

NOBEL
PRIZE
MUSEUM

FORSKAR- HJÄLPEN 2022

.

Läkemedels-
jakten



Innehåll

4	Välkommen till Läkemedelsjakten!
5	Nu är det dags!
7	Uppstartskonferens
8	Vad är Forskarhjälp?
10	Vad är forskning för dig?
11	Viktiga datum och arbetsflöde
12	Globala målen
17	Bakgrund – Läkemedelsjakten
31	Forskningsmetodik
37	Metod – provinsamling och undersökning
45	Nobelpris relaterade till Läkemedelsjakten
48	Bilaga 1 – Fältprotokoll 1
50	Bilaga 1 – Fältprotokoll 2
52	Bilaga 2 – Resultat
54	Bilaga 3 – Analys
55	Kontaktuppgifter

Välkommen till Läkemedelsjakten

Tillsammans ger vi oss ut på jakt efter spindlar och snäckor för att kartlägga om och hur läkemedel sprids från näringsväven i vattnet upp till näringsväven på land.

Vad?

I projektet Läkemedelsjakten behöver forskarna hjälp att studera hur läkemedel rör sig naturen och i näringsvävar – anrikas läkemedel från reningsverken via vattendrag till organismer på land? Eleverna ska samla in spindlar, vattenlevande snäckor och vattenprover vid vattendrag i sitt närområde. De tolkar sedan själva resultaten av analyser som forskarna gjort, delvis enligt givna kriterier, men också med hjälp av egna, kreativa idéer.

Hur?

Forskarna tillhandahåller bakgrund till forskningsuppgiften, anvisningar för insamling, insamlingsprotokoll samt analysprocedur. Valet av provtagningsplats sker delvis enligt givna kriterier och delvis efter elevernas egna idéer. Spindlar, snäckor och vattenprover skickas till forskarna som återkopplar med resultat i form av halter av de fem vanligast förekommande läkemedlen i spindel- respektive vattenproverna från elevgrupperna. Elevernas analys sker med stöd från forskarna, men även efter egna idéer. Läkemedelsinnehållet i snäckorna analyseras senare och presenteras senare av forskarna.

Varför?

Forskarna vill ta reda på i vilken utsträckning läkemedel från mänsklig användning, som sprids via reningsverk ut i vattendrag, hamnar i organismer på land. Vilka är de vanligaste läkemedlen i naturen och i så fall vilka ekologiska effekter skulle vi kunna förvänta oss? Tidigare studier har visat att djurarter som lever i vattendrag kan påverkas av läkemedel som läckt ut, och nu vill forskarna ta reda på mera om även landlevande djur längs vattendrag kan drabbas. Detta är den andra studien i Sverige som behandlar just denna forskningsfråga och med er hjälp kommer vi att öka kunskapen om problemet med läkemedel i naturen. Ni ger oss svaret genom fler spindlar, mer insamling vilket ger oss mer data.

Nu är det dags!

Nobelprismuseets elevprojekt Forskarhjälpens drar nu igång det tolfte delprojektet Läkemedelsjakten.

Arbetsgruppen kring Läkemedelsjakten består av:

- *Tomas Brodin*, professor vid Institutionen för vilt, fisk och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå
- *Erin McCallum*, forskare vid Institutionen för vilt, fisk och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå
- *Pernilla Wittung Stafshede*, professor vid avdelningen för Biologi och bioteknikinstitutionen vid Chalmers tekniska högskola, vetenskapligt sakkunnig i Forskarhjälp.
- *Anna Ålander*, projektledare och pedagogiskt ansvarig för Läkemedelsjakten, Nobelprismuseet
- *Paulina Wittung Åman*, museilektor och pedagogiskt ansvarig för Läkemedelsjakten, Nobelprismuseet.

Projektet innebär i korthet att era klasser ska hjälpa forskarna att kartlägga läkemedelsrester i och omkring vattendrag i ert närområde genom att samla in vattenprover, spindlar och snäckor som skickas direkt till forskarna för kemanalys. När ni fått tillbaka provsvaren får ni hjälpa till att analysera resultaten och formulera tankar kring orsaker och effekter av registrerade läkemedel i naturen. Varje grupp om tre elever tillverkar därefter en vetenskaplig poster där de beskriver sitt arbete, resultat och slutsatser.

