



NR 1/2024



Stockholms
universitet

KRC 
Kemilärarnas resurscentrum

Kemilärarnas Informationsbrev nr 1 2024

Innehållsförteckning	Sida
Föreståndarens rader	2
Fortbildningar	3
Nya NO-laborationer på Skolverket	4-5
Internationell studie om hållbarhet i kemiundervisningen	6
TEMA: Grön kemi i norska skolan	7-11
Såpbubblor – en komplicerad historia	12-13
Visualisering och simulering i kemiundervisningen	14-15
Naturhistoriska riksmuseet i kemihistorien	16-17
Labbtips – Gravimetrisk titrering	18-19
Inspirera elever i naturvetenskap -EOES	19
MOOC – gratis distanskurser	20
Kemiundervisning stoppad av Skolinspektionen	21
Kemins roll i återvinningens tidevarv	22
KRC-tipset	23
Kalender	24

Kemilärarnas resurscentrum (KRC) är ett nationellt resurscentrum lokaliserat till Stockholms universitet och Institutionen för biokemi och biofysik (DBB).

Föreståndare: Jenny Olander jenny.olander@krc.su.se
08-120 765 49

Projektledare: Camilla Mattson camillam@krc.su.se
Maria Rocksén maria.rocksen@krc.su.se
Cecilia Stenberg cecilia@krc.su.se (heltid)

Hemsida: www.su.se/kemilararnas-resurscentrum/
Facebook: *Kemiresurs* (öppen sida) och KRC (sluten grupp)
Besöksadress: Svante Arrhenius väg 16 C, K-huset rum K411
Postadress: DBB, Kemilärarnas resurscentrum (KRC),
Stockholms universitet
106 91 Stockholm, Sverige

Redaktör & layout: Cecilia Stenberg; cecilia@krc.su.se
Ansvarig utgivare: Jenny Olander; jenny.olander@krc.su.se

KRC:s informationsbrev går ut till alla Sveriges skolor med kemiundervisning och adresseras till "NO-lärarna vid" eller "Kemilärarna vid".
Se till att alla kemilärare får tillgång till tidningen. Anmäl dig på vår hemsida www.su.se/krc/ om du vill få tidningen via e-post. Under fliken "Om oss" hittar du även alla utgivna informationsbrev i pdf-format.

Tryckt hos Kalmar Kuvert 2025

Omslagsbild: Flera järnföreningar samlade. Gamla rostiga lantbruksredskap framför en ladugårdsvägg som är målad med Falu rödfärg någonstans i Sörmland.
(Foto: Cecilia Stenberg)

Föreståndarens rader

Efter drygt ett års uppehåll är vi äntligen tillbaka med ett nytt nummer av Kemilärarnas informationsbrev.

Här försöker vi bringa lite klarhet i såpbubblornas kemi och enkla undersökningar med variabelförsök. Vi har också glädjen att presentera sex nya laborationer, som tagits fram för att underlätta formativ bedömning av systematiskt arbete i högstadiet. De nationella resurscentrumen i biologi, fysik och kemi har lett utvecklingen, i nära samarbete med verksamma NO-lärare och företrädare för Skolverket. Materialet är redan tillgängligt på Skolverkets hemsida, men webinarier och fortbildningar planeras också under kommande läsår. Utöver dessa laborationer vill vi slå ett slag för gravimetrisk titrering, med ett förslag på hur det kan användas för att undersöka äppeljuice.

Grön kemi är ett vanligt begrepp i kemikursplaner ur ett internationellt perspektiv. Här får vi lite närmare inblick i vad det innebär för norsk undervisning och samtidigt introduceras vi till det norska examensprovet i kemi. Kemins roll i återvinningens tidevarv är temat för ytterligare en artikel på närliggande tema. För att undersöka vilka praktiska undervisningsaktiviteter med relation till hållbar och grön kemi, genomförs en internationell enkätstudie, som alla kemilärare är inbjudna att delta i.

Två projekt som riktar sig till gymnasielärare, handlar om utveckling av nytt undervisningsmaterial. Det ena handlar om kemisimuleringar och det andra handlar om miljöföroreningarnas (exempelvis DDT, PFAS) historia i undervisningen utifrån befintliga poddavsnitt. Båda projekten är öppna för anmälan fram till början av september.

Under läsåret 24/25 kommer gymnasielärare runtom i Sverige förbereda sig för implementeringen av Gy25. På KRC:s hemsida (under gymnasienivå) finns några dokument som kan vara användbara i detta arbete. Vi kommer även att bjuda in till några webinarier för att underlätta kollegiala samtal om gymnasiekemin på nationell nivå. Exempel från den nya ämnesplanen som vi kommer att lyfta är vad undervisning om "kemitekniska tillämpningar", "simuleringar" och "riskbedömning" kan innebära i praktiken.

Det finns tips om kemirelaterade aktiviteter för både elever och lärare, troligen mer än någon hinner ta del av. Men se det som ett smörgåsbord. Och inför kommande nummer är du mer än välkommen att bidra med nya rätter till detta bord.



Jenny Olander

Jenny Olander
Föreståndare på KRC

Demonstrationer av explosiva blandningar

Vid den kommande revideringen av MSBFS 2019:1 vill MSB lägga till exempel på demonstrationer med explosiva blandningar som bör få genomföras i skolan utan tillstånd.



Svartkrut som antänds. (Foto: KRC)

I nuläget behöver lärare söka tillstånd för att tillverka explosiva blandningar i sin undervisning. Enda undantaget är för tillverkning av tomtebloss. Explosiva ämnen och blandningar skiljer sig från andra reaktiva kemikalier genom att de kan brinna utan tillförsel av syre utifrån.¹ Enligt föreskrifterna i MSBFS 2019:1 krävs tillstånd från MSB för tillverkning av explosiva varor, oavsett typ eller mängd. Under 2023 var en omarbetad version av föreskrift MSB 2019:1 om hantering av explosiva varor ute på remiss. Mellan den 17 april till 20 augusti pågår en ny remissvända.

Med anledning av detta genomför KRC, i samverkan med olika lärosäten, kursdagar där kemilärare får testa demonstrationer, som kan komma att bli tillåtna utan tillstånd efter revisionen av MSBFS 2019:1. Förutom instruktioner och förslag till riskbedömning finns korta instruktionsfilmer till flera av demonstrationerna.

Intstruktioner, filmer och remissvar från KRC hittar du på KRC:s hemsida². Aktuella datum för kursdagar hittar du i [kalendern](#) på KRC:s hemsida.

1 [Länk till artikel om explosiva varor i IB 1, 2021](#)

2 <https://www.su.se/kemilararnas-resurscentrum/nyheter/remiss-om-explosiva-blandningar-1.672898>

Sugen på internationella fortbildningar?

Här är några exempel.

- Oktober, [Naturfagskonferensen](#) i Norge
- Januari, ASE [Annual Conference](#) i Nottingham
- Mars, [Big Bang-konferensen](#) i Danmark
- Juni, [LUMA-konferensen](#) i Finland
- Vartannat år, i år i september: ECRICE, [European Conference on Research in Chemical Education](#)

Intresseväckande undervisning i naturvetenskap och teknik

MÅLGRUPP: NT-lärare i åk 4-9

DATUM: Göteborg 25/9 på Universéum

Lund: 3/10 på Vattenhallen

Uppsala: 17/10 på universitetet

TID: 9.00 – 16.00

Skolverket bjuder in till en serie konferenser för lärare i årskurs 4-9 erbjuder konkreta och användbara kunskaper i naturvetenskap, teknik och ämnesdidaktik. Konferensen arrangeras av Skolverket, de nationella resurscentren i biologi, kemi, fysik och teknik, Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik, Svenska Science Centers och Naturvetenskap och teknik för alla (NTA).

ANMÄLAN

Mer information och anmälan finns på [Skolverket](#)

Fortbildning om simuleringar i kemi

Under hösten arrangeras en fortbildning om simuleringar i undervisningen. Projektet är en samverkan mellan KRC och Fredrik Lannestam Holmelin, Göteborgs universitet. Läs mer på sidorna 14-15.

Fler lästips: [Artikel om vägledning vid undervisning med simuleringar](#)

FÖR VEM?

Gymnasielärare i kemi och naturkunskap. Det finns plats för 32 deltagare, som kommer att delas in i åtta grupper utifrån undervisningsintresse.

[Mer information om fortbildningen](#)

NÄR?

DATUM 1: 17 september **DATUM 2:** 19 september

TID: 14.00 – 17.00

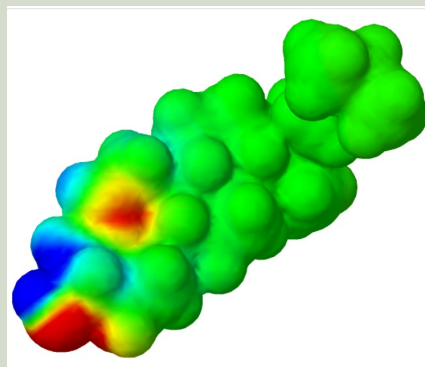
TID: 8.00 – 11.00

PLATS: Online. (Välj ett av tillfällena för första träffen.)

ANMÄLAN

Fortbildningen är kostnadsfri, men eftersom det finns ett begränsat antal platser är det viktigt att du utnyttjar din plats om du är anmäld.

Anmäl dig senast 9 september [Länk till anmälan](#).



Nya NO-laborationer på Skolverket

Nu finns sex laborationer för formativ undervisning om systematiskt arbetssätt i NO publicerade på Skolverkets hemsida. Materialet har utvecklats av de nationella resurscentrumen i biologi, fysik och kemi i samverkan med verksamma högstadielärare. Laborationerna är utvecklade för att ge inspiration och stöd för laborativ NO-undervisning i åk 7–9.

FORMATIVT LABORATIONSSTÖD

För att stödja formativ bedömning i grundskolan har Skolverket nyligen publicerat sex stöd för laborativ undervisning i biologi, kemi och fysik (Skolverket, 2024). Laborationerna fokuserar på olika aspekter av systematiska undersökningar och är utformade för att synliggöra elevernas lärande i labbet. De innehåller förslag på hur lärare kan ge formativ återkoppling under pågående aktiviteter, med vägledande frågor som lärarna kan ställa och exempel på elevsvar som kan diskuteras i klassen. Verksamma lärare har deltagit i utvecklingen av instruktionerna, som också har prövats ut tillsammans med elever.

Kemimaterialet innehåller:

- elevhäfte
- lärarhandledning (inklusive riskbedömningsunderlag och kemikalieförteckning)
- powerpointpresentation

KRC kommer att anordna kursdagar om materialet framöver och svarar gärna på frågor kring kemimaterialet.

krc@krc.su.se



BILD 1: Två laborationer vardera i fysik, biologi och kemi som stöd för formativ bedömning. Kylpåsen och plastdetektiven kallas de två laborationerna som finns i kemi.

NEDLADDNING AV STÖDMATERIALET

Hela stödmaterialet (Elevhäfte, lärarhandledning och powerpointpresentation) finns att ladda ner på Skolverkets hemsida. Obs! Det behövs inget lösenord.

[Länk till bedömningsstödet för kemi](#)

Formativ återkoppling

Aspekt	Grundläggande	Mer utvecklad
Genomföra en undersökning	Eleven • använder skyddsutrustning enligt lärarens instruktioner. • håller ordning på vilket salt hen arbetar med. • avläser temperaturen för båda salterna vid samma tidpunkt.	Eleven • kontrollerar starttemperaturen på vattnet i varje provrör. • Sköljer av termometern mellan mätningar i olika provrör. • tar lika mycket av varje salt. • kan läsa av volymen i ett mätglas.
	• Vilket salt arbetar ni med nu? • Har ni undersökt något mer salt? • Vilken tid har ni valt för att läsa av temperaturen? • Hur har ni mätt starttemperaturen? • Hur gör ni för att det ska bli lika mycket salt varje gång?	

BILD 2: Exempel på underlag för formativ återkoppling i materialet "Kylpåsen".

KYLPÅSEN

En av laborationerna *Kylpåsen*, har utformats för att ge eleverna möjlighet att öva på följande aspekter av ett naturvetenskapligt arbetssätt:

- Observera, sortera och beskriva
- Planera en undersökning
- Genomföra en undersökning
- Tolka resultat och dra slutsatser av en undersökning
- Dokumentera

Uppgiften inleds med att klassen får ett brev från ett fiktivt företag med uppdraget att tillverka en kylpåse. De får sedan i uppdrag att undersöka hur temperaturen förändras när två givna salter löses i vatten. Vid det här laget får eleverna tillgång till ett antal salter, samt information om deras egenskaper och faropiktogram. De kan välja vilket av salterna de vill undersöka för att komma med ett förslag på hur en kylpåse kan tillverkas. Om de vill kan de också ta hänsyn till priset på salterna i sina överväganden. Rapporteringen sker i form av ett formellt brev, där de anger sitt förslag till lösning utifrån resultatet av sina utredningar.

Lärarhandledningen innehåller en Power Point-presentation med grundläggande begrepp om salter och termokemi, som kan användas som en introduktion. Dessutom innehåller den frågor för formativ bedömning av eleverna, som syftar till att stödja elevernas lärande längs vägen. Dessa frågor är menade att fokusera på det naturvetenskapliga arbetssättet, snarare än de kemiska begreppen. En referensgrupp av verksamma högstadielärare har gett återkoppling under utvecklingen av materialet. Den initiala uppgiften ändrades flera gånger. Den prövades också ut med elever och ett intressant resultat var att olika elevgrupper inom en klass kunde komma fram till olika förslag på bästa salt till "Kylpåsen".

