

BLANDNING, LÖSNING OCH VATTNETS KRETSLOPP

PROJEKT NORDLAB-SE
Inst för pedagogik och didaktik
Göteborgs Universitet
Box 300, SE-405 30 GÖTEBORG

Hemsida: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/>
Tel: +46-(0)31-7731000 (växel)
Fax: +46-(0)31-7732060
E-post: anita.wallin@ped.gu.se

Projektgrupp: Björn Andersson (projektledare), Frank Bach, Birgitta Frändberg, Ingrid Jansson, Christina Kärrqvist, Eva Nyberg, Anita Wallin, Ann Zetterqvist

Nordisk kontaktgrupp: Albert Chr. Paulsen (DK), Irmeli Palmberg (FI), Stefán Bergmann (IS), Anders Isnes (NO)

OM PROJEKTET NORDLAB

NORDLAB är ett projekt som går ut på att genom nordiskt samarbete ge framför allt lärare i naturvetenskapliga ämnen redskap att förbättra och förnya sin undervisning. Matematik och teknik kommer också in i bilden. Ämnesdidaktiska forskningsresultat och annat nytänkande är centralt för projektet, liksom ambitionen att verksamhet och produkter skall framstå som intressanta och användbara för den arbetande läraren i skolan.

Initiativtagare till projektet är Nordiska Ministerrådet genom 'Styringsgruppen for Nordisk Skolesamarbejde.' Ministerrådet är också finansiär av projektets samnordiska delar.

NORDLAB leds av en projektgrupp med följande medlemmar

Ole Goldbech och Albert Chr. Paulsen, (DK)
Veijo Meisalo (FI)
Baldur Gardarsson (IS)
Thorvald Astrup (NO)
Björn Andersson (SE)

Denna nordiska projektgrupp anser att en lämplig metod att nå fram till lärarutbildare och lärare med nya idéer, med den ämnesdidaktiska forskningens senaste rön och med reflekterande praktikers erfarenheter, är att skapa och utpröva ett material av workshop-karaktär, som kan användas på ett flexibelt sätt i lärarutbildning, lärarfortbildning, studiecirkel och för självstudier.

Inom ramen för NORDLAB svarar varje nordiskt land för ett delprojekt med följande innehåll:

- experimentellt arbete (DK)
- IT som redskap för kommunikation, mätning och modellering (FI)
- samhällets energiförsörjning (IS)
- elevers självvärdering som ett sätt att förbättra lärandet (NO)
- senare års forskning om elevers tänkande och möjligheter att förstå naturvetenskap, och vad denna forskning betyder för undervisningen (SE)

Det svenska delprojektet (NORDLAB-SE) finansieras av Utbildningsdepartementet och Skolverket

© Projektet NORDLAB-SE, Enheten för ämnesdidaktik, IPD, Göteborgs universitet.

Detta arbete är belagt med copyright. Det får dock kopieras av enskilda personer för användning i hans eller hennes undervisning, t. ex. lärarutbildning eller fortbildning. Källan skall anges.

OM PROJEKTET NORDLAB-SE

Syfte

NORDLAB-SE behandlar, i form av ett antal enheter eller 'workshops', några aspekter av det spännande företag som kallas naturvetenskap. Ett genomgående drag i dessa workshops är att de tar upp senare års forskningsresultat angående elevers vardagsföreställningar om naturvetenskapliga företeelser. Syftet är att göra dessa resultat kända och presentera dem så att läsaren/workshopdeltagaren stimuleras att vidareutveckla skolans naturvetenskapliga undervisning.

Tonvikt på förståelse

Naturvetenskap går primärt ut på att förstå. Vi vill lyfta fram detta karaktärsdrag därför att vi tror att förståelse ger en inre tillfredsställelse och stimulerar till fortsatt lärande, oavsett om man är barn eller vuxen, novis eller expert.

Teman

Naturvetenskapens arbetssätt. Inom detta tema behandlas växelspelet mellan teori och observationer, liksom hur man väljer lämpliga system och att genomför kontrollerade experiment.

Naturvetenskapens innehåll. Elevernas möjligheter att förstå skolkursernas innehåll står i fokus för detta tema. Såväl biologi, som fysik och kemi behandlas.

Naturvetenskapen i samhället. I detta tema ingår frågor om natur och moral och hur elever uppfattar vissa miljöproblem ur både natur- och samhällsperspektiv. Vi tar också upp hur förståelse kan fördjupas genom att man sätter in sitt kunnande i olika sammanhang.

Användning

Framtagen materiel kan användas i många olika sammanhang:

- i grundutbildningen av lärare
- som del av, eller hel, fristående universitetskurs
- som underlag för en studiecirkel på en skola
- vid fortbildningsdagar
- för självstudier

Våra workshops skall ej uppfattas som lektionsförslag, men de innehåller åtskilligt som är användbart för den undervisande läraren i skolan, inte minst ett stort antal problem som stimulerar och utmanar eleverna, och som sätter fingret på väsentligheter i den naturvetenskapliga begreppsbildningen.

Framtagen materiel

Projektet har producerat 23 workshops. Samtliga kan laddas ner, var och en för sig, som pdf-filer från internet. Vidare har en hel del materiel som berikar och fördjupar olika workshops utvecklats:

- internetbaserade kunskapsdiagnoser
- animationer av astronomiska förlopp (Quicktime-filmer)
- internetbaserade interaktiva prov för lärande och självdiagnos

För vidare information, se: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html>

INNEHÅLL

KAN MÅL HJÄLPA VARANDRA?	5
EXPERIMENTELLA UPPGIFTER	7
NÅGRA EXEMPEL PÅ BLANDNINGAR	9
Makroskopisk beskrivning	9
Teoretiska förklaringar	10
Separation av blandningar	13
ELEVUPPFATTNINGAR	14
Fokus på lösningsprocessen	15
Fokus på temperatur och energi	19
Kretslopp	22
EN UTVIDGAD MODELL AV VATTENCYKELN	23
NOTER	25
REFERENSER	26

BLANDNING, LÖSNING OCH VATTNETS KRETSLOPP

Workshopen inleds med en fråga om vilka samband som eventuellt finns mellan mål angående blandning och lösning och andra mål i olika kursplaner. Sedan följer tre experimentella uppgifter som belyser olika aspekter av hur ämnen löser sig i vatten, samt en uppgift som kan stimulera eleverna att koppla samman den globala vattencykeln och begreppet lösning. Därefter ges några exempel på blandningar och lösningar och hur de teoretiskt kan förstås med hjälp av den dynamiska partikelmodellen. Vidare beskrivs några undersökningar av hur elever förklarar lösningsförlopp och energiomvandlingar i anslutning till dessa. Slutligen diskuteras ett tankemönster som betonar kopplingen mellan å ena sidan vattencykeln, å andra naturen och samhället.

KAN MÅL HJÄLPA VARANDRA?

Då man studerar mål som finns i olika kursplaner för naturvetenskapliga ämnen får man lätt en 'katalogkänsla'. De olika målen framträder som mer eller mindre omfattande listor. Detta kan i sin tur fresta till ett 'avbockningstänkande', dvs. att undervisningen avverkar målen ett efter ett.

Men målen i olika listor hänger på olika sätt samman. En anledning härtill är att naturvetenskapliga begrepp bildar nätverk. Nya begrepp definieras med hjälp av redan införda. Begreppen så att säga hjälper varandra. En annan anledning är att begrepp förekommer i olika sammanhang. Exempelvis används energibegreppet i såväl fysik, som i biologi och kemi. Begreppet från kemin brukas ofta i biologin.

