyanatbaserade reagens – något som Aftonbladet också påpekade. Lidokain – även kallat xylokain – är ett bedövningsmedel som först syntetiserades i Sverige av Bengt Lundkvist, Nils Löfgren och Inga Fischer, och som ger ett sådant väl dokumenterat falskt positivt resultat. Både kokain och lidokain ger blå produkter – liksom dussintals andra molekyler – eftersom de bildar föreningar innehållande tetraedrisk kobolt(II) joner. Men vad är det för slags föreningar som bildas?

För kokain har två huvudteorier lagts fram. En utgår från att det tetraedrisk komplexet är en koordinationsförening, där amindelen av kokainmolekylen binder till koboltjonen med sitt fria elektronpar på kväveatomen. Den andra teorin går ut på att den blå produkten är ett jonpar med

två protonerade kokainiumjoner tillsammans med en tetraedrisk tetratiocyanatokoboltat-jon,  $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$ . Sådana jonpar är också lösliga i organiska lösningsmedel, precis som de först nämnda neutrala föreningarna skulle vara. Båda teorierna går att tillämpa på alla organiska baser som ger blå färg med reagens baserade på kobolttiocyanat.

## ”Det är viktigt att notera begränsningarna hos sådana färgreagens”

eningarna skulle vara. Båda teorierna går att tillämpa på alla organiska baser som ger blå färg med reagens baserade på kobolttiocyanat.

**FÖR ATT KUNNA** förfinas utvecklingen av nya tester med större selektivitet, har vi nyligen studerat kobolttiocyanatbaserade tester för kokain med hjälp av enkristallröntgendiffraktion och spektroskopiska tekniker. Vårt arbete med kokain, lidokain och bensimidazol – den senare en aromatisk bas som bildar grund för många biologiskt aktiva substanser – indikerar att båda teorierna kan stämma, beroende på vilken typ av organisk kvävebas som är inblandad.

Kemiskt sett är kokain den neutrala molekyl som även benämns ”kokain i basform” eller ”fri bas”, vilket är den form av kokain som också populärt kallas crack.

Den pulverformiga vita substansen som vi kan se sniffas i tv-serier och då kallas ”kokain” är i själva verket ett salt av kokain, där kokainiumkatjonen bildat ett salt med en kloridjon.

Kobolttiocyanatbaserade reagens används som test för dessa olika kokainprodukter, men det är viktigt att notera begränsningarna hos sådana färgreagens. De indikerar bara att mer sofistikerade prov bör göras, men är i sig inte tillräckligt selektiva för att bekräfta en förenings identitet.

Denna bristande tillförlitlighet, eller snarare bristen på förståelse för vad testen egentligen visar, har lett till ett antal troliga justitiemord, vilket nyligen visats av forskare vid Carey law school vid University of Pennsylvania. Problem som dessa har till exempel lett till att man i Jacksonville, Florida, helt slutat använda Scotts test.

**ÄVEN I DE** handhållna instrumentens era behöver vi snabba, pålitliga, enkla tester i vår analytiska arsenal. Och precis som med alla verktyg måste vi förstå dess gränser och lämpliga användningsområden. Därför är detta ett fortsatt viktigt forskningsområde.

Dessutom älskar vi alla färgglad kemi, eller hur? ◦

**Av Lars Öhrström, professor i oorganisk kemi vid Chalmers, och Raychelle Burks, docent i analytisk kemi vid American university i Washington D.C.**

## Detta är de blå föreningarna

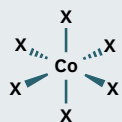
Det är det blå jonparet lidokainiumtetratiocyanatokoboltat(II),  $(\text{Hlidokain})_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$  som bildas av lidokain i ett kobolttiocyanatstest, kunde artikelförfattarna nyligen visa.

De isolerade först föreningen från testlösningen och visade sedan dess identitet genom en strukturbestämning med röntgendiffraktion. Jämförande spektroskopiska studier med UV-synlig-, IR- och Raman-spektroskopi på motsvarande, men enstaka icke-kristallina, blå kokainprodukter antyder att även kokain bildar ett jonpar, kokainiumtetratiocyanatokoboltat(II). Det innebär att färgen kommer från den blå tetratiocyanatokoboltat(II)-jonen.

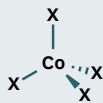
Resultatet rimmar väl med testets bristande selektivitet eftersom ett jonpar rimligen har mindre krav på molekyllär passform än kokain som binder direkt till kobolt. Den aromatiska basen bensimidazol däremot binder direkt till kobolt och bildar den likaledes blå föreningen dibensimidazolbistiocyanatokobolt(II),  $[\text{Co}(\text{bzim})_2(\text{SCN})_2]$ .

Resultaten har presenterats i två artiklar i Journal of forensic science respektive Inorganics.

I kobolttiocyanatstestet ändrar lösningen färg från rosa till blått.

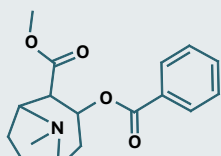


OKTAEDISK, ROSA

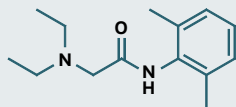


TETRAEDISK, BLÅ

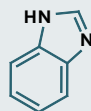
Strukturerna för kokain, lidokain och den aromatiska basen bensimidazol.



KOKAIN



LIDOKAIN



BENSIMIDAZOL

Kokainservetter används för att hitta spår av kokain på ytor.





# Här odlas bakterie- bränslet som ska lyfta flyget



Text Pia Lindberg, Henrik Ottosson och Karin Stensjö Foto Elin Nerpin

Uppsalaforskare använder genmodifierade cyanobakterier och organisk fotokemi för att tillverka flygfotogen från koldioxid, vatten och solljus. Men projektet är ännu i ett tidigt utvecklingskede.





lyget står för 2 till 3 procent av växthusgasutsläppen globalt, men dess bidrag ökar. Pandemin ledde till en markant minskning, men därefter har utsläppen återigen ökat och var i fjol nästan lika stora som före pandemin.

För att minska klimatpåverkan från flygtransporter krävs nya hållbara lösningar. Elflyg kommer inom det närmaste decenniet bara att kunna användas för kortare resor. Vätgas- eller ammoniakdrivet flyg håller på att utvecklas, men kräver helt nya flygplan och omfattande ny infrastruktur för bränslet.

Alternativ är flygbränslen som liknar dagens, fast baserade på icke-fossila råvaror. I Sverige har vi mycket skog som potentiellt skulle kunna användas som råvara, men i de flesta länder behövs andra lösningar. Att utvinna socker från jordbruksgrödor och tillverka etanol som sedan kan omvandlas till flygbränsle är en möjlighet, men kräver mycket energi och att råvaran odlas på mark som i stället kan användas för matproduktion. En rapport från 2022 av Royal society of chemistry uppskattar att två tredjedelar av jordbruksarealen i Storbritannien skulle behöva nyttjas för biobränsleproduktion om dagens fossila flygbränslen helt ska ersättas.