KOGNITIV ÖVERBELASTNING I KEMILABBET

I kemididaktisk forskning är det välkänt att laborativ kemiundervisning ofta resulterar i en kognitiv överbelastning för eleverna, (Johnstone & Wham, 1982). Under de senaste 40 åren har många studier presenterats kring hur labbundervisning i kemi skulle kunna anpassas för att möta detta problem, men på ett övergripande plan har undervisningen inte förändrats så mycket (Seery, Jones, Kew & Mein, 2019). Olika sorters formativ bedömning under laborativt arbete i naturvetenskap har beskrivits, men det finns behov av ytterligare studier om andra bedömningar av laborativt arbete än laboratorierapporter (Gericke, Högström & Wallin, 2023).

REFERENSER

- Gericke, N., Högström, P. & Wallin, J. (2023). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education*, 59(2), 245-285. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125>
- Johnstone, A. H. & Wham, A. J. B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, 19(3), 71-73.
- Seery, M. K., Jones, A. B., Kew, W. & Mein, T. (2019). Unfinished Recipes: Structuring Upper-Division Laboratory Work to Scaffold Experimental Design Skills *Journal of Chemistry Education*. 96, 53-59, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00511>

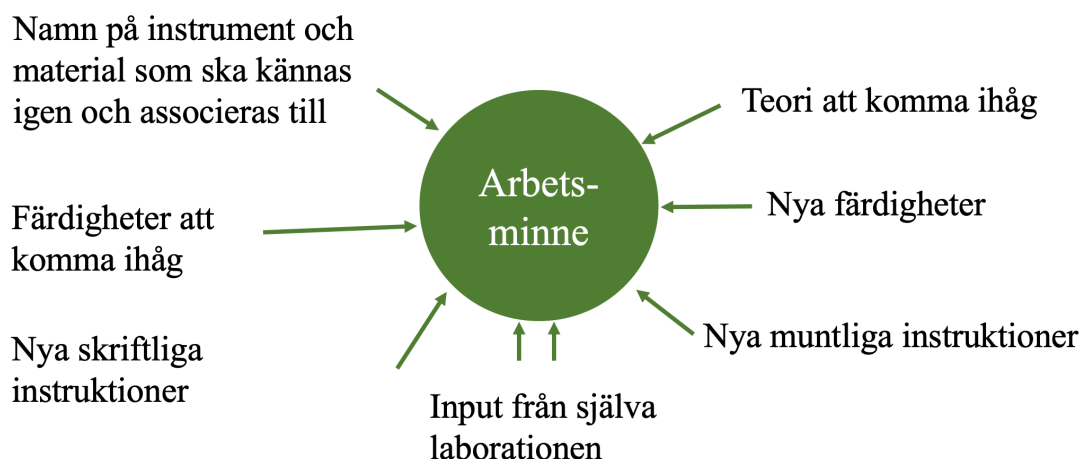


BILD 3: Kognitiv överbelastning i en labbmiljö. (fritt översatt från Johnstone & Wham, 1982)

Webbinarium – Om plastdetektiven

DATUM: Måndag 19 augusti

TID: 15.00 – 16.30

PLATS: online via Zoom

ANMÄLAN

Webbinalet är kostnadsfritt.

Anmäl dig senast 18 augusti [Länk till mer info och anmälan](#)



Webbinarium – Om kylpåsen

DATUM: Onsdag 21 augusti

TID: 15.00 – 16.30

PLATS: online via Zoom

ANMÄLAN

Webbinalet är kostnadsfritt. Möjlighet till labb-along.

Anmäl dig senast 20 augusti [Länk till mer info och anmälan](#)



FORTBILDNINGAR OM NO-LABBARNA 2025?

Det finns möjlighet att bjuda in oss från nationella resurscentrum för att hålla fortbildning om NO-laborationerna. Det kan exempelvis vara en kommun eller ett Science Center som samlar flera skolor och bjuder in oss vid ett tillfälle som passar verksamheten. Vi försöker vara flexibla, men lagom framförhållning är ett halvår. Vi erbjuder följande alternativ till uppbygg.

KONTAKT

Biologi - ammie.berglund@bioresurs.uu.se

Fysik - lukasz.michalak@fysik.lu.se

Kemi - jenny.olander@krc.su.se

ALTERNATIV	UPPLÄGG	KOSTNAD
1	Heldag med workshops i biologi, fysik och kemi på plats.	22500 SEK exkl. moms
2	Hel- eller halvdag med workshops i biologi och/eller fysik och/eller kemi på plats.	7500 SEK per ämne exkl. moms
3	90 minuters workshop online där något centrum genomför lab-along av en av laborationerna	2000 SEK inkl. 30 minuters förmöte

Internationell studie om hållbarhet i kemiundervisningen

Under 2023-2025 genomför IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) en undersökning om hur lärare använder sig av praktiska aktiviteter i kemiundervisningen, med särskild fokus på hållbar och grön kemi. Du som undervisar kemi på högstadiet eller gymnasiet inbjuds härmed att delta.



VAD ÄR SYFTET?

Syftet med studien är att undersöka hur lärare i olika länder använder sig av praktiska aktiviteter i sin kemiundervisning. I maj 2024 är 54 länder med i undersökningen och ett långsiktigt mål är att utifrån behoven som identifieras hitta nya sätt för att stödja lärare.

Resultaten kommer att förmedlas på olika sätt både nationellt och internationellt, exempelvis under konferenser och workshops, på projektets hemsida och i KRC:s kanaler.

HUR GENOMFÖRS STUDIEN?

Undersökningsmetoden är en anonym enkät online med frågor om hur ofta praktiska laborationer eller andra praktiska aktiviteter genomförs i kemiundervisningen och varför. Det finns också specifika frågor kring om aktiviteterna har någon koppling till hållbar eller grön kemi. I praktiken innebär deltagandet att fylla i en enkät online, som tar omkring 15 minuter. Enkätsvaren är anonyma och svaren kommer enbart att behandlas på grupp-nivå. Som tack för medverkan kan man få ett diplom (på engelska) som då skickas automatiskt via e-post från forskningsledaren Seamus Delaney.

Efter att ha fyllt i enkäten får varje respondent en separat fråga om intresse för att bidra till projektets hemsida med exempel på en undervisningsaktivitet. Denna fråga är inte på något sätt kopplad till de enskilda svaren i undersökningen, utan kommunikationen övergår då till e-post. Av uppenbara skäl är denna fråga inte anonym. Sprid gärna information om projektet genom att sätta upp postern [IUPAC hallbar kemi 2024 2025](#), och delta gärna själv!

PROJEKTTITEL

International Teacher Survey on Green and Sustainable Chemistry (GSC) Practical Activities

FORSKNINGSLEDARE

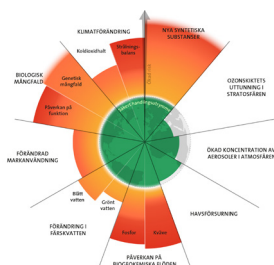
Dr Seamus Delaney och
Dr Madeleine Schultz, eschemistry@deakin.edu.au

LANDSKOORDINATOR I SVERIGE

Dr Jenny Olander, jenny.olander@krc.su.se

HEMSIDA <https://iupac.org/project/2023-002-2-050>

LÄNK TILL ENKÄT: <https://bit.ly/gschemeysurvey>



Moduler för undervisning om miljökemi

"Skadliga kemikalier i samhället – Orsak, ansvar och hållbar utveckling" har beviljats anslag från FORMAS för perioden 2024-2027. I projektet kommer moduler om aktuella frågor i miljökemi att utvecklas för undervisning i kemi och naturkunskap på gymnasiet.

BAKGRUND

Idag larmar forskarsamhället om att vi passerat gränsen för hur mycket kemiska miljöföroreningar de globala ekosystemen klarar av. Samtidigt är kemikalier en förutsättning för vårt moderna samhälle. Därför behöver allmänhetens kunskap om kemikaliers egenskaper öka.

Jana Johansson, som är forskare i miljökemi vid Linköpings universitet, har tillsammans med kommunikatören Lars In de Betou, (Stockholms universitet) nyligen utvecklat en podd om miljöföreningarnas historia¹.

Cecilia Dudas som är gymnasielärare (Globala gymnasiet) har forskat om undervisning av hållbarhetsfrågor i kemiundervisningen, och hon har bland annat genomfört ett utbildningsprojekt för kemilärare 2022; [Lärande för hållbar utveckling med ett kemiperspektiv](#)

VAD GÅR PROJEKTET UT PÅ?

Projektet med titeln "Skadliga kemikalier i samhället – Orsak, ansvar och hållbar utveckling" handlar om att utveckla un-

dervisningsmoduler om aktuella frågor i miljökemi, som passar för undervisning i kemi och naturkunskap på gymnasiet. Modulerna ska kombinera ljud- och videomaterial med övningsuppgifter, laborationer och diskussionspunkter. Lärarhandledningar kommer att finnas. Projektperioden är 1 augusti 2024–31 juli 2027. Information om projektet: <https://www.vr.se/swecris#/project/2023-02615> Formas

HUR SKA DET GENOMFÖRAS?

I projektgruppen ingår även didaktikforskaren Anders Jidesjö (LiU), Jenny Olander (KRC) och naturkunskapsläraren Elin Eriksson (Globala gymnasiet). Utveckling av undervisningsmodulerna kommer göras i samråd med yrkesverksamma lärare och prövas ut i elevgrupper. Det färdiga materialet kommer att publiceras på KRC:s hemsida och spridas till lärare nationellt via lärarfortbildning online och vid fysiska möten där materialet kan testas.

Anmäl dig till utskick om projektet

Grønn kjemi i norsk skole – en inblikk

TEXT: SVEIN TVEIT, KJEMISK INSTITUTT, UNIVERSITETET I OSLO

Grøn kemi har blitt en del av den nye læreplanen i kemi i Norge, og har dermed även införts i de nya läroböckerna för kemi och på den skriftliga examen i kemi 2. I den här artikeln får du en kort beskrivning av den roll grøn kemi har fått i den nya norska läroplanen.

GRÖN KEMI handlar om att utforma kemiska produkter och processer på ett sådant sätt att man minskar eller undviker användningen eller bildningen av farliga ämnen (Anastas & Warner, 1998). Grøn kemi kallas även *hållbar kemi*. Målet är att göra kemiska processer mer energieffektiva, att mindre råvaror används och att mindre avfall genereras (Eilks & Rauch, 2012).

TOLV PRINCIPER FÖR GRÖN KEMI

1998 introducerade Paul T. Anastas och John C. Warner tolv principer för grøn kemi som är tänkta att vara ett vägledande ramverk när nya kemiska produkter och processer ska utvecklas (Anastas & Warner, 1998). De tolv principerna tar upp aspekter från en kemisk produkts hela livscykel, från råvaror, genom produktion och ända fram till nedbrytningen av produkten när den inte längre används. Grøn kemi används inom alla industri-sektorer, och har inflytande inom forskning och undervisning (Anastas & Eghbali, 2010).

De 12 principerna för grøn kemi¹

1. Undvik avfall
2. Maximera atomekonomin
3. Designa mindre riskfyllda kemiska synteser
4. Designa säkrare kemikalier
5. Använd säkrare lösningsmedel och hjälpämnen
6. Öka energieffektiviteten
7. Använd förnybara råvaror
8. Begränsa antalet syntessteg
9. Använd katalysatorer
10. Designa för nedbrytning
11. Analysera i realtid för att förebygga föroreningar
12. Minimera risken för olyckor

¹ <https://chesse.org/sv/gron-kemi/vad-ar-gron-kemi/>
(Anastas & Warner, 1998)

KEMIUNDERVISNING I NORGE

I Norge undervisas kemi som en del av ämnet naturvetenskap från årskurs 1 till 11. Naturvetenskap (*naturfag*) är ett gemensamt ämne som alla elever läser. I ämnet ingår kompetensmål i biologi, kemi, fysik, geovetenskap och teknik. Det är först de

TABELL 1: Översikt av tidsutlägg för naturkunskap och kemi.

År	Nivå	Ämne	Kommentar	Timmar per år/vecka*
13	gymnasium	kemi 2	valbar	140/(5)
12		kemi 1	valbar	140/(5)
11	grundskola	naturkunskap (<i>naturfag</i>)	obligatoriskt	140 (5)
8 – 10				249 (3)
5 – 7				179 (2,1)
1 – 4				187 (1,7)

*antalet timmar per år anges i klocktimmar. Antalet timmar per vecka anges i skoltimmar om 45 minuter.

två sista åren på gymnasiet som eleverna kan välja att läsa kemi som ett eget ämne, Kemi 1 år 12 och Kemi 2 år 13. Tabell 1 visar en översikt över utlägget för naturvetenskap och kemi i norska grund- och gymnasieskolor.

GRÖN KEMI I DEN NORSKA LÄROPLANEN

I den norska läroplanen, *Kunnskapsløftet 2020*, som trädde i kraft 2021 för Kemi 1 och 2022 för Kemi 2, ingår nu grøn kemi som ett nytt tema med kompetensmål i både Kemi 1 och Kemi 2 (Utdanningsdirektoratet, 2021).

Efter examen är målet att eleven ska kunna:

- *förklara principerna för grøn kemi och diskutera hur användningen av principerna kan bidra till hållbar utveckling* (Kemi 1).
- *ge exempel på tillverkning, återvinning och återanvändning av några metaller och några plastmaterial samt diskutera åtgärder som är i enlighet med principerna för grøn kemi* (Kemi 2).