Naturvetenskaplig kunskapsutveckling är därför inte bara att lära sig nya begrepp och teorier, utan också att upptäcka och använda länkar mellan kunskapsbitar. Att på ett enkelt sätt uttrycka detta i måldokument är kanske inte så lätt.

Här följer en uppgift som förhoppningsvis leder till att den beskrivna problematiken bearbetas.

UPPGIFT 1

Blandning och lösning nämns på några få ställen i kursplanerna för grundskola och gymnasium:

- | | |
|--------------------------|---|
| grundskola
år 5, kemi | – känna till några olika slags blandningar och lösningar |
| grundskola
år 9, kemi | – ha kunskap om vattnets egenskaper och kunna beskriva dess roll som lösningsmedel och transportmedel i mark och växter |

A. Försök upptäcka och beskriva kopplingar mellan dessa två mål och följande fyra:

- | | |
|--------------------------------|---|
| grundskola
naturorientering | – utvecklar sin förmåga att se hur den mänskliga kulturen påverkar och omformar naturen |
| grundskola
kemi | – utvecklar sin förståelse av materiens oförstörbarhet, omvandlingar, kretslopp och spridning |
| grundskola
kemi | – ha kunskap om de viktigaste kretsloppen i naturen samt kunna beskriva några spridningsprocesser för materia i luft, vatten och mark |
| gymnasium
naturkunskap | – utvecklar sina kunskaper om människan som en del av naturen och det ekologiska sammanhanget samt om kretsloppstänkandets roll för att minska samhällets miljöbelastning |

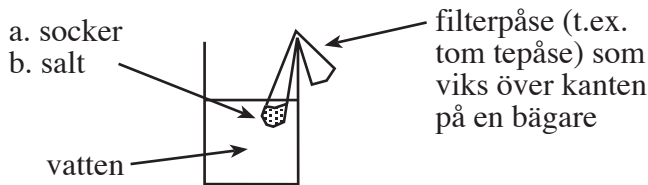
B. Använd ditt svar på A till att tänka ut motiv för att undervisa om blandningar och lösningar!

EXPERIMENTELLA UPPGIFTER

Här följer tre experimentella uppgifter med avsikten att ge läsaren/deltagaren tillfälle att upptäcka och diskutera olika aspekter av blandning och lösning.

UPPGIFT 2

- Förutsäg, observera och beskriv växelverkan enligt figuren nedan mellan i tur och ordning
 - vatten och socker
 - vatten och koksalt



- Förklara observationerna på makronivå och molekylär nivå!
- Diskutera dina svar på 1. och 2. med dina kollegor/kurskamrater!
- Vad händer om de erhållna vätskorna får stå orörda länge i flata skålar?
- Diskutera vad eleverna i grundskolan respektive gymnasieskolan behöver kunna för att tillfredsställande förklara sina observationer under experimentet!

UPPGIFT 3

- Förutsäg, observera och beskriv växelverkan mellan kaliumpermanganat och vatten vid två olika temperaturer enligt figuren nedan!



Släpp samtidigt ner några få korn av kaliumpermanganat i de båda cylindrarna!
Låt dem stå orörda!

- Förklara dina observationer på makronivå och molekylär nivå!
- Diskutera dina svar på 1. och 2. med kollegor/kurskamrater!
- Vad händer om du låter cylindrarna stå något dygn utan att röra dem?
- Diskutera vad eleverna i grundskolan respektive gymnasieskolan behöver kunna för att tillfredsställande förklara sina observationer under experimentet!

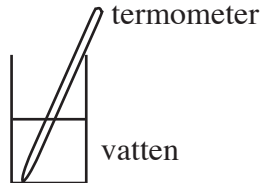
UPPGIFT 4

1. Förutsäg, observera och beskriv växelverkan enligt figuren nedan mellan i tur och ordning

- vatten och natriumklorid
- vatten och natriumhydroxid
- vatten och natriumtiosulfat¹

Blanda i tur och ordning

- natriumklorid,
 - natriumhydroxid
 - natriumtiosulfat
- med vatten i tre olika bägare.



Mät temperaturen i samtliga fall. Förklara skillnaderna!

2. Förklara dina observationer!

3. Diskutera dina svar på 1. och 2. med kollegor/kurskamrater!

4. Diskutera vad eleverna i grundskolan respektive gymnasieskolan behöver kunna för att tillfredsställande förklara sina observationer under experimentet!

UPPGIFT 5

1. Vilka olika aspekter av blandning och lösning har du och dina kollegor/kurskamrater tillsammans upptäckt eller tänkt på vid genomförande av uppgift 2, 3 och 4?

UPPGIFT 6

Vid den svenska nationella utvärderingen 1998 gavs följande fråga till 390 elever i skolår 9 och 450 i år 3 gy:²

På vår jord finns hav och kontinenter. Om dessa brukar man säga att haven vattnar kontinenterna och att kontinenterna förser haven med näringsämnen. Förklara hur detta hänger ihop så noga du kan.

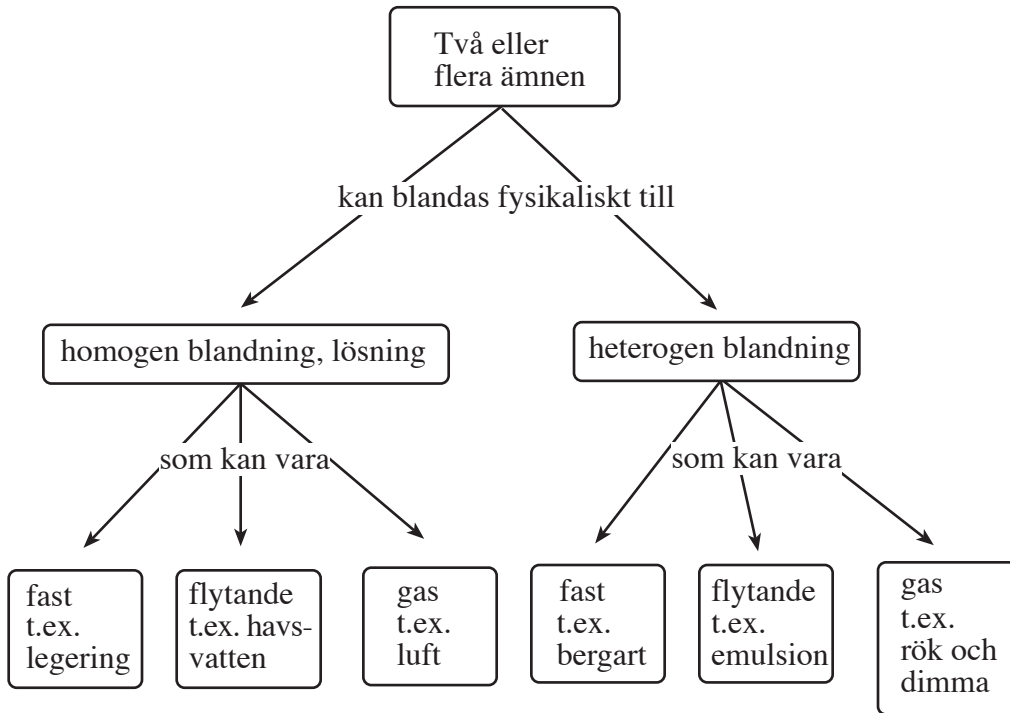
1. Hur skulle du svara på denna fråga?

2. Vilken nytta skulle eleverna kunna ha av kunnande om olika aspekter på blandning och lösning då de besvarar frågan om hav och kontinenter?