Av alla klassens postrar – tio stycken i en klass om 30 elever, så väljer klassen ut en poster som representerar skolan och som får vara med i en postertävling. OBS! Ni får gärna ha flera klasser på samma skola som medverkar i projektet, men tänk då på att ni endast kan skicka in en poster per skola till postertävlingen.

Tre olika jurygrupper kommer att utvärdera de cirka 30 postrarna som tävlar i tre olika kategorier. Kategorierna är:

- *Helhetsperspektiv* där vetenskapligt innehåll, grafisk form samt presentationsteknik beaktas. Denna jury består av tre till fyra populärvetenskapliga journalister. Vinnarna i denna kategori får fyra biljetter till Nobelprisutdelningen 2022 samt 5 000 kr till klasskassan.

- *Vetenskapligt perspektiv.* Denna jury består av forskarna Erin McCallum och Tomas Brodin. Vinnarna i denna kategori får 5 000 kr till klasskassan samt ytterligare ett pris var som meddelas senare.
- *Layout och design.* Denna jury består av Nobelprismuseets grafiska formgivare Richard von Hofsten. Vinnarna i denna kategori får 2 000 kr till klasskassan samt ytterligare ett pris var som meddelas senare.

Därutöver vill vi att alla ni som deltar ska få möjlighet att rösta på den poster ni tycker är bäst. Även här kommer en vinnare koras i kategorin Skolornas pris och vinnarna i denna kategori får 2 000 kr till klasskassan.

Hur förberedelser inför och deltagande i dessa tävlingar sker kommer vi att informera er om i god tid.

Alla postrar som blir resultatet av postertillverkningen men som inte kommer till sluttävlingen, kan ändå uppmärksammas genom utställningar på den egna skolan, eller genom att de visas på den egna skolhemsidan.

Den 9 december kommer det att hållas en avslutskonferens på Nobelprismuseet dit en lärare och tre elever per skola är välkomna. Konferensen kommer att bestå av föreläsningar och resultatrapportering från forskarna samt någon eller några andra inbjudna forskare. Alla postrar som har varit med i poster tävlingen (en per skola) kommer att visas här på museet och eleverna får presentera sin poster kort. Det kommer då att arrangeras en poster-session.

Vi har startat en sluten Facebookgrupp för lärare som heter Läkemedelsjakten – gå gärna med i den! Där är det meningen att ni som lärare ska kunna utbyta erfarenheter med varandra, eller nå oss med frågor och kommentarer.

Forskarhjälpens är finansierad av Stiftelsen för Strategisk Forskning och Formas.

Med hopp om en stimulerande tid i Läkemedelsjakten och än en gång – varmt välkommen!

Anna Ålander
Paulina Wittung Åman
Forskarhjälpens

Uppstartskonferens

22 april – Nobelprismuseet

9.00–10.00	Registrering och morgonfika
10.00–10.15	Välkommen – presentation av Forskarhjälpen, Anna Ålander
10.15–10.55	Marlene Ågerstrand från Department of Environmental Science and Analytical Chemistry (ACES) vid Stockholms universitet berättar om sin forskning kring riskbedömningar av kemikalier som utgör en grund för reglering och lagstiftning. Därefter frågestund.
11.00–11.45	Marmar Nekoro, Kunskapscentrum för läkemedel i miljön, i Uppsala, berättar om sitt arbete kring hantering och spridning av kunskap om läkemedelseffekter i miljön. Därefter frågestund.
11.45–12.00	Erin McCallum och Tomas Brodin inleder med att berätta om bakgrunden till Läkemedelsjakten.
12.00–13.00	Lunch
13.00–15.00	Erin och Tomas berättar om sin forskning och mer ingående bakgrund till Läkemedelsjakten och sätter projektet i en större kontext. Presentation av specifika uppgifter som ska göras på skolorna, data som ska skickas in samt posterarbete. Här ges tid för att utbyta tankar med kollegor som är på plats.
15.00–15.15	Kaffepaus
15.15–16.00	Visning av Nobelprismuseet.
16.00	Något lätt att dricka och äta innan hemgång.

Vad är Forskarhjälpen?