Av kompetensmålen framgår det att eleverna efter examen ska ha så goda kunskaper om principerna för grøn kemi att de ska kunna diskutera hur principerna kan bidra till en hållbar utveckling, samt kunna diskutera åtgärder i kemiska processer som överensstämmer med principerna.

TVÄRVETENSKAPLIGA ÖVERGRIPANDE MÅL

Förutom att grøn kemi uttryckligen nämns i kompetensmålen, innehåller den nya läroplanen tre tvärvetenskapliga teman som ska ingå i undervisningen i alla ämnen. Hållbar utveckling är ett av dessa tre teman och det tema som grøn kemi är närmast kopplat till. Inom kemin handlar hållbar utveckling om att förstå kemiska processer som påverkar miljö och klimat, göra hållbara val och hitta lösningar för att hantera och återanvända jordens resurser på ett hållbart sätt (Utdanningsdirektoratet, 2021).

På nästa uppslag beskrivs hur läromedlet *Kjemien stemmer* (Knutsen, Vestli & Tveit, 2021) tar upp grøn kemi.

REFERENSER

- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: theory and practice*. Oxford [England]; New York, Oxford University Press.
- Eilks, I., & Rauch, F. (2012). Sustainable development and green chemistry in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 57–58.
<https://doi.org/10.1039/C2RP90003C>
- Anastas, P., & Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. *Chemical Society Reviews*, 39(1), 301–312.
<https://doi.org/10.1039/B918763B>
- Utdanningsdirektoratet (2021) Læreplan i kjemi (KJE01-02).
<https://www.udir.no/lk20/KJE01-02>
- Knutsen, H., Vestli, K., & Tveit, S. (2021). *Kjemien stemmer 1*. Oslo, Cappelen Damm.

Grön kemi i läromedlet

Kjemien stemmer

TEXT: SVEIN TVEIT, KJEMISK INSTITUTT, UNIVERSITETET I OSLO

Som medförfattare till läroboken *Kjemien stemmer* visar jag med ett exempel ur läroboken hur vi tänker att eleverna kan arbeta med grön kemi på ett fruktbart sätt.

Kemi 1 och 2 har i detta läromedel varsin teoribok och studiebok (med uppgifter och laborationer). Dessutom har läromedlet en hemsida där elever och lärare bland annat hittar lösningsförslag, fler uppgifter och tips till laborationerna.

Grön kemi har fått ett eget kapitel i läroboken *Kjemien stemmer 1* (Knutsen, Vestli & Tveit, 2021). I kapitlet förklaras först vad grön kemi är och varför det är viktigt. Vi använder verkliga exempel, som utvecklingen av termopapper för butikskvittor utan det hormonstörande ämnet Bisfenol A. I ett annat exempel beskriver vi hur man kan arbeta för att hitta alternativ till lösningsmedlet tetrakloreten vid kemtvätt av kläder då ämnet klassificeras som cancerframkallande och giftigt för vattenlevande organismer.

De tolv principerna för grön kemi presenteras (se *föregående artikel*). Vi redogör kort för betydelsen av varje princip, men har alltid fokus på hur principerna kan användas i skolsammanhang för att göra bedömningar och jämförelser av kemiska processer.

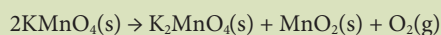
SÄKERHETSATABLAD I UNDERVISNINGEN

Vi introducerar beräkningar av *E-faktor* och *atomeffektivitet* som ett förhållningssätt för att säga något om princip 1 och 2. För principerna 3, 5 och 10 används information från kemikaliers säkerhetsdatablad. För att eleverna ska kunna diskutera hur principerna för grön kemi kan bidra till en hållbar utveckling (se *kompetensmål i föregående artikel*), är det väsentligt att eleverna får öva på att använda principerna för att kunna bedöma och diskutera de kemiska reaktioner som de arbetar med i skolan.

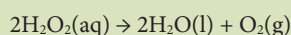
ETT ÖVERGRIPANDE ÖVNINGSEXEMPEL

I slutet av kapitlet visas ett exempel på hur man kan använda några av principerna för grön kemi för att bedöma den mest hållbara reaktionen vid produktion av syrgas. Är det termisk nedbrytning av kaliumpermanganat, KMnO_4 eller katalytisk nedbrytning av väteperoxid, H_2O_2 ?

Reaktion 1: Termisk nedbrytning av KMnO_4



Reaktion 2: Sönderfall av H_2O_2 med katalysator



I exemplet går vi igenom och visar tillvägagångssätt för att bedöma de principer för grön kemi som vi anser är lämpliga för att jämföra de två reaktionerna (princip 5 – *säkrare lösningsmedel* bedöms exempelvis inte – båda reaktionerna saknar lösningsmedel).

BERÄKNING AV E-FAKTOR (PRINCIP 1)

Vi börjar med att bedöma princip 1 – *Undvik avfall*, genom att beräkna *E-faktorn* för de två reaktionerna. *E-faktorn* talar om för oss hur många kg avfall som produceras för varje kg av den önskade produkten (Anastas & Eghbali, 2010).



I räkneexemplet antar vi att 1,0 g utgångsmaterial används och att utbytet i reaktionerna är 90 %. Vi antar också att 0,050 g $\text{MnO}_2(\text{s})$ används som katalysator vid nedbrytningen av H_2O_2 . Beräkningar visar att det vid termisk nedbrytning av kaliumpermanganat, bildas 10 kg avfall för varje kg önskad produkt. Vid sönderfall av väteperoxid bildas endast 1,5 kg avfall för varje kg önskad produkt.

$$\begin{aligned} E\text{-faktor} &= \frac{m(\text{avfall})}{m(\text{önskad produkt})} = \frac{m(\text{reaktanter}) - m(\text{önskad produkt})}{m(\text{önskad produkt})} \\ &= \frac{m(\text{KMnO}_4) - m(\text{O}_2)}{m(\text{O}_2)} = \frac{1,0 \text{ g} - 0,091 \text{ g}}{0,091 \text{ g}} = 10 \end{aligned} \quad (\text{Reaktion 1})$$

$$\begin{aligned} E\text{-faktor} &= \frac{m(\text{reaktanter}) + m(\text{katalysator}) - m(\text{önskad produkt})}{m(\text{önskad produkt})} \\ &= \frac{m(\text{H}_2\text{O}_2) + m(\text{MnO}_2) - m(\text{O}_2)}{m(\text{O}_2)} = \frac{1,0 \text{ g} + 0,050 \text{ g} - 0,42 \text{ g}}{0,42 \text{ g}} = 1,5 \end{aligned} \quad (\text{Reaktion 2})$$

När eleverna tränas i att räkna ut *E-faktorn* är detta användbart på flera sätt. För det första får de träning i att beräkna avkastning, och dessutom får de använda den beräknade avkastningen vidare i ett meningsfullt sammanhang, något som man sällan får göra på kemilektionerna.

BERÄKNING AV ATOMEFFEKTIVITET (PRINCIP 2)

Atomeffektivitet är ett teoretiskt värde som utgår från ett utbyte på 100 %, men som ändå kan ge en snabb överblick av hur mycket av utgångsmännen som hamnar i den önskade produkten (Sheldon, 2007). Atomeffektiviteten beräknas genom att den önskade produktens molmassa divideras med summan av molmassorna för alla reaktanter i den balanserade reaktionsformeln (Anastas & Eghbali, 2010).

Räkneexemplet visar att endast 10 % (massprocent) av atomerna från reaktion 1 kommer att hamna i den önskade produkten, i reaktion 2 är andelen nästan 50 %. När eleverna senare själva beräknar atomeffektiviteten kan det vara en användbar övning att låta eleverna reflektera över vilka faktorer som bidrar till att påverka en reaktions atomeffektivitet.

$$\text{Atomeffektivitet i \%} = \frac{M(\text{önskad produkt})}{M(\text{reaktanter})} \cdot 100 \% = \frac{M(\text{O}_2)}{2 \cdot M(\text{KMnO}_4)} \cdot 100 \% \quad (\text{Reaktion 1})$$

$$= \frac{32,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{2 \cdot 158,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 100 \% = 10,1 \%$$

$$\text{Atomeffektivitet i \%} = \frac{M(\text{önskad produkt})}{M(\text{reaktanter})} \cdot 100 \% = \frac{M(\text{O}_2)}{2 \cdot M(\text{H}_2\text{O}_2)} \cdot 100 \% \quad (\text{Reaktion 2})$$

$$= \frac{32,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{2 \cdot 34,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 100 \% = 47,1 \%$$

PRINCIP 3 – DESIGNA MINDRE RISKFYLLDA SYNTESER

Principen värderas genom att använda information från säkerhetsdatablad för alla utgångsämnen och produkter för att skapa en överblick över faropiktogram, signalord och faroangivelser för de farliga kemikalierna. I tabell 1 och 2, ser vi att både antalet farliga kemikalier och farornas svårighetsgrad är mycket större i reaktion 1, vid termisk nedbrytning av kaliumpermanganat jämfört med reaktion 2, där endast katalysatorn har farliga egenskaper. Genom denna övning får eleverna erfarenhet av att ta fram relevant information ur säkerhetsdatablad, samtidigt som de tränar färdigheten att jämföra och bedöma farorna med olika kemikalier.

TABELL 1: Kemikalieinformation för ämnen i reaktion 1.

Ämne	Faropiktogram, signalord och faroangivelser
KMnO ₄ (s)	 FARA Kan intensifiera brand. Oxiderande. Skadligt vid förtäring. Misstänks kunna skada det ofödda barnet. Mycket giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter.
K ₂ MnO ₄ (s)	 VARNING Kan intensifiera brand. Oxiderande. Irriterar huden. Orsakar allvarlig ögonirritation. Kan orsaka irritation i luftvägarna.
MnO ₂ (s)	 VARNING Skadligt vid förtäring. Skadligt vid inandning.
O ₂ (g)	Ej märkningspliktig

TABELL 3: Sammanfattning av det övergripande övningsexemplet.

Princip	Parameter	Termisk nedbrytning av KMnO ₄	Sönderfall av H ₂ O ₂ med katalysator
1 Undvik avfall	E-faktor	10	1,5
2 Maximera atomekonomin	Atomeffektivitet	10,1 %	47,1 %
3 Designa mindre riskfyllda kemiska synteser	Mängden farliga kemikalier eller faronivå	Mest eller högst	Minst eller lägst
6 Öka energieffektiviteten	Reaktionen vid rumstemperatur?	Reaktion kräver värmertilförsel	Reaktionen vid rumstemperatur
7 Använd förnybara råvaror	Används förnyelsebara råvaror?	Nej	Ja, men inte katalysatorn
9 Använd katalysatorer	används katalysator?	Nej	Ja
10 Designa för nedbrytning	Är produkterna nedbrytbara?	Nej (bara O ₂)	Ja
12 Minimera risken för olyckor	Omfattar processen moment med hög risk?	Öppen låga, upphettning av glas, gas under tryck.	Nej

TABELL 2: Kemikalieinformation för ämnen i reaktion 2.

Ämne	Faropiktogram, signalord och faroangivelser
H ₂ O ₂ (aq), 3 %	Ej märkningspliktig
MnO ₂ (s) (katalysator)	 VARNING Skadligt vid förtäring. Skadligt vid inandning.
O ₂ (g)	Ej märkningspliktig

FLER PRINCIPER UTVÄRDERAS

Vidare i exemplet i läroboken förklaras några enkla principer för hur eleverna kan bedöma princip 7 – Förnybara råvaror.

- Fossilt bränsle och mineral räknas som icke förnybara råvaror.
- Ämnen som bildas av växtmaterial eller från ämnen som finns i luft och vatten/hav räknas som förnybara.

Avslutningsvis visar vi hur beskrivningen av de två reaktionsförloppen kan användas för att bedöma *energieffektivitet* (princip 6), *katalys* (princip 9) samt *minimera risken för olyckor* (princip 12). Exemplet avslutas med en sammanfattning och jämförelse av de två metoderna enligt tabell 3 nedan.

SAMMANFATTNING

I detta exempel får sönderfall av H₂O₂ bästa utfallet för alla principer för grön kemi som har övervägts, se tabell 3. Reaktionen skulle vara det självklara valet om man ville producera syrgas på det mest hållbara sättet i skolan. I väldigt många fall kommer de processer vi jämför att ha några principer som talar för den ena processen, medan andra principer talar för den andra processen och det blir en bedömningsfråga vilken av processerna som anses vara mest i linje med principerna för grönt kemi.

I flera av uppgifterna och laborationerna i läroboken *Kjemien stemmer* är tanken att eleverna ska arbeta med grön kemi på det här sättet. När eleverna får göra det tror vi att det bidrar till att de får en djupare förståelse för vad grön kemi handlar om, och att de får en upplevelse av att ämnet kemi är nära kopplat till verkligheten utanför skolan.

REFERENSER

- Knutsen, H., Vestli, K., & Tveit, S. (2021). *Kjemien stemmer 1*. Oslo, Cappelen Damm.
- Anastas, P., & Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. *Chemical Society Reviews*, 39(1), 301–312. <https://doi.org/10.1039/B918763B>
- Sheldon, R. A. (2007). The E Factor: Fifteen years on. *Green Chemistry*, 9(12), 1273–1283. <https://doi.org/10.1039/b713736m>

Grön kemi i de nationella examensproven i Norge

TEXT: SVEIN TVEIT, KJEMISK INSTITUTT, UNIVERSITETET I OSLO

ELEVER SOM SISTA ÅRET PÅ GYMNASIET läser kemi 2 i Norge kan väljas ut till en skriftlig examen. Provuuppgifterna förbereds av det norska Skolverket (Utdanningsdirektoratet). Varje prov censureras (rättas) av två externa examinatorer och en statlig handläggare ansvarar för att utse examinatorerna. Dessa är oftast kemilärare som arbetar på andra skolor. Examensuppgifterna utformas så att eleverna kan visa sin kompetens på flera och varierande sätt. En examensuppgift i kemi 2 innehåller därför flera olika uppgiftstyper.