NÅGRA EXEMPEL PÅ BLANDNINGAR

Makroskopisk beskrivning

Två eller flera ämnen kan fysikaliskt blandas till homogen eller heterogen blandning³ enligt följande begreppskarta: (Se även workshop 5 om Ämnen)



Figur 1. Olika typer av blandningar

Alla dessa typer av blandningar förekommer på olika håll i vår omgivning. Guld kan legeras med koppar för att bli hårdare. När regnvatten tränger ner i jordlagren och berggrunden sker viss upplösning och det bildas grundvatten. Luftens syre löser sig i vatten, i bäckar, sjöar och hav och möjliggör där liv för fiskar och andra djur. Då vinden sveper över ett fält med t.ex. dill, blandas luften med osynliga doftämnen. I bergarten granit kan man urskilja mineralen kvarts, glimmer och fältspat som olikfärgade korn. Mjölks innehåller emulgerat fett. Vid ofullständig förbränning av olja bildas en blandning av förbränningsprodukter, rök, som innehåller många gasformiga ämnen i blandning med fast sot. I synnerhet de heterogena blandningarna kan vara svåra att klassificera som fasta, flytande eller gasformiga. T.ex. blandas finfördelat kol med luft och förbränns i en virvelbädd. Sand, grus och cement blandas med vatten till en tjockflytande uppslamning, som kan pumpas i tjocka rör och som efterhand hårdnar till betong.

Vatten har en särställning som lösningsmedel genom att det finns så rikligt i naturen, är nödvändigt för allt liv och ingår i de globala kretsloppen. Vatten har stor betydelse i alla organismer både genom att lösa alla nödvändiga ämnen och genom att transportera dem. På vårt klot löser eller slammar vatten upp mineral,

humusämnen och andra ämnen och transporterar dem. Människan utnyttjar vattentillgångar både för att få bruksvatten till hushåll, samhälle och industri och för att 'göra sig kvitt' avloppsvatten. Vatten verkar modererande på jordens temperatur men kan även användas som värmeöverföringsmedium och för att moderera temperaturen i tekniska system.

Teoretiska förklaringar

Dynamiska partikelmodellen

Om man exempelvis betraktar ett glas vatten och en bit socker, så förefaller de båda ämnena mycket stillsamma. Därför kan man förvisso förundra sig över att om man lägger sockret i vatten, så löses det efter ett tag i vattnet 'av sig själv'.

Men om man påminner sig den dynamiska partikelmodellen, beskriven för fast, flytande och gasformigt tillstånd i NORDLAB-workshopen 'Materiens faser', så får man en mekanism för vad som händer. Atomer, molekyler och joner är i ständig rörelse och om två ämnen bringas i kontakt, så kolliderar de atomära partiklarna med varandra, vilket kan leda till att ett ämne löser sig i ett annat. Exempelvis börjar de relativt lättlösliga vattenmolekylerna tränga in mellan sockermolekylerna, vilket sätter igång en lösningsprocess.

'Lika löser lika'

Hur två ämnen växelverkar med varandra vid blandning beror på ämnenas egenskaper. Populärt brukar detta anges i satsen 'Lika löser lika'. För att lösa ett ämne, som är polärt eller som är uppbyggt av joner, måste man använda ett polärt lösningsmedel, oftast vatten. I en polär molekyl är elektronfördelningen sådan att det finns ett eller flera negativt laddade ställen (där elektronernas och protonernas laddning inte fullt tar ut varandra utan det finns lite överskott av negativ laddning) samt ett eller flera positivt laddade ställen (med lite överskott av positiv laddning). Om tyngdpunkten för de negativa och de positiva laddningarna är skilda från varandra kallas molekylen för dipol. En sådan molekyl är nettoelektriskt oladdad men de positiva och negativa ställena på olika molekyler attraherar varandra och får till följd att molekylerna blir bundna till varandra med dipol-dipolbindningar. En dipol kan även bindas till en jon och vänder då ändan med positiv laddning mot en negativ jon och tvärtom.

Molekyler som saknar permanent laddningsfördelning kallas opolära. För att lösa ett opolärt ämne, t.ex. fett, måste man använda ett opolärt lösningsmedel, t.ex. ett kolväte, eller en blandning av opolära ämnen, t.ex. bensin. En opolär molekyl saknar permanent positiv och negativ ända. Men elektronerna rör sig så att det tillfälligt förekommer positiv och negativ ända. Detta gör att molekylerna kan attraheras till varandra med svaga bindningar, s.k. van der Waalskrafter⁴

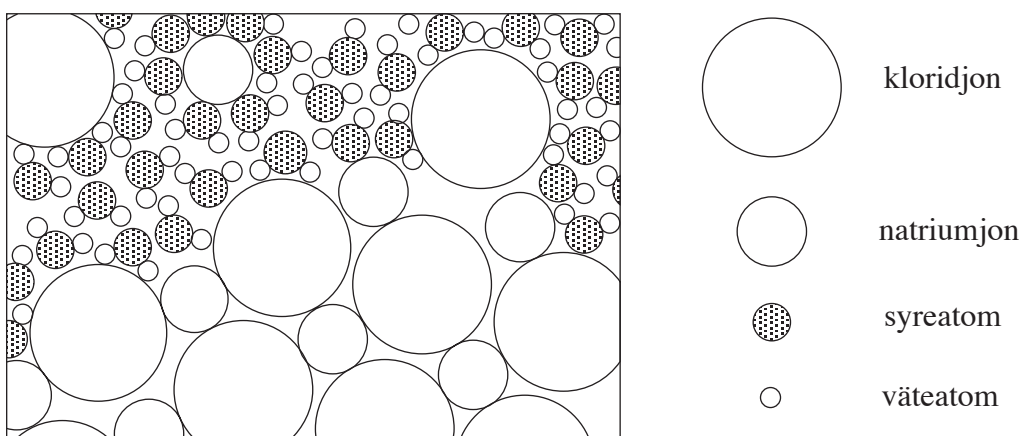
Vatten har unika egenskaper som lösningsmedel. Detta förklaras genom den naturvetenskapliga modellen av vattens molekylära uppbyggnad med två väteatomer bundna i vinkel till en syreatom, vilket ger en polär molekyl, en dipol

med en positivt och en negativt laddad ända. Vattenmolekylerna attraherar varandra och binds till varandra med en speciell typ av dipol-dipolbindningar som kallas vätebindningar. Dessa växlar allteftersom vattenmolekylerna rör sig om varandra. En viss vattenmolekyl är alltså inte permanent bunden till en viss annan vattenmolekyl.

Detaljbeskrivning av hur koksalt löses i vatten

På atomär nivå kan man betrakta upplösning som en växelverkan mellan partiklar i rörelse. Då t.ex. natriumklorid löses i vatten, knuffas och lyfts natriumjoner och kloridjoner ut bland vattenmolekylerna genom att den positiva natriumjonen binds till den negativa ändan av flera vattenmolekyler och den negativa kloridjonen binds till den positiva ändan av andra vattenmolekyler med jon-dipolbindningar. Gittret av natrium- och kloridjoner faller efter hand sönder. Det bildas s.k. hydratiserade natriumjoner och hydratiserade kloridjoner som, genom att alla partiklarna ständigt kolliderar med varandra, så småningom sprids ut jämnt bland de andra vattenmolekylerna.

Det sagda illustreras av figur 2. Notera skillnaden i vattenmolekylernas orientering omkring den frigjorda natriumjonen respektive det två frigjorda kloridjonerna.⁵



Figur 2. Illustration av växelverkan mellan natriumklorid och vatten.