**VI ARBETAR MED** en alternativ process som kombinerar bioteknik med organisk fotokemi. Målet med projektet, som leds från Uppsala universitet, är att ta fram bio-



Frida Sandberg vid Rise Processum i Örnsköldsvik odlar cyanobakterierna i en reaktor med en volym på tolv liter.

flygbränslen som i så hög grad som möjligt liknar dagens fossila flygbränslen. Processen bygger på en solljusdriven bioteknisk produktion, där flyktiga kolväten bildas från koldioxid och vatten. I ett efterföljande fotokemiskt steg slås dessa kolvätemolekyler samman till större molekyler. Även den processen kan utnyttja solljus som energikälla.

För produktionen använder vi fotosyntetiserande mikroorganismer – cyanobakterier – som kan växa med hjälp av energi från solen och med koldioxid från atmosfären som kolkälla. De har därför inte behov av något extra tillskott av energirika ämnen, utan klarar sig med enkla näringsämnen som kväve, fosfor och mineraler. Detta gör dem attraktiva som värdorganism-

mer för produktion av både bränslen och kemikalier.

De cyanobakterier vi arbetar med är möjliga att förändra genetiskt med ganska enkla metoder. Vi kan föra in gener som kodar för enzymer som kan utföra nya funktioner i cellerna, eller stänga av andra gener och därmed hindra cellerna från att utföra vissa reaktioner. På så vis kan vi introducera helt

## ”Vi kan styra cellens metabolism och få den att tillverka en industriellt relevant produkt.”

nya biokemiska reaktionsvägar och styra cellernas metabolism till att tillverka en ny och industriellt relevant produkt som de inte gör naturligt.

Flygfotogen består av kolväten med åtta till sexton kolatomer. Men att tillverka sådana kolväten i bakterier innebär vissa problem. Då de är ganska långa kan de inte spontant passera ut ur cellerna. Det går att lösa men innebär extra processteg som kräver energi, vilket i slutändan minskar effektiviteten. Ett annat problem är att →



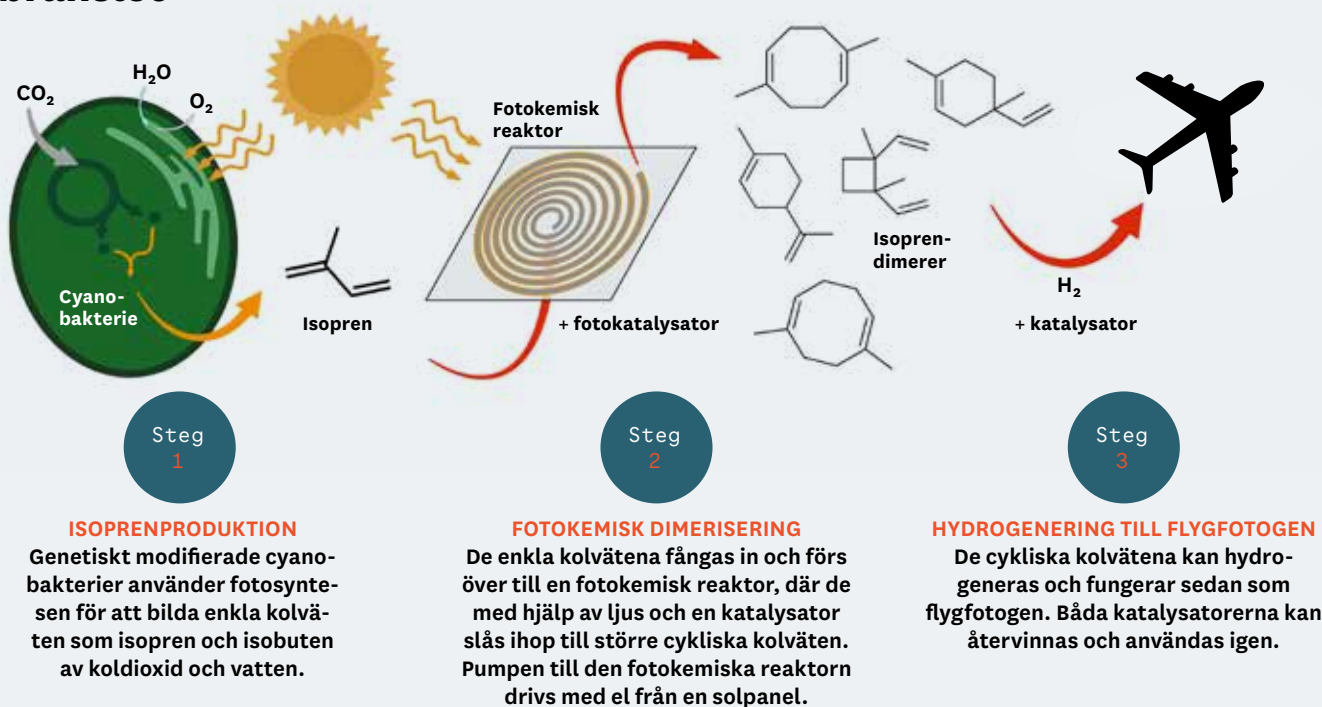
## Isopren och isobuten

Isopren hör till en grupp ämnen som kallas terpen, eller terpenoider, som finns i alla organismer. Terpen består av ”moduler” av fem kolatomer, som kan byggas ihop av specifika enzymer till längre kedjor med tio kolatomer (monoterpen), femton kolatomer (seskviterpen), tjugokolatomer (diterpen) och så vidare. Exempel på terpenoider är steroler och karotenoider. Isopren har bara fem kolatomer, och är flyktig med en kokpunkt på 34 °C. Den tillverkas i vissa växter som ett skydd mot värmestress. Dessa växter har ett enzym, isopren-syntas, som kan tillverka isopren. Vi har använt en växtgen som kodar för enzymet och introducerat den

i cyanobakterier, tillsammans med några gener från terpenbiosyntesen. Resultatet blir celler som kan tillverka isopren direkt från koldioxid och vatten via fotosyntesen.

Isobuten är en flyktig alken (kokpunkt -6,9 °C) som är viktig för tillverkning av polymerer särskilt inom gummiindustrin. Isobuten produceras naturligt i mycket låga halter i ett antal mikroorganismer. Cyanobakterier producerar inte naturligt isobuten, men genom genteknik har vi konstruerat en syntetisk biosyntesväg bestående av gener från brunrätta som kodar för enzymet  $\alpha$ -ketoisokaproat, och från en acidofil arké, som kodar för enzymet mevalonat-3-kinas. Introduktion av denna biosyntesväg till cyanobakterier möjliggör tillverkning av isobuten i cyanobakterier.