Tabell 1 visar en översikt över de uppgiftstyper som getts i den centralt givna skriftliga examen i Kemi 2 efter att den nya läroplanen trädde i kraft 2022.

EXEMPELPROV MED LÖSNINGSFÖRSLAG

Hösten 2022 gav Skolverket i Norge ut ett exempelprov med lösningsförslag i Kemi 2. Examensprov har därefter genomförts tre gånger; våren 2023, hösten 2024 och våren 2024. Exempelprovet med tillhörande lösningsförslag finns tillgängligt online och kan laddas ner från Skolverkets hemsida,

<https://www.udir.no/eksamen-og-prover/eksamen/>.

Välj *Eksamensoppgaver og veiledninger* och skriv in sökordet *kjemi 2*. De ordinarie proven är däremot lösenordsskyddade.

TABELL 1: Översikt över de uppgiftstyper som getts i den centralt givna skriftliga examen i Kemi 2 efter att den nya läroplanen trädde i kraft 2022.

Uppgift	Uppgiftstyp	Värdering av uppgift	Del och hjälpmedel
1	Flervalsuppgifter med ett korrekt svar	20 %	Del 1. Utan hjälpmedel. Lämnas in efter exakt 2 timmar.
2	Påståenden - sant/falskt uppgifter		
3	Rankningsuppgift med kort motivering		
4	Uppgifter som kräver en kort motivering och/eller beräkningar	20 %	
5			
6	Uppgifter som kräver motivering och/eller beräkningar	15 %	Del 2. Med alla hjälpmedel. Undantag: hjälpmedel som kan användas för kommunikation. Chatbot osv. Lämnas in efter exakt 5 timmar.
7		15 %	
8		15 %	
9	Diskussion	15 %	



BILD 1: Omslag till exempelprovet utgivet av det norska Skolverket.

KUNSKAPER OM GRÖN KEMI?

Hittills har det vid de tre ordinarie examenstillfällena inte funnits rena teoriuppgifter där eleverna har fått visa sina kunskaper inom *grön kemi*, men i alla proven har eleverna haft möjlighet att visa detta i en tematisk diskussionsuppgift (uppgift 9). I denna uppgift skriver eleverna en text på cirka 250 ord. Själva uppgiftstexten är på 1–2 sidor och innehåller ämnesinformation. Eleverna kan välja att förklara och diskutera en eller flera av de punkter som föreslås i uppgiften (se exempel i bild 2). Utöver informationen i själva examensuppgiften har eleverna tillgång till läroböcker och ett begränsat antal hemsidor.

Lösningsförslaget till exempelprovet från 2022 visar att det är tänkt att eleverna ska kunna använda kunskaper i *grön kemi* för att svara på uppgift 9, genom att de har använt några av principerna för *grön kemi* för att diskutera en punkt i examensuppgiften.

Tabell 2 visar en översikt över teman för uppgift 9 och vilka punkter eleverna har kunnat skriva om i diskussionsuppgiften.

ÖKAT FOKUS PÅ GRÖN KEMI

När vi tittar på de möjliga punkter som eleverna kunde välja att redogöra för och diskutera i den efterföljande examen våren 2023, var det möjligt för eleverna att diskutera flera av punkterna med koppling till kunskaper om grön kemi, exempelvis *risk*, *säkerhets- och miljökonsekvenser av produktion* och *utvinningsmetoder* (två olika utvinningsmetoder förklaras i uppdrags-texten).

I den ordinarie examen hösten 2023 nämns principer för grön kemi uttryckligen som en separat punkt och i den ordinarie examen våren 2024 nämns grön kemi uttryckligen i två av de fyra punkterna. Här klargörs också i en punkt att eleverna ska jämföra två olika reningsprocesser genom att använda några av principerna för grön kemi.

När vi tittar på utvecklingen i formuleringen av de punkter eleverna kan välja att redogöra för i diskussionsuppgiften, verkar det som att det finns ett allt större fokus på att leda eleverna mot att använda värderingar kopplade till principerna för grön kemi när de besvarar uppgiften.

Det ska bli spännande att se hur examensprovet utvecklas så att eleverna får visa kompetenser inom grön kemi. Detta kommer i sin tur att bidra till att påverka hur kemilärare tar upp ämnet i undervisningen, och hur eleverna utvecklar kompetenser om grön kemi.

REFERENSER

- Utdanningsdirektoratet (2021) Læreplan i kjemi (KJE01-02). <https://www.udir.no/lk20/KJE01-02>

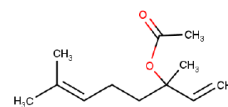
”

Det blir spennende å se hvordan eksamen utvikler seg med tanke på hvordan det legges opp til at elevene skal vise kompetanse innenfor grønn kjemi.”

Oppgave 9

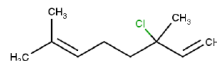
I denne oppgaven skal du utforske produksjon av linalyletanat i industriell skala.

Stoffet linalyletanat (196,29 g/mol), vist i figur 3, er en viktig del av lukten til lavendelolje som brukes i parfyme og såpe. Linalyletanat kalles også linalylacetat.



Figur 3. Linalyletanat.

Linalyletanat kan lages i industriell skala. Utgangsstoffene i denne produksjonen kan være kloreten (64,51 g/mol) og 3-klor-3,7-dimetylokt-1,6-dien (172,69 g/mol) som vist i figurene under.



Figur 4. 3-klor-3,7-dimetylokt-1,6-dien, «3-sitronellylchlorid»



Figur 5. kloreten

Bruk din kjemikkompetanse til å skrive en kjemifaglig tekst om denne produksjonen.

Besvarelsen din skal ta utgangspunkt i syntesen av linalyletanat i industriell skala ved å gjøre rede for og drøfte et eller flere av punktene under:

- trinnene i syntesen
- utbytte og renhet
- analyse av reaktanter eller produkter
- miljømessige konsekvenser av produksjon

Svaret ditt bør inneholde reaksjonslikninger, utregninger, figurer eller bilder der det er relevant for svaret ditt. Svaret ditt skal være på omtrent 200-250 ord.

Eksempeloppgave REA3046

Side 14 av 34

BILD 2: Uppgift 9 i eksempelprovet frå 2022.



Svein Tveit
(Foto: Øystein Foss, UiO)

Svein Tveit er universitetslektor ved seksjonen for kemididaktikk, Kjemisk institutt på Universitetet i Oslo, där han blant annet underviser på lærarutbildningen. Han er medforfatter til gymnaslæremediet *Kjemien stemmer*. Tillsammans med KRC har Svein medverkat i Erasmusprosjektet Orchesse som tagit fram webbmaterialet chesse.org. Svein koordinerar nu ett uppföljande ERASMUS-projekt, som handlar om att utveckla utbildningsmaterial om kemisäkerhet i direkt anknytning till chesse.org.

TABELL 2: Teman för diskussionsuppgiften i nationella examensprov 2023–2024.

Examensprov	Uppgiftens tema	Punkter som eleven kan skriva om
Exempelprov hösten 2022	Produktion av linalyletanoat i industriell skala	• Syntesstegen • Utbytte och renhet • Analys av reaktanter eller produkter • Miljøkonsekvenser av produktion
Examen vår 2023	Tillverkning av litium i industriell skala	• Utvinningsmetoder • Risk-, sikkerhets- og miljøkonsekvenser vid produktion • Framstilling av rent metallisk litium från litiumkällor • Löslichkeit • Hur litiumbehovet täcks i den gröna omställningen
Examen höst 2023	Användning av lignin som polymermaterial	• Reaktionstyper vid bildning och/eller nedbrytning av ligninpolymer • Likheter og skillnader i polymerstrukturen hos polyeten og lignin • Motivera hur användningen av lignin kan överensstämja med principer för grön kemi • Livscykeln för ligninbaserad plast jämfört med livscykeln för fossil plast • Jämförelse av de kemiska egenskaperna hos lignin, polyeten og eventuelt cellulosa
Examen vår 2024	Rening av fosfat från avloppsvatten med kemisk eller biologisk rening	• Fällningsreaktioner vid den kemiska reningsprocessen • Behovet av pH-reglering i den kemiska reningsprocessen • Mängderna kemikalier i reningsprocesserna utifrån principerna för grön kemi • Jämför reningsprocesserna utifrån principerna för grön kemi

Såpbubblor – en komplicerad historia

TEXT: JENNY OLANDER

Såpbubblor är vackra och fascinerande. Självt får jag aldrig nog och fortsätter gärna blanda ny såpalösning i litervis tills alla barn i min omgivning har tröttnat. När jag i höstas fick frågan om att hålla workshops om såpbubblornas kemi för pedagoger i förskolan och i årskurserna 1–3 kändes det roligt. Men hur förklarar man såpbubblornas kemi på ett sätt som är relevant för den målgruppen?

I **TV-SERIEN** *Labba* från 2013, visar programledaren Beppe Singer olika experiment i fysik, kemi, biologi och teknik med enkla ingredienser, som passar för årskurs 4–6. I avsnittet *Bästa bubblan* berättar Beppe att ”såpbubblor är ett mycket tunt lager vatten inklämt mellan två lager såpa.”¹

VATTEN

Om man inleder med att tala om vatten så kan det beskrivas på olika sätt. Man kan ta hjälp av Johnstones’ triangel som senare utvecklades av Taber (2013). Ett exempel på hur flytande vatten kan beskrivas på tre olika sätt enligt denna modell visas i bild 1. Även om unga barn och elever kanske inte behöver gå in på molekylnivå kan det vara bra för deras lärare och pedagoger att kunna välja om de vill fokusera på erfarenhets- och makronivå eller även koppla till submikronivån.

SÅPA OCH DISKMEDEL

För att göra såpbubblor behövs även såpa, eller något annat diskmedel. Diskmedel kan göra så att vatten och olja, som vanligtvis inte går att blanda kan lösa sig i varandra. Det beror på att diskmedelsmolekyler har ett ”huvud” som löser sig i vatten och en ”svans” som löser sig i olja, (bild 2–3). Detta beskrivs även målade i första kapitlet av barnboken *Underverkligheten* av Rasmus Åkerblom.

1 <https://urplay.se/program/176944-labba-basta-bubblan>

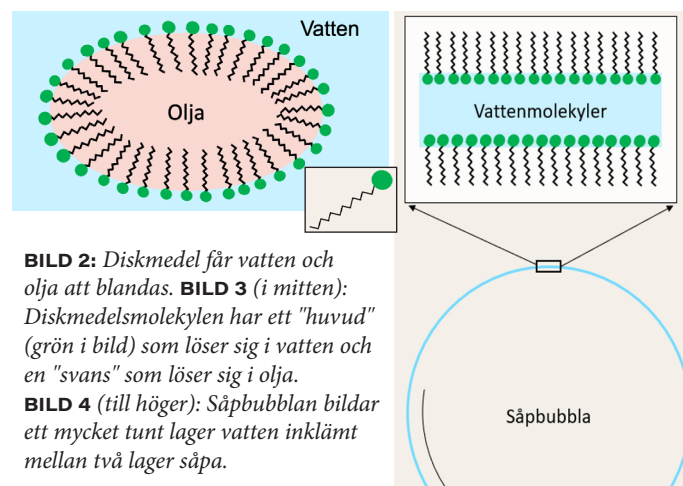
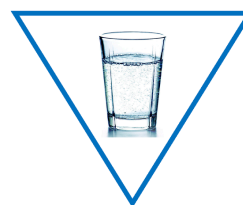


BILD 2: Diskmedel får vatten och olja att blandas. **BILD 3** (i mitten): Diskmedelsmolekylen har ett ”huvud” (grön i bild) som löser sig i vatten och en ”svans” som löser sig i olja. **BILD 4** (till höger): Såpbubblan bildar ett mycket tunt lager vatten inklämt mellan två lager såpa.

Erfarenhetsnivå
Det är blött och går att hålla.



Makronivå
Eftersom temperaturen är över smältpunkten och under kokpunkten är vattnet i flytande form.

Submikronivå
Vattenmolekylerna kan röra sig i förhållande till varandra.

BILD 1: Flytande vatten beskrivet på tre olika sätt.

När vi har modeller för vatten och såpa kan vi illustrera att ”såpbubblor är ett mycket tunt lager vatten inklämt mellan två lager såpa” Se bild 4.

Utöver vatten och såpa finns det många olika recept på såpbubblor. Guarkärnmjöl kan användas för att stabilisera bubblorna. Inom livsmedelsbranschen används det flitigt, bland annat som förtjockningsmedel i glass.

MÅL UR LÄROPLAN FÖR FÖRSKOLAN

Förskolan ska ge varje barn förutsättningar att utveckla

- förståelse för naturvetenskap, kunskaper om växter och djur samt enkla kemiska processer och fysikaliska fenomen,
- förmåga att utforska, beskriva med olika uttrycksformer, ställa frågor om och samtala om naturvetenskap och teknik,

UR KURSPLANEN FÖR ÅK 1-3

Undervisningen i NO ska behandla följande centrala innehåll

- Hur material kan sorteras efter några egenskaper, till exempel utseende, om de är magnetiska och om de flyter eller sjunker i vatten.
- Enkla fältstudier, observationer och experiment. Utförande och dokumentation av undersökningarna [...]