SYFTET MED FORSKARHJÄLPEN är att skolelever själva ska få möjlighet att prova på riktig forskning. Eleverna får en djupare förståelse för vad ett forskningsprojekt kan innebära och forskarna får samtidigt hjälp med sin forskning. Förhoppningen är att vi tillsammans kan bidra med en betydelsefull pusselbit i ett större forskningsprojekt. Forskarhjälpen leds av Nobelprismuseet och är finansierat av Stiftelsen för strategisk forskning samt Formas. För mer information om tidigare Forskarhjälpsprojekt, gå in på nobelprizemuseum.se/skola/forskarhjalpen/tidigare-projekt.

Varför Forskarhjälpen?

Vi är mitt uppe i en tid av förändring. Förändringarna medför i många fall förbättringar, men det innebär även att vi står inför en rad utmaningar. Vad behövs för att vi alla samt kommande generationer ska kunna leva på ett bra sätt i vår värld? Forskning är ett redskap. För att vi ska kunna hitta nya lösningar behövs människor som är kreativa, uthålliga och som älskar att lösa problem! Vi behöver dem som vågar tänka tankar ingen tidigare tänkt, går dit ingen tidigare gått, enträget söker vidare där andra har gett upp, och med fast beslutsamhet står fast vid sin övertygelse. Dessa människor är vår framtids hjältar – Forskarna!

Pernilla Wittung Stafshede är Forskarhjälpens vetenskapliga rådgivare och berättar nedan vad forskning är för henne:

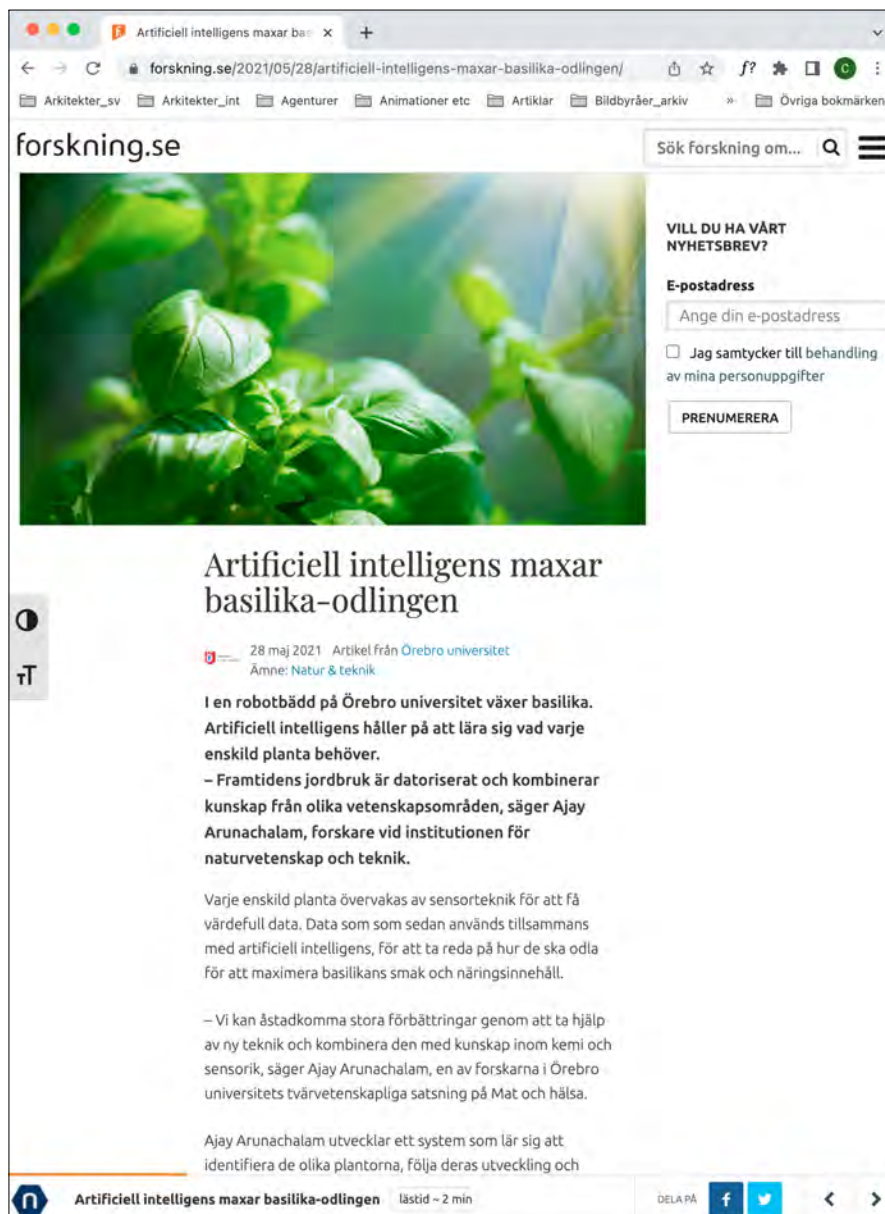
”För mig är forskning att upptäcka nya saker. Forskning bygger på en nyfikenhet att vilja ta reda på mer inom ett ämne. Ofta utan att ha ett specifikt mål i sikte. De flesta upptäckter som gynnat mänskligheten, såsom penicillin, var inte planerade utan en slumpmässig upptäckt. Man vet oftast inte förrän långt efteråt vilka upptäckter som är riktiga genombrott.”