## Så produceras bränslet





Luftbubblor pumpas in i botten av reaktorn och tillför koldioxid och ger omrörning. Ledpaneler belyser reaktorn från sidan och ger ljus till bakteriernas fotosyntes.

ningsorganisationen Industridoktorn, Bohus-Björkö, har testat att odla cyanobakterier med simulerade industriella rökgaser, med utmärkt resultat.

Den fotokemiska processen bygger på att ljusenergin i UV-ljus fångas in med hjälp av en molekyl som kan exciteras. Molekylen för sedan över energin till de små kolväten som cyanobakterierna producerat. Dessa blir då elektroniskt exciterade och mer reaktiva, och kan reagera med varandra för att bilda dimerer eller oligomerer (se faktaruta på sidan 27). För den här kemiska processen är det viktigt att ha en funktionalitet i molekylen som möjliggör vidare reaktioner. En enkel alkan skulle inte fungera. Våra studier av olika diener har visat att isopren är den flyktiga dien som ger bäst utbyte av dimerer. Det bildas cykliska kolväten med fyra, sex och åtta kolatomer i ringarna. Det är också viktigt att reaktionen företrädesvis ger oligomerer av en viss storlek, eftersom det annars skulle krävas ett efterföljande separationssteg. Med isopren som utgångsmaterial får vi så gott som enbart dimerer. Bara en mycket liten andel trimerer bildas.

**EFTER ATT HA** börjat med några futtiga milliliter har vi nu lyckats köra den fotokemiska dimeriseringen i femlitersskala. Utmaningen är nu att förbättra utbytet när reaktionen sker med solljus, vilket för närvarande inte är lika effektivt som med bara kortare UV-våglängder. Efter hydrogenering kan blandningen av olika cykliska isoprendimerer i princip användas som flygbränsle, fast en kort upphettning till 135 °C innan hydrogeneringssteget gör att de blir ännu bättre lämpade. Då slår vårt bränsle (HID-135) Jet-A i prestanda, se ruta här på sidan.

Forskningsprojektet startade som ett Uppsalabaserat initiativ sommaren 2017 med ett anslag från Energimyndigheten. Det har därefter gradvis vuxit med deltagande grupper från Rise processum i Örn-sköldsvik och Industridoktorn på Björkö utanför Göteborg och har nu resulterat i det EU-finansierade projektet Alfafuels med deltagare från åtta länder och som startade tidigare år. Processen ligger fortfarande på en mycket tidig utvecklingsnivå och det dröjer sannolikt 10–20 år innan den kan ge ett bränsle som är kommersiellt tillgänglig för flyget. Den hjälper oss således inte i dagens akuta läge där vi omgående behöver reducera våra klimatavtryck. ◦

**Pia Lindberg och Karin Stensjö är docenter i mikrobiell kemi och Henrik Ottosson docent i fysikalisk organisk kemi, alla tre vid Uppsala universitet.**

de bildade kolvätena kan påverka bakteriernas tillväxt och produktivitet negativt, eftersom de är fettlösliga och hamnar i cellens membran där de kan störa membranbaserade funktioner, som fotosyntesen.

**FÖR ATT UNDVIKA** båda dessa problem har vi valt en annan väg: Vi tillverkar mindre, flyktiga kolväten, som kan passera genom cellmembranet och ut ur cellodlingen i gasform. Exempel på sådana kolväten är isopren, med fem kolatomer, och isobuten, med fyra kolatomer. Dessa kan produceras av cyanobakterier, fångas in från gasfasen ovanför cellkulturen, och sedan i ett följande steg fås att på fotokemisk väg slås ihop för att bilda större molekyler, di- eller oligomerer, som blir lagom långa för att användas som flygbränsle. Utgångsmaterialet för bakteriernas produktion är koldioxid, som skulle kunna fångas in från industriella processer. Forskare på kontraktsforsk-

**LIKA BRA SOM DAGENS FLYGFOTOGEN**  
Det biotekniskt tillverkade bränslet står sig väl i en jämförelse med vanligt flygfotogen – som består av olika kolväten med åtta till sexton kolatomer.

|                              | Flygfotogen Jet-A         | Biotekniskt HID-135     |
|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Förbränningsvärme:           | 42,8 MJ/kg                | 43,6 MJ/kg              |
| Flampunkt:                   | ≥38 °C                    | 38,5 °C                 |
| Fryspunkt:                   | -47 °C                    | <-78 °C                 |
| Viskositet vid -20 °C:       | 8,0 mm <sup>2</sup> /s    | 35,2 mm <sup>2</sup> /s |
| Densitet vid 15 °C:          | 775–840 kg/m <sup>3</sup> | 809 kg/m <sup>3</sup>   |
| Andel aromatiska föreningar: | Max 25%                   | 0%                      |



## Så blir flyktiga, små molekyler grunden till flygbränsle



Steg 1

För dimeriseringen krävs en förening som absorberar ljus och exciteras, och därefter går från ett kortlivat så kallat singlettexciterat tillstånd, till ett mer långlivat triplettexciterat tillstånd. Föreningen som används till detta är dinaftylketon, som absorberar ljus av våglängden 365 nanometer, som finns i UVA-strålningen i solljus.

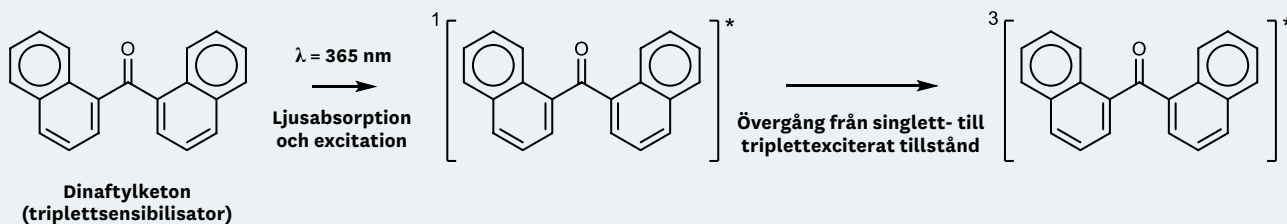
Steg 2

I det triplettexciterade tillståndet kan föreningen, som kallas en triplett-sensibilisator, föra över sin excitationenergi till isopren, samtidigt som den själv går ned till grundtillståndet.