SÅPBUBBLORS KEMI

Såpbubblors kemi är inte enkel och forskning pågår för att förklara den. I artikeln *An optimized recipe for making giant bubbles* (Pasquet et al., 2022), drar forskarna följande slutsatser om ingredienserna i deras såpbubblerecept (fritt översatt):

- **Diskmedel** (eller annan tensid) behövs. 4 % tillsats av diskmedlet "Fairy" är en bra kompromiss mellan stabilitet och hur lätt det är att blåsa bubblorna.
- **Guarkärnmjöl** (eller annat viskositetshöjande medel) omkring 0,1 % ökar antalet bubblor där färre spricker.
- **Glycerol**: 10 % minskar avdunstningen vilket ökar bubblornas livstid.
- **Citronsyra** (tillsatsämne för att reglera pH) verkar inte förbättra såpbubblornas kvalitet, men kan göra lösningen mer hållbar.

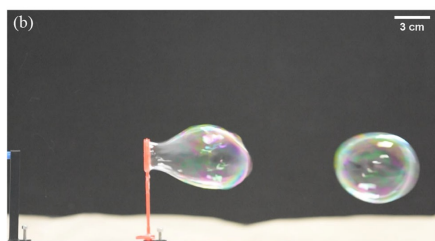
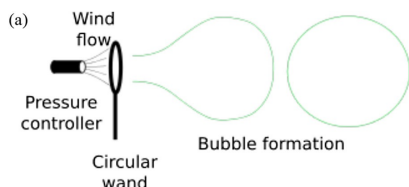


BILD 5: Exempel på mätmetod i studien "An optimized recipe for making giant bubbles" (Pasquet et al., 2022).

VARIABELANALYS

Eftersom inte ens forskare vet vilket recept som ger de bästa såpbubblorna kan det absolut vara intressant att undersöka detta. I naturvetenskapliga undersökningar ändrar man på en variabel i taget och då kan upplägget *fair test* eller *variabelförsök* användas.

Om man utgår från ett grundrecept på såpbubbleblandning kan ett variabelförsök utföras.

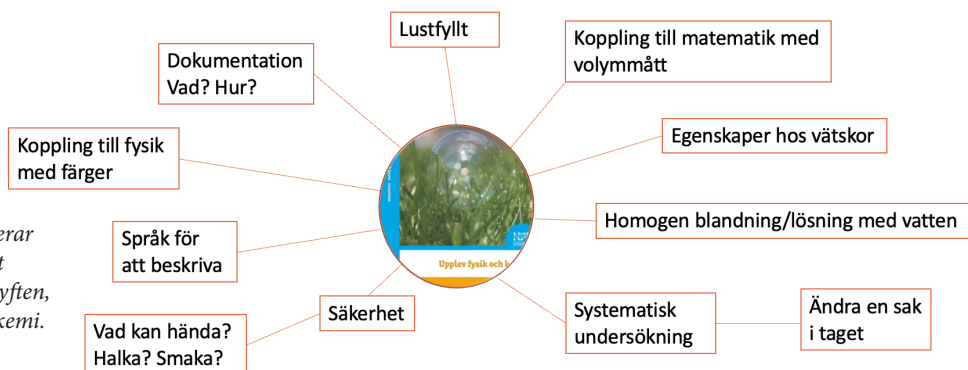
- 1 matsked sirap
- 3 matskedar diskmedel
- 1 dl vatten

Bild 6 visar exempel på hur variabelförsöket kan utformas utifrån givna förutsättningar.

UNDERVISNINGSTILLFÄLLETS SYFTE

Som pedagog tycker jag att man ska vara försiktig med att ha alltför många syften vid ett specifikt undervisningstillfälle eftersom det kan vara svårt för barnen och eleverna att hinna med. Istället kan man gärna genomföra samma aktivitet vid flera tillfällen, där varje tillfälle har separata syften. Vid tillverkning av såpbubblor finns flera möjliga syften.

BILD 7: När man laborerar med såpbubblor kan det genomföras med olika syften, alla har kopplingar till kemi.



Detta kan vi ändra:

Volym sirap	Volym diskmedel	Märke på diskmedlet
Volym vatten	Redskap för att blåsa	Hur länge vi blåser
Hur länge vi blandar	...	

Detta kan vi mäta (observera):

Största bubblan – med linjal	Flest bubblor i ett "blås" - räkna
Hur länge en bubbla håller – tidtagning	...



Vi vill ändra:

Volymen sirap

Vi vill mäta:

Största bubblan – med linjal

Detta ska vara lika:

Volymen diskmedel	Volymen vatten	Märke på diskmedlet
Redskap för att blåsa	Hur länge vi blåser	
Hur länge vi blandar	...	

BILD 6: Ett exempel på variabelförsök. Identifiera vilka variabler som kan ändras. Bestäm vilken variabel som ska ändras och hur det kan mätas. Håll övriga identifierade variabler konstanta.

REFERENSER

- Pasquet, M. et al. (2022). *An optimized recipe for making giant bubbles*. *Eur. Phys. J. E*, 45(101)
- Taber, (2013), *Chem. Educ. Res. Pract.*, 14, 156-168, <https://doi.org/10.1039/C3RP00012E>

Visualisering och simulering i kemiundervisningen

TEXT: FREDRIK LANNSTAM HOLMELIN

Mycket av det vi studerar inom kemin handlar om fenomen som inte kan observeras med blotta ögat. Ett sätt att konkretisera kemin är med digitala visualiseringsverktyg.

TEKNIKENS UTVECKLING har lett till nya möjligheter att studera kemi och göra den begriplig för skolelever. Datorverktyg för att visualisera kemi finns idag i olika utföranden och många kan effektivt simulera händelseförlopp eller beteenden hos verkliga system. Simuleringar för lärande utvecklades redan på 1970- och 80-talen och har sedan dess blivit mer lättillgängliga, samtidigt som utbudet ökat och deras kvalitet har förbättrats.

VISUALISERINGAR	Avser dels bilder som visas eller som vi föreställer oss, dels verktyg (inklusive flertalet simuleringar) för att generera bilder. Kemivisualiseringar kan exempelvis åskådliggöra molekyler i olika perspektiv och skalor, eller sakta ner reaktioner till hastigheter som gör dem begripliga.
SIMULERINGAR	Verktyg för att för att simulera skeenden och system utifrån givna startvärden och kemiska lagar. Simuleringar är eller bygger på vetenskapliga modeller av fenomen, med begränsningar och möjligheter att representera verkligheten. Därmed är också modellbegreppet relevant att diskutera utifrån dessa verktyg.

Graden av komplexitet och interaktionsmöjligheter varierar mellan simuleringar för olika ändamål. Många innehåller beskrivningar och ska tydligt illustrera ett eller ett fåtal förhållanden, vilket ger relativt förutsägbara resultat (*för exempel se länkar*). Det finns gott om internationell forskning kring simuleringar och visualiseringsverktyg för kemiundervisning. Man har i många fall sett ett ökat lärande och intresse från elever, men också större behov av lärarstöd då elevarbetet är mer självständigt och teoretiskt.

Många simuleringar innehåller detaljerad grafik, data, rörliga representationer, knappar, reglage och text. Det är viktigt att ta hänsyn till elevers förmåga att bearbeta all information. Det kan exempelvis ske med struktur och tydliga lärmål, balans mellan instruktioner och eget utforskande, samt frågor och tabeller för att engagera elever i att söka och tolka information. Forskare har utformat riktlinjer för simuleringar baserat på kognitiv teori för lärande i datormiljöer (*se principer för arbete*.)

FORSKNING OM VISUALISERINGSVERKTYG

I min klassrumsforskning har jag utvecklat övningar för simuleringar där elever självständigt kan prova sig fram och ändra ett flertal inställningar, till exempel gällande molekylpolaritet eller parametrar kopplade till kemisk jämvikt. Simuleringar öppnar för ett systematiskt arbetssätt då försöken kan upprepas ett obegränsat antal gånger. Undersökningar kan med fördel bäddas in i narrativ kopplade till forskning eller vardagsnära situationer. I intervjuer beskrev elever att de upplevde spänning och förundran. Om man låter elever försöka

lista ut i förväg vad som kommer att hända i simuleringen kan arbetet ge en större behållning.

VISSA SIMULERINGAR HAR LIKHETER MED DATORSPEL, men med fokus på lärande. De simuleringar jag använt i min forskning är utvecklade av ideella organisationer eller lärosäten, och de kan användas utan extra kostnad i elevernas skoldatorer.

De mest välkända simuleringarna kommer från PhET.¹ Teamet bakom PhET har genomfört utförliga klassrumsstudier. På deras hemsida finns gott om exempelövningar och stödmaterial för att arbeta med simuleringarna. Vissa simuleringar efterliknar verkliga laborationsmoment, med bilder av labb-utrustning som elever ska interagera med digitalt. Sådana simuleringar kan vara användbara som övningar i laborativt arbete, men har inte varit mitt huvudfokus i doktorandprojektet.

Vår designbaserade forskning fokuserar på upplägg och material för att bidra till ändamålsenlig användning av utvalda visualiseringsverktyg i kemiundervisningen. Vi ser vissa förmågor som kommer till uttryck vid användning av dessa verktyg, såsom att söka bakomliggande villkor vid interaktion med datormodeller, eller förståelse av molekylgeometrier.

1 <https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html>

PRINCIPER FÖR ARBETE MED SIMULERINGAR I KEMIUNDERVISNINGEN*

- För att få större utbyte av innehållet bör elever i förväg introduceras till de begrepp och fenomen som ska visualiseras i ett datorverktyg.
- Övningar bör ha en balans mellan målfokus, instruktioner, frihet att prova samt frågor som hjälper eleven avgöra vad som är relevant.
- Det är bra att även inkludera förklaringar av kemiinnehåll, discussionsfrågor, tabeller och genomarbetade exempel i övningar.
- Övningar på papper kan hjälpa elever att hålla process och verktyg åtskilda. När eleverna antecknar och ritar måste de sakta ner och reflektera.
- Utmana elever till att hitta möjligheter och begränsningar i hur datorverktygen återger verkliga fenomen.
- Möjligheten till långsiktigt lärande kan öka om elever får arbeta enligt cykeln: förutsäga – observera – förklara (*predict, observe, explain-modellen*).
- Skolarbete med dessa verktyg kan se olika ut; datorlaborationer, samarbetsprojekt, lärardemonstrationer, redovisningar, hemuppgifter och flippat klassrum.

* Fritt översatt från

Khan, S. (2011). New Pedagogies on Teaching Science with Computer Simulations. *Journal of Science Education and Technology*, 20(3), 215-232. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9247-2>

Paiva, J. C., & da Costa, L. A. (2010). Exploration Guides as a Strategy To Improve the Effectiveness of Educational Software in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 87(6), 589-591. <https://doi.org/10.1021/ed1001637>

Rehn, D. A., Moore, E. B., Podolefsky, N. S., & Finkelstein, N. D. (2013). Tools for High-Tech Tool Use: A Framework and Heuristics for Using Interactive Simulations. *Journal of teaching and learning with technology*, 2(1), 31-55. <https://scholarworks.iu.edu/journals/index.php/jotlt/article/view/3507>

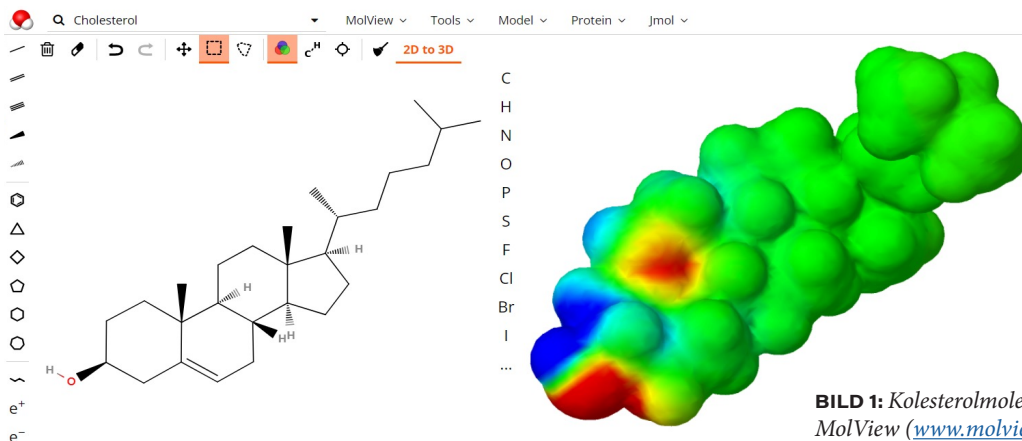


BILD 1: Kolesterolmolekyl visualiserad i MolView (www.molview.org).

I vår första jämförelsestudie var lärandeutfallet likvärdigt med lektionsföreläsningar. Det tyder på att datorsimuleringar har en viktig roll att fylla i kemiundervisningen.

DATORLABORATIONER med olika verktyg och lärandemål ingår i många universitetskurser. Vi ser en stor poäng i att använda sådana redan på gymnasiet. Vid datorlaborationer i molekylmodellering, med mycket självständigt arbete, noterar vi att pedagogiken och lärarens stöd får stor betydelse – framför allt för att strukturera arbetet och hjälpa studenter att hålla isär begrepp. Det finns även datorprogram som utgör ett slags mellansteg mellan de didaktiska simuleringarna och verktyg som används i forskning eller universitetskurser. Ett sådant är Avogadro², som israeliska forskare hållit fortbildningar om för lärare (Traube & Blonder (2023), *se länk nedan*).