De vattenmolekyler, som inte är engagerade i jon-dipolbindningar binds till varandra med vätebindningar. När man försöker lösa mer och mer natriumklorid i vattnet nås så småningom en mättnad, där fast natriumklorid blir liggande på botten i kärlet. Alla vattenmolekylerna är då bundna antingen till natriumjoner eller till kloridjoner och det finns inga vattenmolekyler 'lediga' för att lösa mer. Lösningen har blivit mättad. Men eftersom alla partiklar är i ständig rörelse handlar det om ett jämviktsläge, där det sker ett ständigt utbyte av partiklar mellan lösningen och den fasta fasen.

Fett och vatten

Om man försöker lösa fett i vatten uppstår inga motsvarande bindningar mellan fettmolekyler och vattenmolekyler. Vattenmolekylerna fortsätter att vara bundna till varandra med vätebindningar och fettmolekylerna fortsätter att vara bundna till andra fettmolekyler med huvudsakligen van der Waalsbindningar. Det finns inga polära ställen på fettmolekylerna som skulle kunna bindas till de polära vattenmolekylerna annat än högst tillfälligt. Man kan dock tänka sig att det sker ett fåtaligt utbyte av molekyler i gränsskiktet mellan fett och vattnet genom att enstaka fettmolekyler har så hög rörelseenergi att de kan ta sig in bland vattenmolekylerna. På motsvarande sätt kan enstaka vattenmolekyler ta sig in bland fettmolekylerna. En fettmolekyl, som hamnat bland vattenmolekyler tränger undan ett visst antal vattenmolekyler. Eftersom fett har lägre densitet än vatten borde massan av denna fettmolekyl vara lägre än massan av de undanträngda vattenmolekylerna. Om man tänker sig att Archimedes princip⁶ gäller även i den lilla skalan skulle fettmolekylen knuffas en aning hårdare uppåt än nedåt. Genom de ständiga kollisionerna och genom att den inte binds av vattenmolekylerna så knuffas den så småningom tillbaks till de andra fettmolekylerna där den kan bindas. På motsvarande sätt återförenas en vattenmolekyl, som hamnat bland fettmolekyler, med de andra vattenmolekylerna

Löslighet

Lösligheten av ett ämne i ett annat ämne (ofta kallat lösningsmedel) beror på de två ämnenas egenskaper och därmed möjlighet att växelverka så att en lösning bildas, och oftast också på temperaturen. Om det finns en viss löslighet sker upplösning av ämnet tills lösningen är mättad. Det upplösta ämnet sprids ut i lösningen genom ständiga kollisioner (sett på atomär nivå) mellan de upplösta partiklarna och lösningsmedlets partiklar. Spridningen sker även om ingen som helst omrörning sker, men den tar då tämligen lång tid.

Upplösningshastigheten kan ökas genom att kornstorleken minskas varvid kontaktytan mellan ämnet och lösningsmedlet ökas. Den kan även ökas genom att röra om i blandningen och genom att höja temperaturen.

Energiutbyte vid upplösning

Upplösning klassificeras som en fysikalisk process därför att de deltagande ämnena kan återvinnas genom fysikaliska metoder som destillation och kristallisation. Men själva upplösningssprocessen kan ses som ett kemiskt fenomen genom att en del bindningar upphör att existera och andra etableras i deras ställe. Därvid ändras temperaturen i systemet i de flesta fallen. Vilka temperaturförändringar kan ske vid upplösning? Teoretiskt kan man se på upplösning av ett ämne i ett annat som tre fiktiva delprocesser⁷ nämligen separering av partiklarna som bygger upp det upplösta ämnet respektive lösningsmedlet och därefter återförening av de separerade partiklarna :

- 1a. Partiklarna (atomer, joner eller molekyler) i det ena ämnet skiljs och avlägsnas från varandra genom att bindningarna mellan dem bryts. Detta kräver tillförsel av energi.
- 1b. Partiklarna (atomer, joner eller molekyler) i det andra ämnet skiljs och avlägsnas från varandra genom att bindningarna mellan dem bryts. Detta kräver också tillförsel av energi.
2. Partiklarna från steg 1a och steg 1b växelverkar för att bilda lösningen. Därvid etableras nya bindningar mellan de två ämnenas partiklar. Vid denna process avges energi.

Om energin i steg 2 är större än i steg 1a + 1b, sker en nettoavgivning av energi i systemet och temperaturen ökar (exoterm upplösning).

Om energin i steg 2 är mindre än i steg 1a + 1b sker en nettoupptagning av energi i systemet och temperaturen sjunker (endoterm upplösning).

Dessa steg kan inte urskiljas makroskopiskt vid en upplösning utan sker samtidigt.

Separation av blandningar

I vardagen råkar man ibland ut för separation av blandningar t.ex. att sirapen eller marmeladen har sockrat sig. Eller att drycken i den kvarglömda öppnade läskedrycksflaskan har fått en fadd smak när kolsyran inte längre finns kvar. Eller att man försöker tvätta bort en fläck på tyg och inte sällan får en ful ring runt stället där fläcken varit.

Men separation av olika ämnen i en blandning är också något som kemister och många typer av industrier sysslar med. Separation av blandningar kan t.ex. ske med mekaniska metoder som filtrering, centrifugering eller flotation. Den kan ske med metoder som bygger på avdunstning och kristallisation eller metoder som bygger på upprepade avdunstning och kondensation (destillation). Separation kan även ske med kromatografiska metoder där en bärarvätska eller -gas drar med sig de upplösta ämnena på ett bärarmaterial i olika hastighet beroende på ämnens och bärarmaterialets egenskaper.

I princip är separation motsatsen till blandning och upplösning och de teoretiska resonemangen blir också i princip de motsatta. Men även fasövergångar som avdunstning och kondensation är i spel vid flera typer av separationer.

UPPGIFT 7

1. Freoner, dvs. fluorklorkolväten, ansågs länge harmlösa och användes som värmeöverföringsmedel i kylskåp och frysskåp. Freoner är numera förbjudna sedan man kunnat visa att de förekommer i yttersta atmosfären och där medverkar till nedbrytningen av ozon. Förklara på molekylär nivå spridningen av freon upp genom atmosfären.
2. Om en guldring blir liggande i en silverskål i årtal kan guldatomer påvisas i silverytan. Förklara detta fenomen på atomär nivå!
3. Salt kan tillverkas i varmare länder genom att valla in havsvatten och låta det stå i stora saliner. Förklara på atomär nivå hur salt kan bildas!

ELEVUPPFATTNINGAR

Det finns relativt få undersökningar av hur elever förklarar vad som händer vid olika lösningsprocesser. Den allmänna bild som framträder då man studerar dessa är följande:

- Förklaringar med hjälp av vardagsbegrepp är vanliga och påtagligt situationsberoende. Gemensamt för många svar av denna typ tycks dock vara att materia uppfattas som kontinuerlig.
- En hel del svar innehåller vetenskapliga begrepp, som dock ofta används på ett sätt som inte är förenligt med 'vetenskapens ståndpunkt' eller ger en ofullständig förklaring. Dessa svar bör, anser vi, tolkas positivt som tecken på att eleverna försöker använda skolkunskaper. Den som vågar sig på sådana försök ökar sina möjligheter att lära sig skolans naturvetenskap.
- Det är förhållandevis få svar som tyder på en integrerad vetenskaplig förståelse.

Förutom dessa allmänna drag finns intressanta detaljer att lägga märke till. Ett exempel är den inte ovanliga uppfattningen att energi frigörs då bindningar mellan atomer bryts.

Här följer några exempel på undersökningar och deras resultat.