När en forskar gäller det att göra många experiment, testa sina hypoteser, och när de inte stämmer vara öppen för nya förklaringar och sedan hitta på sätt att testa dem. Forskning för mig handlar om att inte ge upp utan att kämpa på tills man hittar ett svar, för att det är spännande och roligt. Det finns många forskare ute i världen och det är lite som ett pussel, vi bidrar alla med små pusselbitar som tillsammans ger en ökad kunskap i världen.

Min forskning handlar om att förstå hur våra proteiner i kroppen fungerar. Hur proteiner veckar ihop sig till sina rätta former som krävs för att fungera samt varför detta ibland går fel och då leder till sjukdomar. Det jag och min forskargrupp gör kallas grundforskning, vi försöker förstå hur saker fungerar i grunden, på molekyläratomär nivå. Men samtidigt hoppas vi att våra upptäckter kommer kunna användas för att bota sjukdomar och/eller förbättra människors liv i framtiden. Och den tanken ger mig extra motivation att forska på just dessa saker.

Vad är forskning för dig?

På forskning.se kan du hitta mer information om vad forskning är. Här kan du också läsa om andra forskningsprojekt inom bland annat artificiell intelligens och förnybar energi.



The screenshot shows a web browser window with the URL forskning.se/2021/05/28/artificiell-intelligens-maxar-basilika-odlingen/. The page features a large image of green basil leaves. The article title is "Artificiell intelligens maxar basilika-odlingen". The byline indicates it was published on 28 maj 2021 by Örebro universitet, under the category "Natur & teknik". The article text discusses how artificial intelligence is used in a robot bed to grow basil, with the goal of maximizing flavor and nutritional value. It mentions researcher Ajay Arunachalam and the university's research in food and health. The page also includes a sidebar with a search bar, a newsletter sign-up form, and social media sharing options.

forskning.se Sök forskning om...

VILL DU HA VÅRT NYHETSREKVISIT?

E-postadress

Ange din e-postadress

☐ Jag samtycker till behandling av mina personuppgifter

PRENUMERERA

Artificiell intelligens maxar basilika-odlingen

28 maj 2021 Artikel från Örebro universitet
Ämne: Natur & teknik

I en robotbädd på Örebro universitet växer basilika. Artificiell intelligens håller på att lära sig vad varje enskild planta behöver.

– Framtidens jordbruk är datoriserat och kombinerar kunskap från olika vetenskapsområden, säger Ajay Arunachalam, forskare vid institutionen för naturvetenskap och teknik.

Varje enskild planta övervakas av sensorteknik för att få värdefull data. Data som sedan används tillsammans med artificiell intelligens, för att ta reda på hur de ska odlas för att maximera basilikans smak och näringsinnehåll.

– Vi kan åstadkomma stora förbättringar genom att ta hjälp av ny teknik och kombinera den med kunskap inom kemi och sensorik, säger Ajay Arunachalam, en av forskarna i Örebro universitetets tvärvetenskapliga satsning på Mat och hälsa.