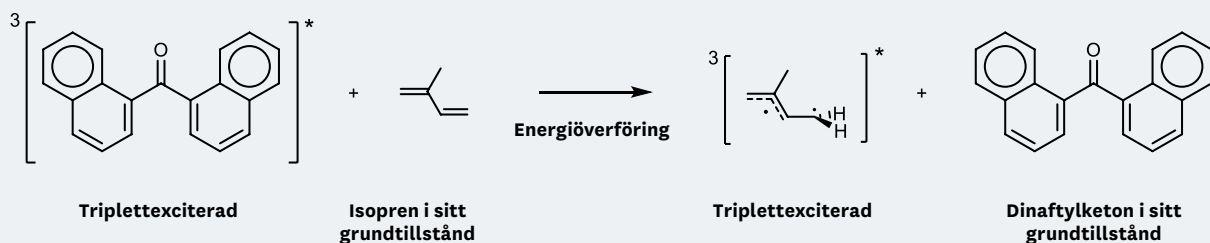
Steg 3

I ett triplettexciterat tillstånd är isopren mycket mer reaktiv och adderar till en andra isoprenmolekyl. Efter sammanslagningen av två isoprenmolekyler bildas en kortlivad reaktiv dimer – en rak kedja med två radikalcentra med oparade elektroner på ändarna. Eftersom avståndet mellan ändarna är kort kan de två oparade elektronerna snabbt slås samman och det bildas en ny kol-kol enkelbindning. Därmed har en stabil molekyl av en cyklisk isoprendimer bildats, en monoterpen, som efter hydrogenering fungerar som flygfotogen.

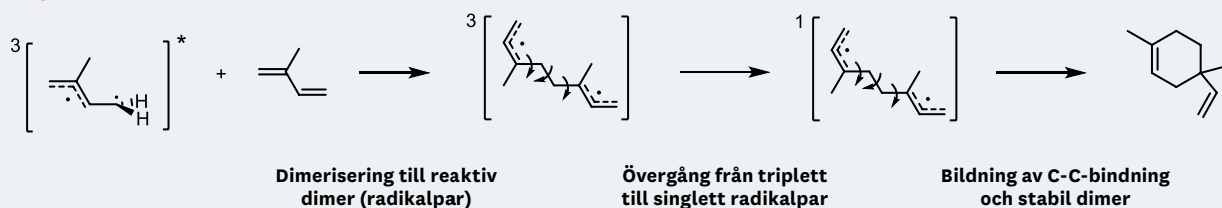
Steg 1



Steg 2



Steg 3



# Fossilt men högaktuellt

Hur ska en metanrik gasblandning som kan utvinnas ur underjorden benämnas? Och vad innebär fossil egentligen i energisammanhang? Kemisamfundets nomenklaturutskott gör ett försök att reda ut begreppen.

Text Martin Ragnar och Henrik Nilsson

## KALK

I en del förbränningsprocesser används kalk för att rena avgaserna. Sådan kalk är i Sverige oftast resultatet av en process där fossil kalksten brutits och bränts till kalk. Kalkstenen förekommer ytligt på såväl Öland som Gotland, varför skrivningar om att fossilt skulle vara något ur jorden hämtat därför rimmar illa. På samma sätt är det nog ganska okontroversiellt att hävda att framställning av bränd och släckt kalk eller cement genom bränning av kalksten är fossila processer som ger upphov till utsläpp av fossil koldioxid.

## FOSSIL

### FOSSIL

Substantivet fossil kan betyda förstenade rester av organismer inbäddade i sediment, till exempel sådana som Gotlands och Ölands berggrunder är uppbyggda av. Själva ordet är härlett ur grekiskans ord för mossa. Det är adjektivet fossil som är intressant i relation till energidebatten. Nordisk familjebok hävdar att fossil är "tillhörande forntidens djur- eller växtvärld samt befintlig i berg- eller jordlagren eller därifrån uppgräfd" medan Terminologicentrum, TNC, i sin Energiordlista från 1981 definierade adjektivet fossil som "bildad av biologiskt material under äldre geologiska perioder" och exemplifierade med kol och petroleum.

## KALK

I olje- och gasfältet Njord utvinns sedan 1997 fossil olja och gas. Det beräknas vara i drift till 2040.



## KOL, OLJA, GAS

Det som är intressant att gräva djupare i är frågan om fossila bränslen. Kol som grävs upp ur jorden, olja som man borrar för att utvinna och metanrik gas som strömmar upp ur jordskorpan efter att man borrar efter den brukar vi benämna fossil energi. För stenkol är det lätt att se, men vare sig olja eller gas är någon förstening eller något mineral, vilket ibland hävdats i beskrivningar av substantivet fossil. Däremot är de reminiscenser av en forntida djur- och växtvärld.

## TORV

Torv är också ett resultat av äldre flora och fauna, men inte en forntida sådan. Förbränning av torv ger upphov till koldioxidutsläpp som sannolikt inte skulle klassas som förnybara. Torv är knappast fossil till sin natur ändå, men ett viktigt steg på det som benämns inkolningskedjan. Efter torv kommer stadierna brunkol, stenkol, antracit och slutligen grafit. Kanske kan man hävda att gränsen för det fossila går mellan torv och brunkol, men även detta är en otydlig skiljelinje. Oavsett var man väljer att dra linjen så betyder det inte att allt som inte är fossil är förnybart. Det finns helt enkelt något däremellan också. Torv ligger ofta ytligt, medan de senare stadierna i inkolningskedjan normalt är begravda under mer eller mindre mängder jord eller berg. En intressant tanke är att titta på halten kol-14 i ett givet bränsle och med utgångspunkt från detta försöka avgöra bränslets natur som fossil eller förnybart – eller var på skalan däremellan bränslet befinner sig.

## DEFINITION

Så vart leder dessa insikter oss när det gäller en modern definition av fossil i samband med energi? Förslaget får bli "härörande från forntidens växt- och djurvärld". Därmed blir brunkol och de senare stadierna av inkolningskedjan liksom olja och gas som utvinns ur underjorden fossila. Om man förbränner biomassa i en panna och tillsätter kalk är själva biomassan inte fossil, men likafullt använder man sig av fossila ämnen i samband med rökgasreningen. Bränslen kan inte heller entydigt delas in i fossila och förnybara, utan mellanstadier mellan dessa finns också.

Oljetankern  
Njord Bravo.

## NATUR- ELLER FOSSILGAS?

Huruvida naturgas bör benämnas fossilgas är en fråga med sprängkraft. Den gas som utvinns ur borrhålen är fossil till sin natur. TNC skiljer i ett frågesvar från 2001 mellan naturgas och fossilgas med hänvisning till att naturgas "bildas även i dag, i till exempel myrar och träsk, och den är inte fossil". Hållbarhetstermgruppen beskriver det på följande sätt: "I dag används dock naturgas framför allt om den naturgas som har fossilt ursprung. Eftersom det har blivit mer relevant i dag att skilja mellan fossila och icke-fossila bränslen är fossilgas en tydligare term än naturgas. [...] Eftersom fossilgas och naturgas används synonymt kan det vara lämpligt att exempelvis skriva 'fossilgas (även kallad naturgas)'. Den som väljer att använda termen naturgas kan på motsvarande sätt skriva 'naturgas (även kallad fossilgas)', alternativt använda den mer beskrivande benämningen fossil naturgas." Även den gas som framställs på annat sätt och ofta presenteras som förnybar har många olika namn som vart och ett är relevanta i olika kontexter, som exempelvis biogas, rötgas, deponigas, förgasningsgas, syntetisk naturgas och elektrometan.