Fokus på lösningsprocessen

En spansk studie

I en spansk intervjuundersökning fick drygt 300 elever, 11-14 år, svara på öppna frågor om 'att lösa upp ett ämne i ett annat', om 'hur det upplösta ämnet i lösningen kan ritas upp', om 'situationer med upplösning' och om 'exempel på lösningar'.⁸

Cirka 80 % anser att man måste göra något för att ett ämne ska lösa sig – blanda, tillsätta, röra om, skaka, upphetta etc. Ämnet som löses upp kan enligt eleverna därvid smälta, brytas upp, försvinna, eller lösas upp. Detta sätt att tänka stämmer överens med uppfattningen att materia är kontinuerlig och statisk. Om man har denna uppfattning är det svårt att tänka sig att två ämnen i kontakt 'av sig själva' tenderar att tränga in i varandra. Därför behöver en yttre agent införas som påverkar ämnena, dvs. någon som skakar, rör om m. m. I linje med detta noteras att två tredjedelar av de äldre elevernas teckningar har tolkats som uttryck för en uppfattning av materia som kontinuerlig.

Med ökande ålder kommer fler svar, som har med ämnenas egenskaper att göra och med växelverkan mellan ämnena. Ungefär en tredjedel av de äldre eleverna antyder att växelverkan är av kemisk natur och att det bara blir ett ämne kvar med bådas egenskaper eller också ett helt nytt ämne.

Elevernas uppfattningar om lösningar emanerar till stor del från vardagliga sammanhang t. ex. socker i kaffe/te/vatten/mjölk eller salt i vatten. För merparten elever begränsar sig fenomenet upplösning till att gälla fasta ämnen i vätskor. Några få äldre elever nämner mjölk i vatten, ännu färre målarfärg och lösningsmedel. Terminologin, som eleverna använder, refererar till vardagslivet. Få naturvetenskapliga uttryckssätt används.

En svensk pilotstudie

Följande uppgift som getts 1995 till elever i grundskolans åk 8 och på gymnasieskolans N och T-program:⁹

Lisa och sockret

A. Lisa lägger en sockerbit i ett glas fyllt med kallt vatten och observerar noggrant innehållet i glaset. Efter 20 minuter ser hon nästan inget socker längre. Förklara så noggrant du kan vad som har hänt!

B. Hon lägger sedan en sockerbit i ett glas fyllt med varmt vatten och observerar noggrant innehållet i glaset. Efter 5 minuter ser hon nästan inget socker längre. Förklara så noggrant du kan varför det tar kortare tid när vattnet är varmt!

Här följer ett antal svar på A-uppgiften:

- Sockret löses upp (åk 8)
- Sockret fräts sönder långsamt (åk 8)
- Sockret smälter i vattnet därför att det 'löses upp' av vattnet dvs. det försvinner bara. Sockerbiten suger upp vattnet ungefär som en tvättsvamp och när vattnet tränger in i sockerbiten så löses sockerkornen upp. (åk 8)
- Socker är ett vattenlösligt ämne, och eftersom det är det, så är det ju självklart att sockerbiten försvinner. När ett ämne är vattenlösligt, så blir det så små atomer, att de inte syns i vattnet. (åk 8)
- Socker kan lösas i vatten, och efter en stund i vattnet har sockerbiten lösts upp. Vattenatomerna och sockeratomerna har satts ihop med varandra till molekyler. Lösningen i glaset smakar sött. (åk 8)
- Kallt vatten innehåller lite energi som kan överföras till atomerna. Får atomerna ingen energi hoppar inte atomerna runt och bildar nya molekyler. Upplösningen går långsammare. (gy)
- Sockret har lösts upp i vattnet och reagerat med H och O₂ molekyler. (gy)
- Jag tror att molekyler i vattnet försöker arbeta sig in i sockerbiten. Vattnet är så kallt så molekyler jobbar inte så fort. Men de jobbar flitigt. När vattnet kommer in i sockerbiten så löses sockerbiten upp. Och den syns inte mer, men sockerbiten finns fortfarande kvar men den sitter inte ihop längre. Man kan inte se sockerkornen från sockerbiten för de är små. (åk 8)
- Sockret löser sig lättare i varmt vatten än i kallt vatten för att sockermolekyler rör sig snabbare i kallt vatten därför tar det längre tid för sockret att lösa sig i kallt vatten. (åk 8)
- Jag antar att sockret har lösts i vattnet som då har blivit en homogen blandning av socker och vatten. Detta betyder att kolhydratmolekyler har lagt sig i mellanrum mellan H₂O-molekyler och på så sätt blandats. (gy)
- Sockret har löst sig i vattnet. C₁₂H₂₂O₁₁. Vattnet är en dipol och då rörsocker är bundet med vätebindning (VäteSyre) så är de bindningarna väldigt lika i både styrka och slag. Likheten gör att vattendipolerna kan dra loss molekyl för molekyl av sockret tills hela sockerbiten är upplöst. Lösningen är homogen. (gy)

Och här följer ett antal svar på B-uppgiften:

- Sockret har löst upp sig i vattnet. Sockret löser sig snabbare i varmt vatten. (åk 8)
- Det varma vattnet är starkare än det kalla vattnet så att det varma vattnet delar sockerbiten snabbare. (åk 8)
- Därför att det varma 'smälter' ner sockret snabbare än det kalla vattnet, och sockerbiten suger upp det varma vattnet snabbare än det kalla vattnet. När det varma vattnet tränger in i sockerbiten så 'kokar' sockret bort, dvs. så smälter det varma vattnet sockerbiten. (åk 8)
- För värmen fungerar som en katalysator som påskyndar reaktionen då sockret löses upp (gy)

- Sockerbiten måste lösas fortare i det varma vattnet. Det varma vattnet måste fräta på sockerbiten så att den sönderdelas och kan då lösas lättare. Vattenatomerna o sockeratomerna löser sig i varandra. Det vattnet man får smakar gott. (åk 8)
- När vattnet är varmt tillförs mer energi till atomerna i lösningen. Dessa får då lättare att hoppa mellan varandra och bilda nya molekyler. (gy)
- När ett ämne blir varmare ökar dess avstånd mellan molekyler. Detta gör att det blir lättare för ett annat ämne att lösas (få plats mellan molekyler), om det är varmare vatten (eller nåt annat ämne över huvud taget). Man säger att lösligheten ökar med temperaturen. Detta gör att det går snabbare. (gy)
- Partiklarna i det varma vattnet rör sig snabbare och luckrar upp sockret snabbare. (åk 8)
- Ju varmare vattnet är desto mer rör sig molekyler, då är det ju lättare för sockermolekyler att tas upp och blandas med vattenmolekyler. När vattnet är kallt står molekyler nästan still, det går ju därför långsammare för sockerbiten att lösas. (åk 8)
- Anledningen till att det här går snabbare är att det i en varmare vätska finns en större inbördes rörelse mellan molekyler vilket gör att fler molekyler kommer i kontakt med sockerbiten snabbare vilket leder till att den löses upp fortare än vid A. (gy)
- Vid högre temperatur har molekyler högre hastighet och vattnet bombarderar alltså sockret med högre hastighet. Då fler vattenmolekyler kommer i kontakt med socker på samma tid som innan kan vattnet dra loss fler sockermolekyler. Ju högre temperatur lösningsmedlet har ju högre löslighet av fasta ämnen och mindre löslighet för gaser. (gy)

UPPGIFT 8

1. Vilket innehåll anser du att ett bra svar på uppgiften 'Lisa och sockret' ska ha i skolår 9? På gymnasiet N/T-program?
2. Försök att karaktärisera/kategorisera elevsvaren!

En kanadensisk undersökning

I en kanadensisk studie har 13 kemielever i 'grade 11' (16-17 år) intervjuats med utgångspunkt från tre konkreta situationer.¹⁰

1. En sockerbit lades i en bägare med hett vatten. Den observerades under någon minut, varefter följande frågor ställdes: (a) Vad kan ha hänt med sockret? (b) Kan du rita en bild som beskriver vad som kan ha hänt med sockret? Uppföljande frågor gällde bl. a. vad eleven menade med ord som smälta, försvinna, brytas ned, blanda, partikel m. fl.