Ajay Arunachalam utvecklar ett system som lär sig att identifiera de olika plantorna, följa deras utveckling och

Artificiell intelligens maxar basilika-odlingen lästid ~ 2 min

DELA PÅ

Viktiga datum och arbetsflöde

22 april	Uppstartskonferens på plats på Nobelprismuseet.
Maj	Fältarbete. Insamling av data på skolor runtom i landet.
1 juni	Skolor skickar in insamlad data till SLU i Umeå.
Juli–oktober	SLU arbetar med att analysera allt inskickat material.
Augusti– september	Fältarbete. Insamling av data på skolor runtom i landet. Samma procedur, samma datainsamlingsplats som under våren.
14 september	Skolor skickar in höstens insamlade data till SLU i Umeå.
1 oktober	Analyserad data återrapporteras till alla skolor.
Oktober	Posterarbete på skolor.
21 oktober	En poster per skola skickas in till Nobelprismuseet för feedback.
4 november	Reviderad poster skickas in till Nobelprismuseet. Dessa publiceras på Nobelprismuseets hemsida.
November– december	Juryarbete för att utse vinnarpostrar inom de olika kategorierna. Alla skolor går in på Nobelprismuseets hemsida och röstar på den poster de tycker är bäst.
9 december	Avslutningskonferens på Nobelprismuseet. Från varje skola kommer en lärare samt de tre elever som har gjort den poster som fått äran att representera sin skola.
10 december	Vinnare av stora juryns pris får tillsammans med sin lärare gå på Nobelprisutdelningen.

Globala målen

År 2015 enades FN:s medlemsländer om Agenda 2030, en plan för hur vi ska uppnå en hållbar framtid. Agenda 2030 innehåller 17 Globala mål för hållbar utveckling, som i sin tur har 169 delmål. De Globala målen för hållbar utveckling är mätbara med drygt 230 globala indikatorer och ska uppnås till år 2030.

Agenda 2030 är den mest ambitiösa överenskommelse som världens länder enats om vad gäller arbete för en hållbar utveckling. De Globala målen omfattar alla: privatpersoner, näringsliv, regeringar i alla världens länder.

Världens länder har kommit överens om att vi fram till år 2030 ska

- avskaffa extrem fattigdom
- minska ojämlikheter och orättvisor i världen
- främja fred och rättvisa
- lösa klimatkrisen



Figur 1. De 17 Globala målen för hållbar utveckling.

Hållbar utveckling

Hållbar utveckling innebär att vi ska fortsätta utveckla och utvecklas. Det innebär att vi ska leva ett gott liv idag och kommande generationer ska ha samma möjlighet att leva ett gott liv. FN:s definition av hållbar utveckling från 1987 framtagen av Bruntlandkommissionen lyder:

Hållbar utveckling är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov.

Hållbar utveckling innebär att något är hållbart ekologiskt, socialt och ekonomiskt samtidigt.

Den ekologiska hållbarheten berör jordens ekologiska system, här ingår stabila klimatsystem, biologisk mångfald, rent vatten, ren luft. Att det är hållbart ekologiskt innebär att det är miljömässigt hållbart, det kan vara avsaknad av bekämpningsmedel när något odlas, frånvaro av konstbevattning, få eller inga utsläpp av växthusgaser vid odling eller annan produktion.

Social hållbarhet handlar om rättvisa, makt, välbefinnande, individens behov. I ett socialt hållbart samhälle har människor en god hälsa och lever ett gott liv. Att det är socialt hållbart innebär att alla människor i samhället är jämställda och jämlika, människor mår bra och kan nå sin fulla potential.