DIGITALA ELLER FYSISKA LABORATIONER

I ämnesplanen för kemi i Gy25³ ingår datainsamling med simuleringar i det centrala innehållet. Digitala laborationer har i vissa fall praktiska fördelar. När elever får laborera virtuellt istället för med fysisk utrustning, medför det i regel mindre kostnader och risker än en fysisk laboration. Samtidigt utblir många sinnesintryck, rörelser, handlingsfrihet, och detaljrikedom. Forskning visar på att datorlaborationer kan komplettera övriga undervisningsmetoder men att de inte bör ersätta fysiska laborationer och lärarledd undervisning. Möjligheten till förståelse beror ofta på vilka läroprocesser och samtal de bidrar till. Det handlar då inte i första hand om att visualisera verkligheten så naturligt som möjligt – snarare kan vetenskapliga modellers förenklingar göra dem mer effektiva som didaktiska verktyg. När elever

² <https://two.avogadro.cc/>

³ <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/hitta-program-och-amnen-i-gymnasieskolan-gy25>

frågat lärare om innehållet i simuleringar har vi observerat att de fungerat som viktiga referenspunkter. Modeller av lagom komplexitet kan alltså vara bra som underlag för lärande genom kommunikation.

Elever som vi har intervjuat, har efterfrågat mer beskrivande undervisning vid arbete med simuleringar, och de har funderat på vad som orsakar de skeenden som syns på skärmen. Det visar att undervisningsbehovet om kemins grunder ökar snarare än minskar. Det blir en synergieffekt om behovet av förkunskaper och önskan att förstå förstärks av simuleringar. Vi tror det kan finnas mycket att vinna om simuleringar kombineras på smarta sätt med annan undervisning utifrån olika lärmål.

UTVECKLING OCH TILLÄMPNING I SKOLAN

Den respons som vi fått från kemilärare tyder på att det finns en efterfrågan av mer kunskap om visualiseringsverktyg. Det verkar dock finnas en osäkerhet om var man hittar dem och hur de kan användas i undervisningen. En kombination av brist på tid och resurser kan vara en förklaring till att verktygen inte används i större omfattning i dagsläget. Sannolikt kommer AI ha en viktig roll att spela för kommande datorverktyg och tillämpningar. Fler och mer avancerade simuleringar lär utvecklas, och man intresserar sig ofta för lärares perspektiv i den processen.

Det skulle behövas ett kontinuerligt utbyte av idéer och erfarenheter – att man provar verktygen över tid, utvärderar och delar material för att etablera en ”simuleringspedagogik”.

Jag hoppas detta är en utveckling vi kommer att få se framöver, och att vi genom vår forskning kan bidra till att det sker på ett hållbart sätt. Vi vill gärna ha feedback från lärare, och delar gärna med oss av material som vi utvecklat för arbete med simuleringar i kemiklassrum (*se kontaktuppgifter*).

FLER REFERENSER, LÄNKAR OCH GRATISPROGRAM

- MolView: <https://molview.org/>
- ChemTube 3D: <https://www.chemtube3d.com>
- Molecular Workbench: <https://concord.org/resources/>
- NetLogo: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/> (hemsida), <http://www.netlogoweb.org/launch> (simuleringar online)
- Connected Chemistry Curriculum: <https://connchem.org/>
- CK-12 simulations: <https://interactives.ck12.org/simulations/chemistry.html>
- PhET designing activities: <https://phet.colorado.edu/en/teaching-resources/activities-design>
- Traube, T. & Blonder, R. (2023). *Journal of Chemical Education*, 100 (11), 4360–4368. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00645>

Fredrik Lannestam Holmelin

Doktorand i kemi (inriktning utbildningsvetenskap), Naturvetenskapliga fakulteten, Göteborgs universitet
fredrik.lannestam.holmelin@gu.se

LinkedIn: (vår grupp)

<https://www.linkedin.com/groups/12916142/>



Fredrik Lannestam Holmelin
(Foto: privat)

Naturhistoriska riksmuseet i kemihistorien

Analys av gadolinit från Ytterby gruva. Det som mäts är strålningen som sänds ut när exciterade elektroner återgår till sitt ursprungsläge. När ett grundämne har flera toppar indikerar det att elektroner faller tillbaka till olika orbitaler. (Skärmdokument)

Naturhistoriska riksmuseet är mer än dinosaurier, en stor tegelbyggnad och kupolbiografen Cosmonova. Det är också forskning, samlingar och natur- och miljöövervakning. Och ett hundratal kostnadsfria lektionsmaterial. I maj var det premiär för ett helt nytt material om kemihistoria och grundämnena från Ytterby.

TEXT: SARA SCHESNY

Ingen annanstans i världen har så många grundämnen upptäckts på samma plats som i Ytterby. Begreppet sällsynta jordartsmetaller myntades dessutom med avseende på flera av just dessa ämnen.

ETT STYCKE SVENSK KEMIHISTORIA

Yttrium, erbium, terbijum och ytterbijum är alla uppkallade efter fyndorten Ytterby. Holmium kommer av Stockholm, skandium av Skandinavien och gadolinium är till minne av Johan Gadolin och mineralet gadolinit. Tulium är uppkallat efter Thule, som är det latinska namnet på Skandinavien och slutligen har tantal fått sitt namn efter den grekiska mytologiska figuren Tantalus.

STUDIEBESÖK I YTTERBY

I maj 2023 fick vi museipedagoger följa med museets paleontologer på studiebesök till Ytterby gruva. Att besöka Ytterby var en mäktig upplevelse. Kanske extra mäktig för de två av oss som också är NO-lärare med ett flertal år på högstadiet bakom oss. Med ett visst mått av stolthet i rösten har vi berättat för alla våra elever om Ytterby gruva där man upptäckt så många grundämnen.

Nu stod vi på den plats i världen där flest grundämnen upptäckts. En av museets geologer var med som guide och hade tagit med sig en bit gadolinit, det tunga svarta mineralet som blev startskottet för alla grundämnensfynden. Vi vägde den i handen medan han berättade om Carl Gustaf Mosander, museets första

geolog, som upptäckte två av grundämnena i Ytterby, erbium och terbijum.

Från jordhögen ovanpå det igengjutna schaktet såg vi ett tydligt svartvitt mönster i bergväggen. Det vita partiet var fältspaten som var anledningen till att man började med gruvbrytning i Ytterby. Vår guide hade med sig en bild från när gruvan var i drift där det svartvita mönstret i bergväggen syntes tydligt, och på bilden var schaktet öppet.

LEKTIONSMATERIAL

Det är en ynnest att ha en så stor forskningsorganisation i ryggen när man jobbar med att ta fram lektionsmaterial för skolan. Vi har bokstavligen ämnesexperterna under samma tak. Och de blir alltid glada när vi vill göra något inom just deras expertområde, så det är aldrig några problem att fråga dem.

Den där soliga majdagen 2023 kläcktes idén om ett lektionsmaterial om Ytterby gruva och de nio grundämnena som upptäcktes där. Vi pratade med guiden, geolog Jörgen Langhof, redan under bussresan tillbaka till museet. Han tackade ja på stående fot och hade flera idéer om hur vi kunde lägga upp det. Under vintern och våren 2024 blev upplägget alltmer tydligt och genom ett intensivt bollande med vår ämnesexpert, tillika geolog och kemist, satte vi ihop fakta och begrepp i ett upplägg som liknar ett "escaperoom". Materialet fick namnet *Gruvans hemlighet*.

I GRUVANS HEMLIGHETS DIGITALA ELEVMATERIAL får eleverna kika in i museets geologiska samling där gadoliniten förvaras. De får också möta Carl Gustaf Mosander, som var en av Jöns Jacob Berzelius bästa lärjungar. Mosanders främsta arbete anses vara att han undersökte sällsynta jordartsmetaller. I mitten av 1800-talet anställdes han på Naturhistoriska riksmuseet för att ta hand om den mineralogiska samlingen. Mosander låter eleverna göra reagensförsök (digitalt) i sitt labb.

För att fylla på lagret av gadolinit, det går ju åt en del material till reagensförsök, skickar Mosander eleverna till Ytterby för att hämta mer. I Ytterby träffar eleverna gruvchefen som berättar om gruvan.

Avslutningsvis får eleverna träffa Andreas, som jobbar med museets svepelektronmikroskop och gör motsvarande analyser som Mosander gjorde (som eleverna fick prova på tidigare), men med moderna metoder. Nu stoppar man in en mikroskopisk liten bit av ett mineral i svepelektronmikroskopet och några sekunder senare ritas ett diagram upp på en skärm.



BILD 1: Gruvans hemlighet är till största delen digital och kan göras på alla typer av enheter. Dator ger den bästa upplevelsen. (Foto: Pixabay och skärmdokument. Montage: Sara Schesny)

Namn	Kemisk symbol	Atomnummer	Upptäckt år	Upptäckt av
Yttrium	Y	39	1794	Johan Gadolin
Tantal	Ta	73	1802	Anders Gustaf Ekeberg
Erbium	Er	68	1842	Carl Gustaf Mosander
Terbium	Tb	65	1843	Carl Gustaf Mosander
Holmium	Ho	67	1878	Jacques-Louis Soret m.fl.
Ytterbium	Tb	70	1878	Jean Charles Galissard de Marignac
Skandium	Sc	21	1879	Lars Fredrik Nilsson
Tulium	Tm	69	1879	Per Teodor Cleve
Gadolinium	Gd	64	1880	Jean Charles Galissard de Marignac

Svenska upptäckter av grundämnena i spåren av Ytterby gruva.



BILD 2: Jörgen visar ett fotografi från när gruvan var i drift. Samma mönster i berget går fortfarande att se. (Foto: Sara Schesny)

Diagrammet visar vilka grundämnena som finns i mineralet (se rubrikbild). De grundämnena som förekommer i störst mängd är de som syns i mineralets kemiska formel, $Y_2FeBe_2Si_2O_{10}$. Men det finns alltid många fler, som diagrammet också visar.

BEGREPPSBILDNING

Under efterforskningarna till det nya lektionsmaterialet stötte vi ofta på begreppet jord, till exempel ytterjord, terbinjord och erbinjord. Vi grävde (!) i historiska dokument för att ta reda på vad som avsågs. Begreppet jord förekommer i vetenskapliga texter fram till början av 1800-talet för metaller som inte reagerade med syre. Jordarna var syreföreningar, oxider. Jord ersattes successivt av oxid. Man kan fundera över hur begreppet sällsynta jordartsmetaller hade låtit om det myntats efter att oxid blivit det gängse begreppet i stället för jord.

SÄLLSYNTA JORDARTSMETALLER

17 grundämnena räknas till de sällsynta jordartsmetallerna. När uttrycket myntades på 1800-talet hade åtta av dem bara hittats på en enda plats i världen, Ytterby gruva.

Idag är de sällsynta jordartsmetallerna inte riktigt så sällsynta som namnet antyder, de har hittats på flera platser runt om i världen. Under 2000-talet kommer 70 % av de sällsynta jordartsmetallerna på världsmarknaden från Kina (Inre Mongoliet), 12 % från Australien och 9 % från USA. Det finns stora fyndigheter i Brasilien och Vietnam också, men de har låg produktion.

LÄRARHANDLEDNING OCH ELEVMATERIAL

Materialet har testats av ett tjugotal klasser i årskurs 8-9 och gymnasiet. Testklassernas återkoppling har haft stor betydelse för att materialet ska vara användbart på skolans villkor. Gruvans hemlighet görs i klassrummet, var som helst.

Lärohandledning och elevmaterial

www.nrm.se/skola/lektionsmaterial/gruvans-hemlighet

Digitalt elevmaterial

www.nrm.se/gruvans-hemlighet

VÄLKOMMEN IN PÅ FORSKNINGSÄVDELNINGEN

Datum: 19 september Tid: 16.00-16.45

Plats: Live via Zoom

Museets professor i geokemi, Martin Whitehouse, visar den ena av museets två jonmikroskop, NordSIMS. Instrumentet, som upptar ett helt rum, går dygnet runt och analyserar prover från jorden, månen och Mars. Martin går igenom instrumentets komponenter, hur de fungerar och bidrar till analysen. Webbinariet avslutas med en demonstration av lektionsmaterial om NordSIMS. Visningen av masspektrometern görs på engelska.

Fakta och lektionsmaterial passar för för år 7-9 och gymnasiet. Intresseanmälan är öppen, tryck på knappen "Meddela mig..." och skriv in din e-postadress.

<https://booking.nrm.se/booking/5/33/offers/217>

YTTERBY, ETT STYCKE SVENSK KEMIHISTORIA

Datum: 10 oktober Tid: 16.00-16.45

Plats: Live via Zoom

Det blir svensk kemihistoria och ett världsrekord när geologen och kemisten Jörgen Langhof berättar den spännande historien om grundämnena som upptäcktes i mineral från Ytterby gruva. Flera av grundämnena ingår i gruppen sällsynta jordartsmetaller, som också har med Ytterby att göra. Mötet avslutas med en demonstration av lektionsmaterialet för att jobba med grundämnena från Ytterby.

Fakta och lektionsmaterial som presenteras passar för i år 7-9 och gymnasiet. Intresseanmälan är öppen, tryck på knappen "Meddela mig..." och skriv in din e-postadress.

<https://booking.nrm.se/booking/5/33/offers/213>

Man behöver boka varje tillfälle separat.