2. Alkohol hälldes i en flaska med vatten och blåfärgades med en droppe livsmedelsfärg. Därefter tillfördes även målarthinner och flaskan tillslöts. Utgångsfrågorna var: (a) Varför blir det två lager? (b) Vad tänker du att det övre lagret består av?

3. Eleven fick se en tillsluten flaska med mättad koksaltlösning och koksaltkristaller på botten. De inledande frågorna var: (a) Varför finns det koksalt på botten av flaskan? (b) Finns det salt i vätskan som är i flaskan?

Det är betydande variationer i svaren mellan de olika uppgifterna, dvs. svaren är starkt situationsberoende.

System 1. Här har författarna infört två kategorier för att karaktärisera svaren. Den ena kallas 'Fysikalisk transformation från fast till flytande'. Eleven säger t. ex. att '*sockret har smält*' eller '*sockret har omvandlats till vätska*'. Den andra kategorin betecknas 'Kemisk transformation av det ämne som löses', t. ex. '*sockret och vattnet har kombinerats och blivit ett*' eller '*sockret har reagerat med vattnet och förenats med det*'.

Mot termerna 'fysikalisk och kemisk transformation' kan man invända att de ger ett intryck av att eleverna använder ett vetenskapligt tänkande då de svarar. Så är troligtvis inte alltid fallet. I en elevdialog som används för att illustrera kategorin 'kemisk transformation' säger eleven först att socker blandas, löser sig och att det är en lösning. Sedan säger hon att värmen smälte sockret och att det reagerade med vattnet och förenades med det. På frågan om det blivit ett nytt ämne säger hon med ett skratt att det har blivit sockervatten. Intervjuaren undrar då om det är någon skillnad på sockervatten och socker samt vatten. Eleven svarar ja, '*därför att socker inte är fast längre. Det har blivit gas. Det är mer som en vätska. Nånting i den stilen.*' Att karaktärisera detta svar som 'kemisk transformation' förefaller missvisande. I själva verket illustrerar dialogen hur svårt det kan vara att förstå innebörden i en elevs ord.

System 2. De flesta svaren har med densitet att göra som '*den hamnade överst som olja därför att den är lättare än vatten*'. Några svar gäller andra egenskaper hos thinner t.ex. '*därför att den inte har den beståndsdel, som blandas bra med vatten, beståndsdelens löser sig inte*'.

System 3. Här finns den största variationen i svaren. Förutom de fyra nämnda förklaringsmodellerna finns svar som '*kanske finns det inte tillräckligt utrymme i lösningen*'.

Liksom för de ovan nämnda spanska eleverna tycks den omedelbara perceptionen spela en stor roll för vilken typ av förklaringar, som de intervjuade kanadensiska eleverna ger. Typiskt är också

- att den intervjuades egna tidigare erfarenheter har avgörande betydelse
- att makroskopiska egenskaper överförs till att gälla även den atomära nivån
- att vardagspråket dominerar elevens förklaringar

Vissa begrepp som *partikel* användes i vardagen för att beteckna små korn, som är synliga för ögat, medan den vetenskapliga användningen av begreppet *partikel* avser atomer, joner eller molekyler. Eleverna tycks inte göra den distinktionen

Fokus på temperatur och energi

I en sydafrikansk studie¹¹ har 17 kemiingenjörstudenter före undervisning intervjuats angående upplösning av olika salter i vatten. Upplösningen genomfördes konkret, och de studerande fick känna på respektive bägare. Det framgår inte tydligt hur samtalet mellan intervjuare och studerande kom igång. Man får intrycket att de studerande spontant började tala om energi, och att detta ledde till att intervjuaren ställde uppföljande frågor.

De tre system som användes i tur och ordning var följande (jämför uppgift 4 i detta häfte):

- A. Natriumklorid i vatten (temperaturen sjunker svagt, men det märks inte i handen)
- B. Natriumhydroxid i vatten (temperaturen stiger kraftigt, märks tydligt)
- C. Natriumtiosulfat (fixersalt, temperaturen sjunker kraftigt, märks tydligt)

Att förklara exempelvis varför temperaturen stiger kraftigt då natriumhydroxid löser sig i vatten kräver att en hel del kunnande integreras.

Tänk på systemet natriumhydroxid och vatten ('system NV'). Aktuella submikroskopiska partiklar är vattenmolekyler, natriumjoner och hydroxidjoner.

För att separera det partikelsystem som består av natrium- och hydroxidjoner krävs energi. Separeringen innebär en ökning av partikelsystemets potentiella energi, och energin kommer från rörelseenergi hos partiklarna i system NV. Energiöverföringen innebär alltså att rörelseenergin minskar, dvs. den bidrar till temperaturminskning.

Ett analogt resonemang gäller för systemet av vattenmolekyler, som är bundna till varandra med dipolbindningar. Vattenmolekylerna separeras också från varandra,

dvs. dipolbindningarna upphävs, vilket innebär en ökning av vattenmolekylsystemets potentiella energi, som också kommer från partiklarna i system NV och bidrar till en temperaturminskning.

Men då vattenmolekyler och saltjoner blandas uppstår nya bindningar. Då dessa bildas minskar den potentiella energin hos partiklarna i system NV. Den energi som därvid avges yttrar sig i form av ökad rörelse hos partiklarna i system NV.

Nettot i denna balansräkning blir ökad rörelse hos partiklarna i system NV, dvs. en temperaturhöjning. I fallet natriumtiosulfat och vatten är nettot minskad partikelrörelse, dvs. temperatursänkning.

Det finns en hel del underförstådd kunskap i detta resonemang. En viktig sådan är att välja rätt system för sitt tänkande, nämligen 'salt + vatten'. En annan är att känna till både att det finns intramolekylär och intermolekylär bindning, och kunna skilja dem åt. En tredje är att förstå att det krävs energi för att bryta bindningar.

Författarna anser sig ha funnit fyra svars kategorier, nämligen

- I. Du avger energi
- II. Vatten avger energi
- III. Saltet avger energi
- IV. Reaktionen avger energi

Det är 17 studerande som kommenterar 3 experiment var. Totalt finns 59 exempel på de fyra svars kategorierna, dvs. några elevers svar innehåller mer än en av de fyra kategorierna.

Du avger energi

Det är bara 3 exempel, från en och samma studerande, på kategori A, t. ex. att den som rör om tillför energi som orsakar en temperaturhöjning.

Vatten avger energi

Det finns 31 exempel på denna kategori. Vanligast är föreställningen att vattnet bryter bindningar i saltet. I en del fall beskrivs detta på submikroskopisk nivå som att vattenmolekylerna på grund av sin rörelse sönderdelar saltet. Det framgår inte av resultatbeskrivningen hur den energi som vattnet avger leder till temperaturändringar av system 'salt + vatten'.

Några studerande hävdar att lösningsprocessen leder till att vattenmolekylen delas upp i H och OH. När detta sker frigörs energi.

-...det kommer att bli en separation i den här vattenmolekylen så att molekylen sönderdelas i OH och H. Och det är då som bindningarna i vattenmolekylen bryts där energin frigörs ... därför att den här bindningen mellan syre och väte är mycket stark så tror jag att vi får mycket energi när vi bryter den.

I ett fall noterar den studerande att energi frigörs även när natriumhydroxid delas upp i Na och OH, men påpekar att bindningarna mellan H och OH är väsentligt mycket starkare än dem mellan Na och OH, varför vatten är den huvudsakliga energikällan.