Socrates död, målad av Jacques-Philip-Joseph de Saint-Quentin 1787.

**Gift – historien om drycker, pulver och mordiska uppsåt**  
Ben Hubbard  
[Tukan förlag, 2023]

## Giftmordens lömska historia

Från Sokrates giftbägare med odört till ryska lönnmördares novitjok. Ett 40-tal mord avhandlas i *Gift*.

**BOKEN** *Gift – historien om drycker, pulver och mordiska uppsåt* av Ben Hubbard är som titeln antyder en giftbok med fokus på den kriminella användningen av toxiska ämnen. Boken inleds med några korta avsnitt om olika slags gifter: växter, svampar, djur, grundämnen, bakterier och syntetiska

gifter. Två sidor ägnas åt grundläggande toxikologiska begrepp. Huvuddelen av boken har sedan ett historiskt upplägg. I sex kapitel skildras gifter under antiken, medeltiden och renässansen, 1600- och 1700-talen, 1800-talet, 1900-talet samt 2000-talet.

Det börjar med jägar- och

samlarfolken som använde gift på spjut- och pilspetsar för att på så vis kunna fälla större villebråd. Tyvärr anges varken fyndplatser eller datering av de arkeologiska fynden. De som härstammar från Zanzibar har en uppskattad ålder av 13 000 år. Bokens sista exempel är mordförsöket på Sergej och Julija Skripal i Salisbury i mars 2018, då nervgiftet novitjok nyttjades. Några månader senare drabbades ett par i den närbelägna staden Amesbury av samma gift. Kvinnan, Dawn Sturgess, avled medan mannen överlevde.

Ett tjugotal gifter har fått varsin sida enhetligt utformad presentation med underrubrikerna Översikt, Giftverkan, Symtom, Behandling och Kända förgiftningsfall. De gifter som behandlas är odört, belladonna, stormhatt, bly, kvicksilver, arsenik, opium, spansk fluga, mjöldryga, spikklubba, fosfor, stryknin, kloroform, cyanid, ricin, sarin, tallium, mjältbrand, polonium-210, dioxin och novitjok. Urvalet av fakta är både relevant och såvitt jag kan bedöma korrekt. Bland de kända fallen finns dessbättre även några mindre kända till glädje för den läsare som redan är bekant med området.

Ett fyrtiotal fall behandlas mera utförligt i anknytning till de respektive gifterna – från Sokrates giftbägare med odört till de ryska lönnmördarnas novitjok.

**NÅGRA SMÄRRE FEL:** Alan Turings äpple undersöktes aldrig, så det är inte belagt att där fanns cyanid. Lamsons fruktka innehöll inte akonitin, giftet

fanns i en gelatinkapsel. Det finns inga belägg för att Adolf Hitler själv skulle tagit cyanid, däremot gjorde Eva Braun det (egentligen fru Hitler, de vigdes i bunkern). Morfin bör klassas som opiat snarare än opioid. Informationen om förekomsten av fosfor i människa uppges som ”små mängder” i urin. Visst, men totalt i blod, ben och vävnad finns cirka 780 gram i en vuxen. Giftiga grundämnen behandlas just som sådana när det i själva verket är kemiska föreningar av dessa som nyttjats som gift.

Boken är rikt illustrerad, betydligt fler än hälften av sidorna pryds – i några få fall misspryds – av illustrationer. Några är inte relevanta: kristallstrukturen för grundämnet tallium och en ampull innehållande tallium – det är talliumsalter som nyttjats som mordgift. Elektronkonfigurationen för radioaktivt polonium-210 är inte intressant ens om den vore kommenterad. Flera av bilderna på växter, till exempel på opium och spikklubba, är konstnärliga snarare än välliknande.

**HELHETSOMDÖMET ÄR ÄNDÅ** positivt. Boken är intressant både för noviser och redan frälsta. Den avslutas med ett användbart sak- och personregister.

Författaren Ben Hubbard är även journalist och har enligt baksidestexten tidigare ”skrivit om allt från vikingar, samurajer och romerska gladiatorer till fotboll och populärmusik”. Sophie Hannah, författare av kriminalromaner inklusive några nya Poirot-deckare, har skrivit förordet.

Originalutgåvan *Poison – the history of potions, powders and murderous practitioners* kom 2019. För den svenska översättningen – som är av utmärkt kvalitet – står Anna Rodhe. ◊

**Av Olle Matsson, professor emeritus i kemi, Uppsala universitet.**



# Läkemedel – en svensk paradgren

Flera av de läkemedel som såldes mest i världen under 1900-talet utvecklades i Sverige. Här kommer några av de som var med till tals.

## VÄRLDSBERÖMDA LÄKEMEDEL

är en representativ antologi över läkemedelsområdets framväxt och utveckling i Sverige under senare halvan av 1900-talet. Boken omfattar 31 bidrag – intervjuer såväl som kortare aktstycken. Bakom finns personer som varit aktiva inom huvudkapiteln forskning, produktion, kontroll eller marknad. De representerar de drivande individer som åstadkommer förändringar och framgångar.

Ett bra fungerande läkemedel handlar inte bara om en aktiv substans för en given indikation. För att komma i mål med en produkt krävs samverkan mellan olika kompetenser, där utvecklingen karakteriseras av en trögt arbete och gränsöverskridande diskussioner. Guldåren var ett resultat av samarbeten mellan industrin, vården och den akademiska världen. I boken beskrivs många fina upptäckter som resulterar i ett antal världsberömda läkemedel, men också några misslyckanden.