Gravimetrisk titrering

– masshalten äppelsyra i äppeljuice

TEXT: CECILIA STENBERG

Vågen är ett klassiskt mätinstrument. Den kände franske 1700-tals-kemisten Antoine Lavoisier använde vågen för att påvisa massans bevarande. Under den nationella EOES-finalen 2024 fick eleverna bestämma masshalten av äppelsyra i olika äppeljuicer. Här presenteras laborationen.

GRAVIMETRI är en analysmetod som bygger på noggrann vägning. Vid gravimetrisk syrabastitrering väger man massan basisk lösning som behöver tillsättas för att neutralisera en bestämd massa syra, eller tvärtom om det är en basisk lösning som ska neutraliseras.

Gravimetrisk titrering gör det möjligt att introducera titrering som analysmetod innan man har undervisat om molbegreppet.

MATERIAL ANPASSAT FÖR MIKROSKALA

- droppflaska (10 cm³) med 0,10 mol/dm³ NaOH(aq)
- droppflaska (10 cm³) med 1,0 mass-% äppelsyralösning
- fenolftalein (0,1 %) i droppflaska (*Det vara svårt att se omslagspunkten med BTB i äppeljuicen, som är svagt gul.*)
- provlösningar med olika äppeljuicer (*gemensamma*)
- avjonat vatten i sprutflaska
- fem bägare (25 cm³)
- vollpipett (10 cm³)
- en pipettfyllare, (*exempelvis peleusboll*¹⁾)
- fem plastpipetter
- våg med noggrannheten 0,01 g
- magnetomrörare och magnetloppa
- märkpena, vitt papper
- räknare, millimeterpapper, linjal och blyertspenna

1 [Hanteringsinstruktioner](#)

UTFÖRANDE

1. Använd äppelsyralösningen och tillverka minst tre utspädda lösningar i intervallet 0,1–1,0 mass-%, så noggrant som möjligt. Dessa äppelsyralösningar är referenslösningar.
2. Väg upp 2,0 gram av vardera referenslösning.
3. En droppe utspädd fenolftalein droppas ner i referenslösningarna. Väg igen.
4. Titra referenslösningarna med natriumhydroxidlösning. Upprepas varje titrering minst två gånger. Notera mätvärdena, gärna i tabellform.
5. Använd mätvärdena för att rita en kalibreringskurva på millimeterpapper.
6. Upprepas försöket, men denna gång på ett prov med vald äppeljuice. Försöket kan behöva justeras flera gånger för att masshalten ska passa in i kalibreringskurvan.
7. Bestäm masshalten äppelsyra i den undersökta äppeljuicen med hjälp av kalibreringskurvan.
8. Bestäm densiteten av juicen. Om tid finns kan masshalten äppelsyra i flera äppeljuicer bestämmas.

REDOVISNING

Eleverna redovisar kalibreringskurvan och beräkningar av masshalten för den eller de äppeljuicer som har bestämts. Noggrannheten vid bestämningen uppskattas. Metoden utvärderas.

SYSTEMATISK UNDERSÖKNING

Laborationen är ett exempel på systematisk undersökning. Med hjälp av mätdata från den gravimetriska titreringen av referenslösningar skapas en kalibreringskurva. Slutligen bestäms masshalten äppelsyra i en eller flera äppeljuicer.

Eleverna ges möjlighet att öva på:

- spädning av äppelsyralösningar till referenslösningar med lämpliga mätkoncentrationer
- användning av våg, vollpipett och pipettfyllare
- validering av mätdata genom upprepning av försök
- redovisning av resultat i diagram med två axlar
- anpassning av mätvärden i en kalibreringskurva
- användning av kalibreringskurvan för tolkning av provresultat vid titrering av provlösningar med äppeljuice
- utvärdering av metod

Flera olika äppeljuicer¹ kan undersökas. Det går att dela upp laborationen så att en lektion avsätts till genomförande och den andra lektionen används för att bearbeta rådata, rita kalibreringskurva och tolka resultaten.

1 Heter det äpplejuice eller äppeljuice?
<https://sverigesradio.se/artikel/4587534>



BILD 1: En enkel digital smyckesvåg underlättar elevernas möjlighet att ha tillgång till en egen våg vid försöken. (Foto: KRC)

Tabell 1: Laborationen togs fram till EOES-finalen 2024. Som stöd för att de tävlande skulle få en teoretisk bakgrund presenterades vissa begrepp.

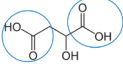
Masshalt och koncentration	Koncentrationen anger hur mycket av ämnet som finns i en lösning. Det vanligaste sättet att ange koncentrationen för kemister är att ange substansmängden per volymenhet (mol/dm^3) men i livsmedelsdeklarationer är masshalten (g löst ämne/ 100 g lösning) vanligare.
Äppelsyra 	Äppelsyra, $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$, är organisk syra med två karboxylgrupper. Väteatomerna i de inringade grupperna ger äppelsyran dess sura egenskaper, eftersom de kan avges vid syrabasreaktioner. Äppelsyra kan förenklat skrivas H_2A .
Neutralisation	Neutralisationsreaktionen mellan lösningar av äppelsyra (H_2A) och natriumhydroxid (NaOH) kan skrivas: $\text{H}_2\text{A}(\text{aq}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Na}_2\text{A}(\text{aq})$ Mängdförhållandet mellan äppelsyra och natriumhydroxid är 1:2.
Indikator	Indikatorer är ämnen som har olika färg vid olika pH-värden. I den här laborationen används indikatorn fenolftalein, som är färglös i sur lösning och rosaröd i basisk lösning.
Titring	Titring är en analysmetod där man bestämmer mängden av ett okänt ämne genom fullständig reaktion med ett annat ämne. Till exempel droppvis tillsats av ett basiskt ämne till en sur lösning tills färgomslag från en tillsatt indikator sker som visar att neutralisation uppnåtts.
Vollpipetter	En vollpipett på 10 ml har en noggrannhet på 0,02 ml om den används på rätt sätt. Därför bör vollpipetten användas om den exakta volymen är viktig för uppgiften.



BILD 2: Gravimetrisk titrering ger elever vana att använda vågen som mätinstrument. (Foto: KRC)

Inspirera elever som gillar naturvetenskap

Anmälan till nästa års omgång av EOES, European Olympiad of Experimental Science öppnar i början av höstterminen. Första delen av EOES är ett teoretiskt prov som genomförs på skolan, enskilt för tävlande och gärna gruppvis för resten av klassen. De 27 vinnarna på nationell nivå får sedan en oförglömlig nationell labbtävling i Stockholm.



MÅLGRUPP

Tävlingen riktar sig till elever som börjat i åk 9 i grundskolan och elever som går första året på gymnasiet.

DATUM 2024/2025

6/8–24/10	Anmälan till uttagningstävlingen är öppen: https://eoes.se/anmalan/
8/11	Det teoretiska uttagningsprovet skickas ut till anmälda lärare via e-post.
12/11	Uttagningstävlingen genomförs i skolorna.
21/11	Senaste datum för att skicka in tävlingsbidragen till EOES.
2/12	De 27 elever som går till Sverigefinal meddelas.
18-19/1	Laborativ Sverigefinal på Vetenskapens hus i Stockholm.
17-21/3	Träningsläger vid Göteborgs Universitet för de sex som gick vidare i Sverigefinalen.
26/4–3/5	Olympiad i Kroatien.

MER INFORMATION

European Olympiad of Experimental Science (eoes.se)



Finaldeltagare under den svenska finalen 2024. Fullt fokus på att mäta upp äppeljuice. (Foto: KRC)

MOOC – gratis distanskurser

TEXT: NIKLAS JEPPSSON
Österängsgymnasiet, Kristianstad

Egen fortbildning är viktigt och inspirerande. Det finns ett stort och varierat utbud. Bland annat ges en hel del gratis distanskurser i olika ämnen från olika universitet i världen. Samlingsnamnet MOOC används ofta i detta sammanhang. MOOC står för Massive Open Online Course.

UTBUDET av kurser varierar och kan vara svårt att överblicka. Inom varje disciplin hittar man kurser med olika upplägg. Ibland har jag hittat en kurs och tänkt att den vill jag gå vid ett senare tillfälle, men det är inte alltid självklart att den dyker upp igen. Kursutbudet ligger ofta i frontlinjen och tar upp nya idéer. Jag har själv under de senaste åren gått drygt en handfull olika MOOC-kurser inom biologi och kemi. Här kommer ett par exempel på ett par sådana kurser som rört ämnesdidaktik.

- *Emerging trends in digital classroom* – kursen handlade bland annat om "gaming in Classroom" – hur man kan använda dataspel i undervisningen.
- *Tech Chem* – virtuella interaktiva övningar som kan användas i kemiundervisningen presenterades på ett bra sätt med ett didaktiskt sammanhang. Man tog till exempel upp skolors ibland bristande resurser som begränsar genomförandet av riktiga labbar. Många av deltagarna kom från länder med mindre resurser än utvecklade länder. Man tog även upp hur denna undervisningsform påverkar den sociokulturella aspekten på lärande. Givetvis delade deltagarna även tips på web-sajter med virtuella övningar.

När jag i dagarna googlade på "MOOC chemistry" och klickade vidare på den översta träffen fick jag upp 92 träffar, där vissa dock verkade vara rena biologikurser. Några axplock:

- *Exploring everyday chemistry* – en kurs som verkar intressant om parfymer, antibiotika och annat vardagligt.
- *The extremes of life – microbes and their diversity* – En kurs i bioteknik. Denna skulle jag själv gärna gå nu men kursprov, betygsättning och sommarlov gör nog att jag missar den.
- *Kitchen chemistry* – talar för sig själv.

Normalt får man inget "betyg" men ibland kan man få ett digitalt intyg. För att få ett intyg kan det ibland förväntas att man gör någon typ av inlämning, till exempel en lektionsplanering eller att man aktivt deltar i bloggar. Jag har till och med varit med om att jag mitt i kursen plötsligt hamnat i en s.k. *peer assessment* där jag fick ge respons på ett inlämnat arbete från en amerikansk student, och han skulle ge respons på mitt arbete. För det mesta får man vid kursstarten tydlig information om vad man förväntas göra.

TIPS PÅ SVENSKA MOOC-KURSER

Sökord "MOOC kemi"

- Vätgas för nyfikna. (Luleå Tekniska högskola)¹
- Farmakologi – Läkemedels öden och äventyr (Linköpings Universitet)²



1 <https://www.ltu.se/utbildning/kompetensutveckling-for-yrkesverksamma/sok-bland-moocar/mooc-vatgas-for-nyfikna>

2 <https://liu.se/utbildning/kurs/farmakologi-lakemedels-oden-och-aventyr-i-kroppen-mooc>

Stationslabbar – introduktion till stökiometri

Niklas Jeppsson har genomfört klassrumsforskning som handlar om hur stökiometri kan introduceras för gymnasieelever.

Niklas har sammanställt sina resultat från sin klassrumsforskning i tidskriften ATENA didaktik. I artikeln presenterar han sin undersökning av huruvida en övning med en partikelanalogi kan vara ett stöd för eleverna i lärandeprocessen för kemisk beräkning. Niklas resultat tyder på att analogiövningen gynnade lärandet, och diskuterar utifrån detta möjligheten att inkludera den submikroskopiska kunskapsformen inom undervisningen av kemisk beräkning.

NIKLAS FORSKNINGSARTIKEL

Analogiövning som stöd för elevers lärande i kemisk beräkning.

ATENA Didaktik, 5(2). <https://doi.org/10.3384/atena.2023.4482>



Niklas Jeppsson
(foto: privat)

Kemiundervisning stoppad av Skolinspektionen

TEXT: CECILIA STENBERG

Thoren Business School Stockholm får inte längre bedriva undervisning på NV-programmet, huvudsakligen eftersom de saknar resurser för att bedriva ändamålsriktig kemiundervisning. Beslutet fattades av Skolinspektionen den 20 maj 2024.

SKOLINSPEKTIONEN återkallar tillståndet för Thoren Business School Stockholm i Stockholms kommun att bedriva utbildning på naturvetenskapsprogrammet. Återkallningen sker på grund av att det under lång tid förekommit allvarliga brister i utbildningen. Det är främst svårigheterna att bedriva en godtagbar kemiundervisning som lyfts fram i beslutet.

”

Undervisningen har endast vid ett fåtal tillfällen innefattat naturvetenskapliga arbetsmetoder som innefattar att utföra experiment där eleverna givits möjlighet att hantera kemikalier.”



Det behövs ändamålsenlig utrustning för en fullgod undervisning enligt Skolinspektionen. (Foto: KRC)

Skolinspektionen konstaterade att skolan varken hade tillgång till ändamålsenliga lokaler eller tillräckligt med utrustning för att kunna genomföra praktiska moment i kemi och att dessa brister medförde att lärarna inte hade förutsättningar att genomföra undervisning som omfattade allt centralt innehåll i ämnet. Eleverna fick inte undervisning med återkommande praktiska moment trots att det ska vara centrala inslag i utbildningen.

Enligt planeringen skulle eleverna som läser Kemi 2 få utföra titrering men det har de inte fått göra. Eftersom det i skolans naturkunskapssal saknats bland annat byretter, vilket används vid titrering, konstaterar Skolinspektionen att det inte heller har varit möjligt att genomföra en sådan laboration.

”

Klassrum som används för undervisningen i ämnet kemi på skolan är inte utrustat med dragskåp, vilket behövs när farliga kemikalier ska hanteras vid laborationer för att skydda användaren från exponering för farliga ämnen.”