Saltet avger energi

Det finns 15 exempel på att saltet anges som energikälla. Inga av dessa gäller lösning av natriumtiosulfat i vatten. De flesta svar rör sig på den submikroskopiska nivån, och en hel del av dessa anger bindningar som källan, t. ex.:

Jag tror det är någon slags energi som är förknippad med bindningarna, och när dessa bryts så frigörs någon slags energi i vattnet, vilket resulterar i värmeenergi. Det är därför som temperaturen på vattnet stiger.

Samma elev förklarar skillnaden mellan svag och kraftig temperaturhöjning med partikelstorlek. Små partiklar har färre bindningar än stora.

Två andra exempel är följande:

Det blir varmare. Energi avges. När natriumhydroxid löser sig i vatten går den till en lägre energinivå och värme frigörs i form av värme.

I naturen försöker molekyler alltid nå lägsta energinivån så att de blir stabilare och natriumhydroxid är oerhört mycket stabilare när den är upplöst som två separata joner jämfört med när den är en kristall.

Reaktionen avger energi

Det finns 10 exempel i denna kategori. Av dessa gäller 7 natriumhydroxid i vatten och övriga natriumtiosulfat i vatten. I en del svar konstateras att en kemisk reaktion ägt rum mellan natriumhydroxid och vatten, och att den energi som då produceras gör att det blir varmare.

Det är nån sorts reaktion som äger rum mellan natriumhydroxid och vatten. Natrium reagerar med vatten exotermt.

Andra svar är mer utvecklade. En elev resonerade både om bindningar som bryts, och sådan som bildas. I fallet natriumhydroxid menar hon att det avges mer energi då bindningarna i saltet bryts, än den energi som krävs för att bilda nya bindningar. Detta leder till en temperaturhöjning. När det gäller natriumtiosulfatet är det tvärt om.

Kretslopp

Vid den svenska nationella utvärderingen 1998 gavs följande fråga till 390 elever i skolår 9 och 450 i år 3 gy¹².

Haven och kontinenterna

På vår jord finns hav och kontinenter. Om dessa brukar man säga att haven vattnar kontinenterna och att kontinenterna förser haven med näringsämnen. Förklara hur detta hänger ihop så noga du kan.

Resultatet framgår av tabell 1. För varje kategori anges först procentuella andelen elever för skolår 9, därefter motsvarande andel för år 3 gy. Varje elevsvar tillhör endast en kategori.

Tabell 1. 'Haven och kontinenterna.' Procentuell fördelning av elevsvar på kategorier. Skolår 9 och 3 gy.

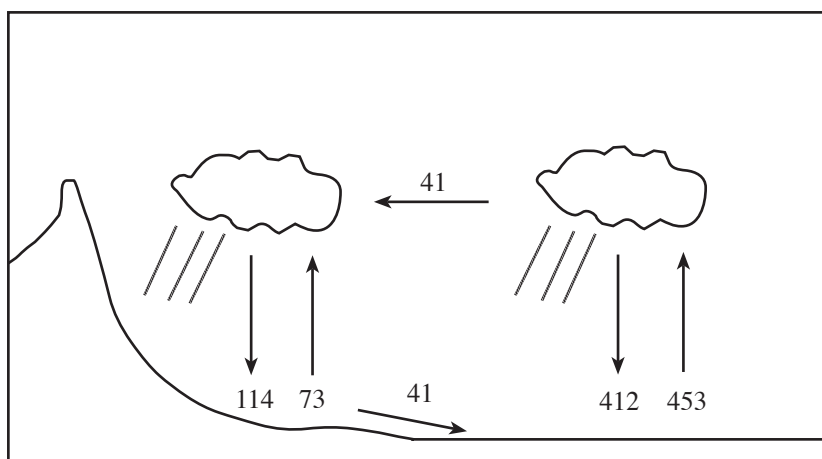
Kategori	Exempel på svar	skolår	
		9 (390)	3gy (450)
A. BERÖR BARA ATT HAVEN FÅR NÄRING	Näringsämnen fraktas med vattnet till havet	3	2
B. BERÖR BARA ATT KONTINENTERNAS FÅR VATTEN	Havet vattnar kontinenterna genom att vattnet i haven avdunstar och regnar sedan ner som regn	10	6
C. BERÖR BÅDE ATT HAVEN FÅR NÄRING OCH ATT KONTINENTERNAS FÅR VATTEN, MEN UTAN KRETSLOPPSTÄNKANDE	Havets vatten dunstar och far upp i himlen sedan regnar det ner över kontinenterna och ger växterna det vatten de behöver för att växa.(= havet vattnar kontinenten) Kontinenten i sin tur för näring till havet genom t. ex. blommornas pollen som blåser ut i havet.	21	18
D. VATTENCYKEL, MEN UTAN NÄRING	Jordklotets yta täcks till 71% av vatten. Vatten byter hela tiden skepnad i ett ständigt kretslopp. Från hav till atmosfär och vidare via nederbörd till sjöar, floder och grundvatten tillbaka till havet igen. Solen är motorn i vattnets kretslopp.	3	4
E. VATTENCYKEL MED NÄRINGSTRANSPORT	När vattnet i havet avdunstar regnar det ner på kontinenterna och rinner ut i havet med en massa mineraler lösta i vattnet.	18	32
F. ÖVRIGT		8	10
G. EJ BESVARAT		35	24

UPPGIFT 9

1. Vad är ett bra svar på uppgiften 'Haven och kontinenterna' i skolår 9? På gymnasiets N/T-program?
2. Hur vill du förklara det erhållna resultatet?
3. Hur värderar du resultatet? Bra? Mindre bra? Motivera!

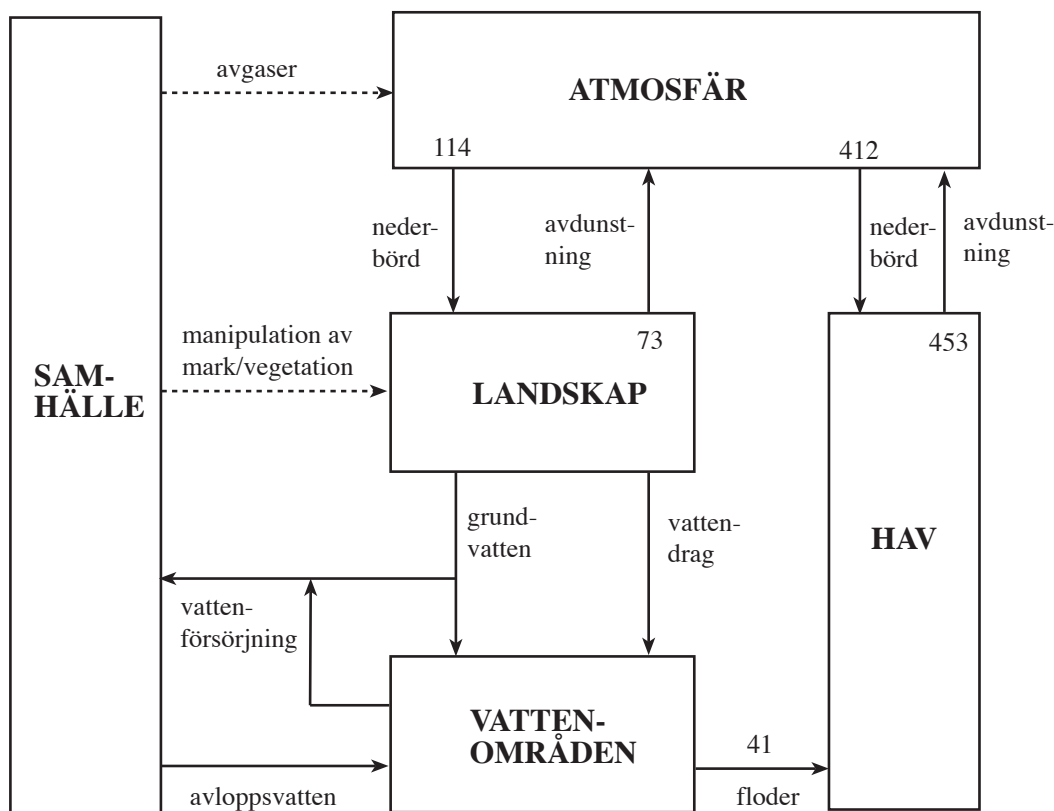
EN UTVIDGAD MODELL AV VATTENCYKELN

En modell av vattencykeln som förekommer är den i figur 3. Modellen betonar vattnets fasändringar. Interaktioner med mark, vegetation och samhälle betonas ej.