**ETT LÄKEMEDEL SKA** också formuleras – som tablett, kapsel, tuggummi, som lösning under huden, salva, plåster och så vidare. Flera svenska företag har varit banbrytande i utvecklingen av nya formuleringstekniker. Med dessa går det att styra såväl upptag som frisättning och utsöndring av aktiva substanser, och de har även möjliggjort upptag av näringsämnen. Många lyckade exempel återges i boken där framgångarna också relateras till den samtida utvecklingen av kemin och biokemin. Utvecklingen av olika separations- och analysmetoder gör att vi kan hitta det som stoppas in i folk och veta

Världsberömda läkemedel – guldåren i svensk läkemedelsindustri  
Red. Anders Cronlund och Ola Flink  
[Apotekarsocieteten 2023]

var det finns. Stereospecifika metoder för såväl läkemedelssyntes som analys har förfinats, vilket är en fördel då endast en kiral variant (spegelbildsform) är aktiv, men kan också vara en väg att förlänga ett patent. Utvecklingen

av biokemin och farmakologin – inte minst den kliniska med sina beräkningsmetoder – och ökade kunskaper om metabolismen gör att vi bättre kan förstå läkemedlets öde i kroppen. Här har duktiga forskare utvecklat metoder för att beräkna hur mycket av givet läkemedel som finns var, när och hur. Sist men inte minst lyfts den rekombinanta biotekniken fram – och världens första biotekniska läkemedel. Ytterligare viktiga verksamheter som utvecklats är toxikologi och kliniska prövningar.

Produktionen karakteriseras av en successiv övergång till stordrift, drivet av samverkan och senare av omfattande industrisammanslagningar. Teknikutvecklingen driver upp volymerna och när produktionen skalas upp uppstår ofta problem som måste lösas. Produktions-

avsnittet i boken ger några talande exempel på sinnrika lösningar. Precis som i det omfattande analysarbetet datoriseras och automatiseras maskinparken alltmer mot sektlets senare del. Förpackningsmaterialet förändras, plast och aluminium ersätter i görligaste mån glas och bleckplåt och förpackningar standardiseras.

Kvalitetskontrollen växer fram – all verksamhet kring läkemedel blir föremål för en successivt utvecklad samt striktare informations- och kontrollverksamhet. Från att i början endast ha avsett råvaror och färdig produkt omfattar kvalitetsarbetet hela utvecklingskedjan.

Här samverkar producenter och myndigheter. Inom producentledet blir branschsammanlutningar – nationella och internationella – pådrivande.

Offentliga instanser sammanförs till ett läkemedelsverk och så småningom i internationell samverkan. En mängd protokoll och styrdokument upprättas, så kallade GXP, som står för god sed inom olika områden.

Läkemedelsmarknaden går från att vara nationell till att bli internationell. Företagens varukataloger ersätts redan 1966 av en gemensam publikation – Fass.

**BRANSCHORGANISATIONERNA** antar regler för läkemedelsinformation och en nämnd för bedömning inrättas. Apoteken och viss industri förstärks, senare följt av en turbulent period av industrisammanslagningar och uppköp, karakteriserade av en kapitelrubrik: Starta nytt, slå ihop, sälj av eller lägg ner. Några uppiggande exempel på kulturkrockar och tråtor ventileras också.

Författarna är engagerade och det finns ett driv i texterna. Materialet är väl harmoniserat. Redaktörerna har lyckats väl med sin sammanställning kring tillkomsten av svenska spetsläkemedel – av vilka vi återfinner bland annat protonpumpshämmaren Losec, bedövningsmedlet Xylocain, injektionsvätskan Healon, tillväxthormonet Genotropin, astamedicinen Symbicort, näringspreparatet Intralipid och rökavvänjningsmedlet Nicorette. ◦

Av Björn Lindeke, professor emeritus i läkemedelskemi vid Uppsala universitet och ledamot i Svenska kemisamfundets kemihistoriska nämnd.



## Nya uppdrag och utmärkelser



**Pernilla Wittung-Stafshede**, professor vid Chalmers, har utnämnts till honorary fellow av Royal society of chemistry i Storbritannien.



**Pernilla Wittung-Stafshede** är också en av 118 forskare i Sverige som har utsetts till Wallenbergs scholars. Det är ett femårigt anslag för seniora forskare som ger dem upp till 20 miljoner kronor vardera. Bland de övriga forskarna finns professorerna **Andrew Ewing**, **Richard Neutze**, **Ruth Palmer** samt **Henrik Zetterberg**, Göteborgs universitet, **Thomas Helleday** och **Rickard Sandberg**, KI, **Joakim Lundeberg**, KTH, **Heiner Linke**, Lunds universitet, **David Drew**, **Gunnar von Heijne**, **Martin Högbom**, **Erik Lindahl** och **Xiaodong Zou**, Stockholms universitet, **Oliver Billker**, Umeå universitet, samt **Johan Åqvist**, Uppsala universitet.



**Örjan Gustafsson**, professor i biogeokemi vid Stockholms universitet, har valts in i Påvliga vetenskapsakademien. Den andra svenska ledamoten är **Erna Möller**, professor vid KI.



**Emelie Antoni**, Nordenchef, Astra Zeneca,

**Magnus Hallberg**, divisionschef Rise, **Jessica Martinsson**, vd Sweden Bio, samt **Jens Nielsen**, vd för Bioinnovation institute i Köpenhamn och professor vid Chalmers, är fyra av 21 ledamöter i regeringens rådgivande grupp för life science.



**Vasili Haurlyuk**, lektor vid Lunds universitet, får **Göran Gustafssonpriset** i molekylär biologi, för studier av hur proteinsyntes regleras i bakterier.

**Sebastian Westenhoff** får priset i kemi.



**Mattias Philipsson**, vd på Svensk Plaståtervinning, är ny ordförande i Delegationen för cirkulär ekonomi, ett rådgivande organ till regeringen.



**Anders Nilsson**, professor vid Stockholms universitet, får 2024 års **Plylerpris** för molekylär spektroskopi och dynamik. Priset består av 10 000 dollar.



**Per I Arvidsson**, chef för läkemedelsplattformen vid Science for life laboratory får tillsammans med kollegan **Kristian Sandberg**, Uppsala universitet, hedersutmärkelsen **Läkemedelskemiska priset 2024** av Apotekarsocieteten.



**Lena Ring** är från juni vd i Apotekarsocieteten. Hon är disputerad apotekare och arbetar i dag i Region Uppsala.



**Sebastian Westenhoff** är född i Tyskland och har bott i Sverige i sexton år, de senaste två i Uppsala.

# Prisas för filmer av laddningar

**SEBASTIAN WESTENHOFF** avbildar reaktioner på molekylnivå. Nu får han **Göran Gustafssonpriset** i kemi.

**GÖRAN GUSTAFSSONPRISEN** består av ett forskningsanslag på 6,3 miljoner kronor, fördelat på tre år, och ett personligt pris på 300 000 kronor. Det delas ut varje år till fem yngre forskare inom fem olika områden. Sebastian Westenhoff, professor i biokemi vid Uppsala universitet, får årets pris i kemi. – Nu kan jag göra ett experiment som jag alltid har velat göra, säger han.

Planen är att studera proteinernas roll när laddningar förs över i kemiska reaktioner. Det är viktigt i många biokemiska processer, till exempel i fotosyntesen. När solljuset träffar ett protein frigörs elektroner som sedan transporteras vidare till olika platser i proteinet.