- Skolinspektionens pressmeddelande¹
- Skolinspektionens beslut² (2024-05-20)

1 <https://www.skolinspektionen.se/om-oss/press/pressmeddelanden/skolinspektionen-aterkallar-tillstandet-for-thoren-business-school-stockholm-att-bedriva-naturvetenskapsprogrammet/>

2 <https://siris.skolverket.se/siris/ris.openfile?docID=638785>



Kemins nya roll i återvinningens tidevarv

TEXT: MARTIN RAGNAR

Vilket behov finns av kemister när materialåtervinning blir allt mer betydelsefullt för en hållbar utveckling? Alla typer av material är alltför viktiga resurser för att bara slängas eller eldas upp. Utmaningarna är många där kompetenser om materials egenskaper spelar en allt större roll.

VISST har vi sedan länge återvunnit både det ena och det andra. Järnskröt har samlats in, smälts om och formats till nya stålämnen. Glas har samlats in, smälts ned och blivit till nya glasflaskor och papper och kartong har också sedan många år ett kretslopp om än kvaliteten kanske sjunker något på de produkter som framställs av den återvunna råvaran jämfört med den jungfruliga. Så långt har det ändå varit ganska rätt fram. Insamling, logistik, nedsmältning och så ny produkt. Kraftigt förenklat så klart, men ändå nåt i den stilen. Tidningspappret har förvisso behövt avsvärtas, men det kanske ändå är en marginalanmärkning i sammanhanget. Behovet av drivna kemister i dessa verksamheter har varit ganska begränsat. Samma sak har gällt för de fraktioner som samlats in för att energiåtervinnas genom förbränning. Men nu tar vi sats mot en ny tid där kemisten får en huvudroll.

Nästa steg i återvinningsstegen handlar om att också plocka de högre hängande frukterna där det inte räcker att smälta eller bara slamma upp i vatten och så är allt bra, utan där mycket mer komplexa processer måste till. En plaståtervinningsindustri är under uppbyggnad där i alla fall en del av denna siktar på en djupare form av återvinning än bara pelleting. Gummidäck är på väg att börja återvinnas genom pyrolys. Restprodukten glycerol hydreras och blir till bio-gasol. Använd frityrolja blir till biodiesel. Textilier rivs upp, merceriseras och omformas till ny textilmassa. Batterier mals ned, löses upp, separeras och görs till nya – istället för att deponeras djupt ned i en gruva som ett slutförvar. Askor från förbränning blir framtidens malmer. Blickar riktas mot kväve, fosfor och kalium (NPK) för att finna gödslets kretslopp. Hushållens matavfall samlas in och rötas som ett första steg.

NPK-innehållande flöden inom industrin studeras, inklusive nödvändig rening av produkterna från eventuellt innehåll av kadmium eller andra skadliga metaller.

Även vatten börjar så sakteliga betraktas som den värdefulla resurs det är. Industrin börjar rena och recirkulera vattenflöden i sina processer och på några håll i världen renas och recirkuleras till och med dricksvatten som blir till avloppsvatten som renas och trycks ned i akvifären för att åter bli dricksvatten. Härom året fanns en öl att köpa bryggd på renat avloppsvatten.

Snabbt hamnar man som kemist i utmaningar kring separationsprocesser. Det handlar om de insamlade produkternas renhet och man inser också att återvinning till 100 % är en utopi och att den återvunna produktens kvalitet sannolikt alltid kommer att vara snäppet under den jungfruliga produktens.

Men återvinning får inte heller ses i ljuset av att 100 % är det enda som duger och om man inte kan nå det så är det bättre att låta bli. Precis tvärtom måste vi se återvinning som en process i sig, där varje steg på vägen från 0–100 % är värd ett erkännande i sig för den samlade kemiska, tekniska och ekonomiska kompetens som gjort den möjlig. Att produktens egenskaper blir snäppet sämre med återvunnet material i är inte heller i sig längre ett problem eftersom alternativet – att tänka sig en framtid där vi fortsätter att tänka linjärt – helt enkelt inte är hållbar i någon enda bransch alls. Vi närmar oss helt enkelt med stormsteg den vision som avfallsbolagens samarbetsorganisation Avfall Sverige antog redan för många år sedan: ”Det finns inget avfall”.

Men vi behöver tänka steget längre än så också. För så länge vi ändå har avfall med oss i tankarna så är det kvittblivning som är det ultimata målet. På den vägen är energiåtervinning en lösning. Men materialåtervinning är större än energiåtervinning, något som t.ex. fastslås av EU i dess avfallstrappa.

På samma sätt är det rimligt att vi framöver slutar upp att betrakta kväverening som leder fram till att kvävgas frigörs till luft som en tillräcklig lösning. I själva verket har ju den också kvittblivning som mål samtidigt som fixering av kväve via Haber-Bosch-processen kräver mycket stora energimängder någon annanstans i världen. Det fixerade kvävet återvinning måste därför bli en del av visionen framåt. Och som sagt: I det återvinningsindustriparadigm vi nu är på väg in i är kemisten kung.



Martin Ragnar (foto: Privat)

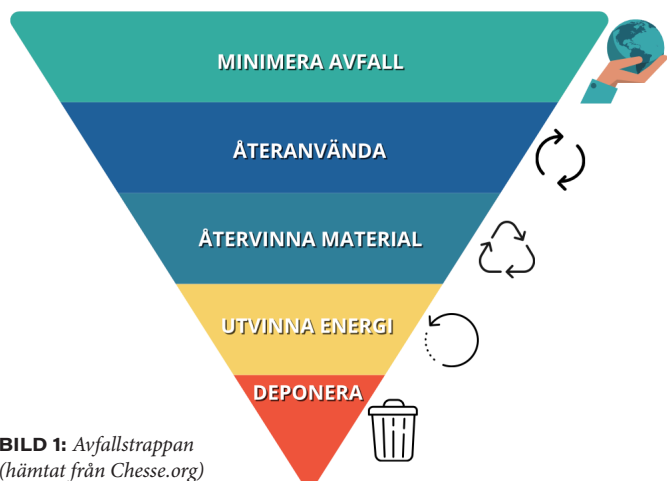


BILD 1: Avfallstrappan
(hämtat från Chesse.org)



Om artificiell intelligens, AI

Lästips



KRC-tipset

Den tekniska utvecklingen om artificiell intelligens går oerhört fort och påverkar människor i allt högre grad. Senaste numret (nr 6/2024) av Kungliga Vetenskapsakademins skriftserie "Vetenskapen säger" handlar om AI och hur tekniken påverkar vår liv.

VETENSKAPEN SÄGER är en serie populärvetenskapliga skrifter från Kungliga Vetenskapsakademien (KVA) med målsättningen att sprida vetenskapsbaserad information om viktiga och aktuella ämnen till allmänheten, särskilt på områden där forskningen har gjort stora framsteg på senare tid. Bakom skriften finns ledamöter av Vetenskapsakademien och inbjudna experter som har tagit fram materialet, som bygger på den samlade vetenskapliga litteraturen.

Tryckta exemplar beställs på vetenskapensager@kva.se eller ladda ned i numret i pdf-format www.kva.se/vetenskapensager.

Slutrapport –plastexperimentet

Sveriges största plastexperiment som genomförts som medborgarforskning i regi av Håll Sverige rent och Göteborgs universitet är nu avslutat.

Privatpersoner, föreningar och skolelever har under två år undersökt en area på nästan 830 000 kvadratmeter och samlat in 60 000 plastobjekt. Resultatet visar att fimpar, förpackningar och plastpåsar är de identifierade plastskräp som är vanligast. Ladda ner slutrapporten:

<https://vetenskapallmanhet.se/2024/04/plastexperimentet-2022-2023/>

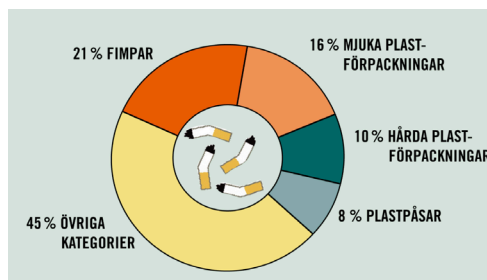


BILD: Resultatet från insamlingen 2022-2023



Betygsättningens didaktik

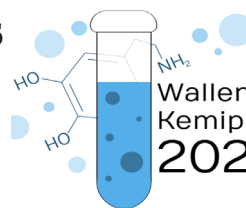
Lästips

Av Anders Jönsson, utgiven på Gleerups förlag, 2024

Boken handlar om betygs syfte, olika modeller för betygsättning, validiteten hos olika betygsunderlag, strategier för att öka likvärdigheten och pedagogiska konsekvenser av vilka val som gjorts. Allt kopplas till relevant forskning och slutkapiteln ger exempel på hur betygsunderlag skulle kunna se ut i praktiken. Det är en läsvärd bok för verksamma lärare men också för politiker och föräldrar, som kan ha synpunkter på betygssystemet. //Jenny Olander

Kemiolympiaden + Wallenbergs kemipris

Årets pristagare av Wallenbergs kemipris är utsedda. Berzeliuskolan i Linköping blev bästa skola. Alla tre elever i skollaget och ytterligare en elev från skolan gick dessutom vidare till Kemiolympiadens Sverigefinal på Spyken i Lund.



Det nyinstiftade kemipriset ska delas ut varje år under fem år till Kemiolympiadens tio bästa skollag baserat på resultaten från tävlingsomgång två. Resultatet är fristående från uttagningen till Sverigefinalen av Kemiolympiaden. Placeringen baseras på den sammanlagda poängen från de tre elever som får högst poäng på den enskilda skolan, efter omrättning av kemiolympiadnämnden. Ett bonuspris delas också ut till de tio bästa skolornas kemiinstitutioner. Förhoppningen är att prisen ska öka både lärares och elevers intresse att vilja delta i Kemiolympiaden. Läs intervjuer med årets pristagare; <https://kemisamfundet.se/de-far-wallenbergs-kemipris/>

MER INFORMATION OM KEMIOLYMPIADEN

<https://kemisamfundet.se/kemi-i-skolan/kemiolympiaden/>

- länk till anmälan + poster att sätta upp på skolan
- gamla prov – tidigare finalisters hetaste framgångsrecept

MÅLGRUPP FÖR KEMIOLYMPIADEN

Tävlingen riktar sig till elever på gymnasiet.

DATUM FÖR KEMIOLYMPIADEN 2024/2025

5-8/11	Omgång 1 genomförs på skolorna.
februari 2025	Omgång 2 genomförs på skolorna. (Wallenbergs kemipris)
mars 2025	Sverigefinal på Spyken i Lund med de tio individuellt bästa eleverna i Sverige.
juni 2025	Träningsläger för de fyra vinnarna från Sverigefinalen.
juli 2025	Nordisk kemiolympiad i Stockholm.
juli 2025	Internationella kemiolympiaden i Dubai, Förenade Arabemiraten

Returadress: KRC, DBB, Stockholms universitet, 10691 Stockholm

Kalendarium

När?	Vad?
6/8-24/10	Anmälan för deltagande i EOES-tävlingen, www.eoes.se
26/8+27/8	Kemisäkerhetskurs för ämneslärare 2 halvdagar online. Mer info *
29/8	Kemisäkerhetskurs för ämneslärare i Stockholm. Mer info *
17/9 eller 19/9	Lärarfortbildning om simuleringar. Läs mer på sida 3, 14-15.
23-24/9	Nordic Chemistry Learning Conference NCL2024. Mer info
23-28/9	Forskarfredag över hela Sverige, forskarfredag.se
25/9	Intresseväckande NT-undervisning , Universeum, Göteborg. Läs mer på sida 3.
3/10	Intresseväckande NT-undervisning , Vattenhallen, Lund. Läs mer på sida 3.
3-4/10	Uppstart av distanskurs, UM4055, Kemisäkerhet för ämneslärare 7,5 hp, Stockholms universitet. Mer info
10-11/10	Uppstart av distanskurs KB5050, Kemi och kemididaktik för lärare i åk 4-6, 7,5 hp, SU. Mer info
10-12/10	SciFest Vetenskapsfestivalen, Uppsala. Mer info .
17/10	Intresseväckande NT-undervisning , Uppsala. Läs mer på sida 3.
19/10	Kemisäkerhet för ämneslärare i Stockholm. (lördag) Mer info
29/10	Kursdag om explosiva blandningar, Maja Beskowgymnasiet, Umeå. Mer info
5-8/11	Kemiolympiaden – prov omgång I. Läs mer på sida 23.
12/11	EOES, uttagningstävling. Läs mer på sidan 19 och eoes.se
16/12	Kemisäkerhetskurs för ämneslärare i Stockholm. Mer info *

* <https://www.su.se/kemilararnas-resurscentrum/kalender>



Gymnasiearbete inom metallindustrin

Ge dina elever möjlighet att genomföra sina gymnasiearbeten tillsammans med företag, universitet och högskola.

Via QR-koden ser du förslag på gymnasiearbeten som riktar sig framförallt till de ungdomar som läser på gymnasiet Naturvetenskaps- eller Teknikprogram (högskoleförberedande gymnasieprogram).



Gymnasiearbete inom metallindustrin?

Alleima (Sandviken) • Boliden (Skellefteå) • LKAB (Kiruna, Gällivare) • Northvolt (Skellefteå) • SSAB (Luleå) • Scania (Södertälje) • Vargön Alloys (Vargön) • Luleå Tekniska Universitet • Kungliga Tekniska Högskolan (Stockholm) • Swerim (Luleå, Stockholm) • Kemilärarnas Resurscentrum