Figur 3. Vattnets kretslopp globalt. Siffrorna anger tusental kubikkilometer per år¹³.

En modell med större integrativ potential har förts fram av hydrologen Malin Falkenmark. Poängen med hennes modell är att den kopplar samman människans många aktiviteter med vattnets kretslopp i naturen och lyfter fram vattnets växelverkan med landskapet¹⁴ Se figur 4 nedan!



Figur 4. Utvecklad modell av globala vattencykeln. Siffrorna anger tusental kubikkilometer per år¹⁵.

Det ständigt vandrande vattnet växelverkar med landskapet och med människans samhälle. Av vattnet som faller ned på land rinner en del vidare som ytvatten. Resten går ned i marken, där en del binds och kan tas upp av växternas rötter. Det som återstår sjunker vidare ner till grundvattnet. Genom sin växelverkan med marken blir vattnet näringsrikt. En del av denna näring transporteras med floder till havet, där den underhåller näringskedjor av vikt för exempelvis fisket. Nederbördens fördelning över tid (t. ex. regnperiod och torrår) och rum (t. ex. de andelar som blir yt-, mark- respektive grundvatten) är av avgörande betydelse för vilka ekosystem som kan utvecklas i givna områden.

Människan ingriper i vattencykeln genom fysisk och kemisk påverkan. Den förra innebär ändring av nederbördens uppdelning genom förändring av växttäckning och mark. Kemiska förändringar uppstår genom utsläpp av ämnen som löses i det cirkulerande vattnet. Utsläpp av gaser i atmosfären (t. ex. NO_x , SO_2) kan leda till att dessa löser sig i vattendroppar, varvid utspädd syra bildas. Manipulation av mark och vegetation kan leda till att överskott av salter (t. ex. nitrat och fosfat) och gifter för bekämpning av skadeinsekter och oönskad växtlighet löser sig och går vidare till grundvatten och vattendrag. Ämnen i avloppsvatten kan transporteras till vattenområden och via floder till havet.

UPPGIFT 10

1. I figur 1 beskrivs olika typer av blandningar. Vilka blandningsprocesser kan du identifiera med hjälp av figur 4 och vilka typer av blandningar ger de upphov till?
2. Blandningens omvändning är separation. Vilka separationsprocesser kan du identifiera med hjälp av figur 4?
3. Vilka spridningsprocesser kan du identifiera med hjälp av figur 4?

NOTER

1. Denna uppgift är konstruerad efter en artikel av Ebenezer & Fraser (2001).
2. Andersson, Kärrqvist, Löfstedt, Oscarsson & Wallin (1999).
3. Hägg (1989, s. 34)
4. Zumdahl, S.S. (1992)
5. Efter Feynman, Leighton & Sands (1963, s. 1-7)
6. Jämför med makroskalan! Om man håller olivolja i en tunn stråle ner i vatten kan man till en början se olivoljedroppar nere i vattnet. Men det dröjer inte länge förrän olivoljedropparna stiger uppåt och olivoljan, som har lägre densitet än vattnet, samlas ovanför vattenytan.
7. Zumdahl, S.S. (1992, s. 756).
8. Prieto, Blanco & Rodriguez (1989).
9. Opublicerad undersökning, Bach & Zetterqvist (1995)
10. Ebenezer, J.V. & Erickson, G.L. (1996).
11. Ebenezer & Fraser (2001).
12. Andersson, Kärrqvist, Löfstedt, Oscarsson & Wallin (1999).
13. Hubendick (1985, s. 35).
14. Falkenmark (1995).
15. Siffrorna är hämtade från Hubendick (1985, s. 35)

REFERENSER

- Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993). *Nationell utvärdering åk 9. Vad kan eleverna om materia?* (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 5). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Bach, F., & Zetterqvist, A. (1995). *Opublicerad undersökning*. Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Kärrqvist, C., Löfstedt, A. Oscarsson, V., & Wallin, A. (1999). *Nationell utvärdering 98 - tema 'Tillståndet i världen'* (NA-SPEKTRUM, nr 21). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för pedagogik och didaktik.
- Ebenezer, J.V. & Erickson, G.L. (1996). Chemistry Students' Conceptions of Solubility: A Phenomenography. *Science Education*, 80 (2), 181-201.
- Ebenezer, J.V., & Fraser, D.M. (2001). First Year Chemical Engineering Student's Conceptions of Energy in Solution Processes: Phenomenographic Categories for Common Knowledge Construction. *Science Education*, 85 (5), 509-535.
- Falkenmark, M. (1995). Vattnets kretslopp - bortglömd nyckel till miljöproblemen. *Det evigt vandrande vattnet. Naturvetenskapliga forskningsrådets årsbok 1995*. Uppsala: Swedish Science Press.
- Feynman, R., Leighton, R. B. & Sands, M. (1963). *The Feynman lectures on physics*. Volume 1. Reading, USA: Addison-Wesley.
- Hubendick, B. (1985). *Människoekologi*. : Gidlund.
- Hägg, G. (1989). *Allmän och oorganisk kemi*. Stockholm: Almqvist & Wiksell

- Jansson, I. (1994). *Gymnasieelevers kunskaper om materia . En pilotstudie angående de teoretiska linjerna i ljuset av nationella resultat från årskurs 9. (Rapport NASPEKTRUM Nr 11)*. Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Prieto, T., Blanco, A. & Rodriguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14-years-old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education*, 11 (4), 451-463.
- Zumdahl, S. S. (1992). *Chemical Principles*. Lexington, Massachusetts, Toronto: D.C. Heath.

Översikt av enheter i projektet NORDLAB-SE
(15 okt 2003)

Naturvetenskapens karaktär

- Elevers och naturvetares tänkande – likheter och skillnader
- System, variabel och kontrollexperiment – tre redskap för vetgirighet
- Grönskande är naturvetenskapliga teorier!

Naturvetenskapens innehåll

- Socker och syre till alla celler – en fråga om logistik
- Livets evolution
- Formativ utvärdering med fotosyntes som exempel
- Genetik

- Jorden som planet i rymden
- Varför har vi årstider?
- Månen, planetsystemet och universum
- Mekanik 1 – Newtons första och andra lag
- Mekanik 2 – Newtons tredje lag
- Temperatur och värme

- Materiens bevarande
- Materiens byggnad
- Materiens faser
- Blandning, lösning och vattnets kretslopp
- Ämnen
- Kemiska reaktioner

Naturvetenskapen i samhället

- Energiflödet genom naturen och samhället
- Växthuseffekten, tekniken och samhället
- Natur och moral – integration eller separation?
- Vad kan man göra med skolkunskaper? Om att sätta in i sammanhang

För korta sammanfattningar av olika enheter se

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html>

Alla enheter kan laddas ner från internet:

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>