– Det är ett projekt som är djärvt och riskfyllt, men som kan leda till något väldigt bra i slutänden.

Vid laddningsöverföring ändras proteinets tredimensionella form. Genom att bestämma strukturen vid många olika tidpunkter, kan man se

hur den förändringen ser ut under reaktionen.

– När man tittar på förändringarna ser det ut som en film. Utifrån hur atomerna rör sig kan man försöka lista ut molekylära mekanismer, säger Sebastian Westenhoff.

För att studera processen använder han röntgenkristallografi och frielektronlaser – den senare finns exempelvis i anläggningen XFEL i Hamburg och på Stanford i USA.

Han har tidigare använt samma metoder för att studera de signalproteiner i växter som styr att plantor växer mot ljuset. Det experiment han nu planerar är dock svårare att genomföra då signalerna är mindre, säger han.

Arbetet är grundforskning, men tänkbara tillämpningar finns.

– Genom att studera laddningsöverföring i modellproteiner kan vi bättre förstå hur naturen har optimerat processen. Andra kan använda kunskaperna för att bygga bättre solceller. ◻

AVHANDLINGEN

# Ny metod hittar fler förbjudna substanser

**MALIN NILSSON BROBERG** har hittat såväl hittills okända nedbrytningsprodukter av dopningspreparat som nya metoder att spåra dem.

**DOPNING KAN VARA** svårt att upptäcka. De förbjudna substanserna bryts ner snabbt i kroppen och när det är dags för provtagning finns kanske inte ett spår kvar i blodet. Därför kan det vara bättre att i stället leta efter de nedbrytningsprodukter, eller så kallade metaboliter, som bildas när substanserna bryts ned och som kan finnas kvar i kroppen längre.

– Det finns verkligen en poäng i att leta efter nedbrytningsprodukter, säger Malin Nilsson Broberg, som precis har disputerat i ämnet vid Uppsala universitet.

Hon har i sin avhandling undersökt vilka nedbrytningsprodukter som bildas av ett par utvalda substanser och även hur små mängder av dessa som kan detekteras. Substanserna tillhör en grupp som kallas selektiva androgena receptor-modulerare (SARM) och har liknande effekt som klassiska muskelbyggande anabola steroider, men med mindre biverkningar.

– Huvudsyftet var att hitta nya analytiska måttavlor som ökar chanserna att hitta förbjudna ämnen. Genom att göra så kallade administrationsstudier på häst och människa och i labbmodeller hittar vi det vi ska leta efter, säger hon.

I studien har hon undersökt urin och blodplasma från häst och människa som fått små doser av SARM-substansen.

– I en administrationsstudie följer vi nedbrytningen över tid. I vissa prover kunde vi



**”Metabolite profiling of drugs using mass spectrometry: Identification of analytical targets for doping control and improvements of the metabolite search process”**

**Malin Nilsson Broberg**

**Institutionen för läkemedelskemi, Uppsala universitet.  
Handledare: Mikael Hedeland, Ulf Bondesson, Curt Pettersson och Börje Tidstedt.**

detektera själva substansen i 48 timmar efter intag av substansen, men nedbrytningsprodukter efter 96 timmar.

För analyserna har hon använt vätskekromatografi för att separera ämnena i proverna och högupplösande masspektrometri för att identifiera dem – metoder som är de vanligaste

i dag. Dessutom har hon utvecklat ett sökverktyg som gör det lättare att hitta de intressanta molekylerna.

I vissa fall letar man redan i dag efter metaboliter som ökar sannolikheten att hitta fuskare.

– Dessa typer av studier måste fortsätta. Vi måste leta efter och hitta metaboliter då det finns ett värde i att förlänga detektionsfönstret, säger Malin Nilsson Broberg.

Hennes forskningslabb finns på Statens veterinärmedicinska anstalt. Forskare där lyckades 2012 avslöja två medaljörer som fuskat i OS i Aten 2004, genom att de hittade tidigare okända metaboliter till en anabol steroid i nedfrusna prover. Nu får labbet ytterligare verktyg då resultat från Malin Nilsson Brobergs studier är klara att använda. Självt blir hon kvar på labbet där hon har fått en forskartjänst. ◦



**Malin Nilsson Broberg med handledaren Mikael Hedeland.**



## Ett nytt och tunt guldmaterial

Forskare vid Linköpings universitet har lyckats skapa endast ett atomlager tjocka ark av guld. Det ger ett material som enligt forskarna får nya egenskaper, eftersom guld får två fria bindningar i två dimensioner. Forskarna utgick från ett tredimensionellt material där guld är inbäddat mellan lager av titan och kol och har vaskat fram det med en metod som kallas Murakamis reagent. Resultaten är publicerade i Nature synthesis.

## Gör viskos av gamla bomullslakan

Uttjänta bomullslakan kan bli ny viskos med hjälp av en metod som utvecklats av forskare i Lund. Tygerna läggs i zinkkloridlösning där de löses upp. När vattnet tillsätts fälls en vit så kallad dissolvingsmassa ut som enligt forskarna skulle kunna ersätta massan i dagens viskosprocess. Forskarna, som har beskrivit processen i tidskriften Cellulose, planerar tillverkning i pilotskala 2025.

## Ny klass antibiotika

Forskare vid Uppsala universitet har upptäckt en klass av antibiotika som visat sig verksamt mot multiresistenta bakterier och kan behandla blodinfektioner hos möss. De riktar sig mot proteinet LpxH som används av gramnegativa bakterier – de mest kritiska att utveckla nya behandlingar för – för att bilda det yttersta skyddslagret. Resultaten beskrivs i en artikel i PNAS.



Reklam för den tyska tandkrämen Doramad.



AUERGESSELLSCHAFT A.G. BERLIN N 65

# Mirakelkuren med dödliga biverkningar

I början av 1900-talet sågs radioaktiva ämnen som mirakelmediciner.

**TÄNK OM DET** fanns en medicin som hjälpte mot såväl gikt som reumatism och till och med kunde förbättra munhälsan – en mirakelkur? Vid 1900-talets början fanns sådana mirakelmediciner, baserade på

de radioaktiva grundämnena radium och torium.

Radioaktivitet upptäcktes i slutet av 1800-talet av den franska fysikern Henri Becquerel. Marie och Pierre Curie myntade sedan termen radioaktivitet,

efter att de lyckats isolera och även karakterisera radium. Det blev startskottet till många nya upptäckter inom medicin, fysik och kemi. Vid den här tiden fanns en allmän fascination för de hälsofördelar man trodde strålning kunde ge. Vissa trodde att exponering för radioaktiva material kunde stimulera kroppens naturliga läkningsprocesser och på så sätt förbättra den allmänna hälsan. Därför tillsattes radioaktiva ämnen i såväl olika typer av mediciner som i konsumentprodukter. Exempelvis fick tandkräm – en produkt som började tillverkas i slutet av 1800-talet – tillsatser av radium. Karies var ett växande problem i västvärlden och det blev viktigt att förebygga sjukdomen. Tandkräm blev en viktig produkt.

I Tyskland utvecklade företaget

Auergesellschaft en tandkräm som marknadsfördes med den säljande formuleringen ”Doramad, den radioaktiva tandkrämen”. Den radioaktiva strålningen laddade enligt företaget cellerna i munnen med ny livsenergi, hindrade bakterier från att förstöra munhälsan, stärkte försvaret av tänder och tandkött och hjälpte även till att polera emaljen.

Vid denna tid fanns det knappt någon reglering av konsumentprodukter, och tandkrämen marknadsfördes som ett revolutionerande genombrott inom tandhygien.

**KUNSKAPEN OM** farorna med radioaktivitetens biverkningar började dock bli kända. Amerikanska tandläkare upptäckte att kvinnor som arbetade med att måla urtavlor led av

munsmärtor, sår i munnen och lösa tänder. De hade även såväl anemi som frakturer. Färgen de använde hette Undark och innehöll radumpulver. Kemister som tillverkade färgen hade skyddsutrustning – men kvinnorna som målade urtavlor fick inte kunskap om riskerna med radium. För att göra penseln så spetsig som möjligt formade de den med läpparna. Ibland målade de även sina läppar och tänder med färgen, för skojs skull. Den första urtavlemålaren dog 1923, men först hade hennes käke fallit av – något som kom att kallas radiumkåke. Och fler kvinnor dog.

Färgtillverkarna ville inte att hälsoriskerna med radium skulle bli kända och krävde att läkarna och tandläkarna som behandlade kvinnorna skulle säga att dödsfallen berodde på strålning från röntgen som använts för att diagnosticera sjukdomarna, eller på syfilis. Det ansågs skamligt och var ett sätt att smutskasta kvinnorna och skylla dödsfallen på deras sätt att leva. Men när statliga myndigheter började undersöka dödsfallen kom de fram till att kvinnorna dött av radiumförgiftning.

**DET VAR DOCK** först när den amerikanska industrimagnaten Ebenezer Byers dog av radiumförgiftning 1932, efter att ha tagit en radioaktiv medicin, som myndigheterna började reglera innehållet av radioaktiva ämnen i produkter. Historien visar på vikten av att undersöka ”mirakelmediciner” och reglera användandet av substanser. Trots allt finns det i vissa kretsar kvar en tro på att radioaktiva ämnen fungerar som hälsokurer. Än i dag kan gäster på det tjockiska spahotellet The radium palace simma i en bassäng med radonvatten för att förbättra sin hälsa. ◦

**Av Hanna Vikström, biträdande lektor i historia vid Luleå tekniska universitet, och medlem i Kemisamfundets kemihistoriska nämnd.**

Markus Skogman, Yasamin Rigi och Elisabeth Ghebrealfa kammade hem sjättepriset till Solna gymnasium.



KEMIOLYMPIADEN

# De vinner Wallenbergs kemipris

Priset delas ut för första gången i år. De tio bästa skolorna vinner.

**WALLENBERGS KEMIPRIS** delas ut till elever och skolor som är med i den svenska delen av tävlingen Kemiolympiaden. De tio skolor där de tre bästa eleverna får flest poäng gemensamt i provomgång II vinner. Eleverna får – liksom även kemiinstitutionerna på deras skolor – en summa pengar.

En av de vinnande skolorna är Solna gymnasium som tog hem plats sex i tävlingen. Aniko-Szidonia Sipos, kemilärare på Solna

gymnasium, berättar vad vinsten betyder för skolan och eleverna.

– Kemilagens prestation visar att undervisningen på

naturprogrammet håller hög kvalitet och att våra elever kan konkurrera på nationell nivå inom ämnet kemi. Det är också tydligt att skolans satsning på att stödja högpresterande elever ger resultat och bidrar till en stimulerande lärandemiljö.

**Hur skapar man ett intresse för kemi hos unga?**

– Arbeta experimentellt! Det engagerar de flesta elever, gör lärandet meningsfullt och långvarigt och ger en djupare förståelse för kemiska processer. Uppmana eleverna att ta kontakt med forskare – det är mycket enklare än vad man tror. Det är dessutom viktigt att stå emot betygspressen – glädjedödaren i vårt arbete. Fokusera på att utveckla elevernas förmåga att tänka kritiskt och kreativt i naturvetenskapliga sammanhang.

– Slutligen: fortbilda dig! Undervisningen blir mer effektiv om man själv lär sig mer.

Wallenbergs kemipris kommer att delas ut fem år i rad. Det delas ut av Svenska Kemisamfundet och sponsras av Marcus och Amalia Wallenbergs minnesfond.

## Theorellpriset till Gustav Berggren

Hugo Theorellpriset i biofysik 2024 tilldelades **Gustav Berggren** från Uppsala universitet. Hans forskning kretsar kring enzymgruppen hydrogenaser.

– I min forskargrupp är vi intresserade av metallers funktion och kemi i biologiska system, berättar Gustav Berggren. Vårt fokus ligger främst på metallenzymmer – hydrogenaser – som katalyserar upptag och produktion av väte i olika mikroorganismer. Hydrogenaser hjälper mikroorganismer att överleva på extrema platser, som arktiska öknar, där det kanske inte finns några kolkällor och där fotosyntesen inte fungerar så bra.

Gustav Berggrens forskargrupp studerar bland annat hur evolutionen har utvecklat hydrogenaserna. Detta kan bland annat ge svar på hur enzymerna ska designas för att få de egenskaper som passar dagens behov. Forskargruppen har utvecklat sätt att tillverka hydrogenaser på syntetisk väg, vilket öppnar för möjligheten att skapa hydrogenaser med önskade egenskaper.

På applikationssidan studerar de hur hydrogenaser kan användas för lagring av energi från solkraft.

Som mottagare av priset kommer Gustav Berggren traditionsenligt att tala på mötet Sweprot 14–17 juni.

Läs hela intervjun med **Gustav Berggren** på [kemisamfundet.se](http://kemisamfundet.se)



ANNONS



# What are you doing next summer? Visit Stockholm for SCS2025!

**The 3rd National Meeting of the Swedish Chemical Society, SCS2025, takes place in Stockholm next year.**

Participants from all fields of chemistry are welcome. The program will include inspiring presentations, interactive poster sessions, and ample networking opportunities.

*scs2025.se*

**When?** June 16-18 2025  
**Where?** Stockholm, Sweden



**SVENSKA  
KEMISAMFUNDET**  
The Swedish Chemical Society