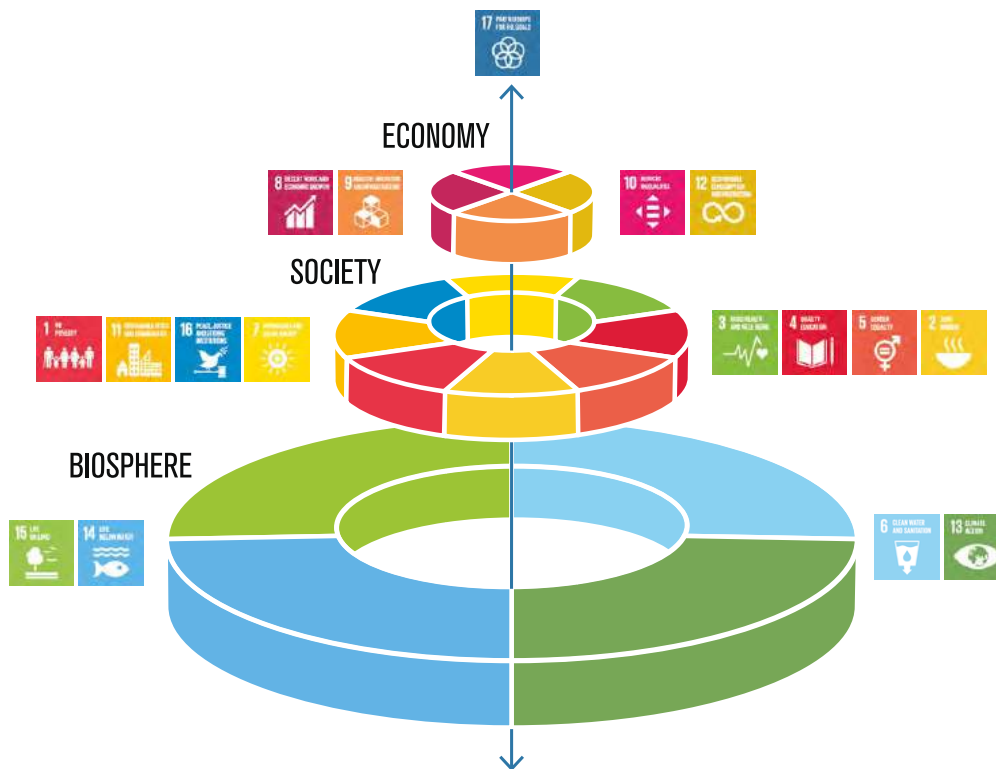
Ekonomisk hållbarhet skiljer sig lite från de två andra dimensionerna då det är en del som vi människor har konstruerat. För att underlätta vår vardag har vi värderat varor och tjänster i ekonomiska termer. Ekonomisk hållbarhet kan ses som ekonomisk utveckling som sker utan att den har negativa konsekvenser på den ekologiska eller sociala hållbarheten. Enligt denna definition kan något som kräver stora oåterkalleliga naturresurser men som ger stor ekonomisk vinst ej ses som ekonomiskt hållbart. Ett exempel är utvinning av råolja för energiförsörjning. Detta kan generera stora summor pengar, men har vid användandet stora negativa konsekvenser på den ekologiska hållbarheten då det har en negativ effekt på klimatet, vilket i sin tur har en negativ effekt på den sociala hållbarheten.

En modell för att illustrera hållbarhetens tre dimensioner är den hierarkiska hållbarhetsmodellen, även kallad "tårtan". Här är den ekologiska hållbarheten basen för allt levande, därefter kommer den sociala hållbarheten och högst upp den ekonomiska. För att vi ska överleva och leva krävs att vi har stabila, resilienta hållbara ekologiska system – både på land och i vatten.

Detta projekt fokuserar på att lära mer om den ekologiska hållbarheten och få fördjupad kunskap och förståelse för hur de olika delarna hänger samman och påverkar varandra. Det Globala mål som har störst fokus är mål 15 – Ekosystem och biologisk mångfald. Det syftar till skydda, återställa

och främja ett hållbart nyttjande av landbaserade ekosystem, hållbart bruka skogar, bekämpa ökenspridning, hejda och vrida tillbaka markförstöringen samt hejda förlusten av biologisk mångfald.

Inom mål 15 finns flera delmål, varav vissa är mer relevanta i detta arbete. Låt gärna eleverna läsa om de Globala målen på globalamalen.se och fundera över vilka mål som är relevanta i detta arbete samt på vilket sätt.



Figur 2. Den hierarkiska hållbarhetsmodellen där de Globala målen är identifierade och integrerade.

ILLUSTRATION: JERKER LOKRANTZ/AZOTE



Bakgrund till Läkemedelsjakten

Forskarna Erin McCallum och Tomas Brodin berättar om sin forskning och vad de vill ha hjälp med.

Läkemedelsjakten vill vi kartlägga läkemedel i näringsväven och fundera på vilka effekter dessa kan ha. Vi behöver hjälp med att fånga spindlar och snäckor samt att ta vattenprover för att sedan leta efter läkemedelsrester i dessa prover. Då kan man ju undra varför vi tycker att det här är viktigt att studera. Varför ska vi studera effekter av läkemedel? Varför i spindlar och snäckor? Hur kommer läkemedlen in i spindlarna och snäckorna? Här tänkte vi försöka förklara hur vi kom på idén och varför vi tycker att det är viktigt att studera.

Vi kommer senare att förklara hur man gör när man forskar men det börjar väldigt enkelt, man har en fundering. En fråga man går och klurar på, varför är himlen blå, varför snöar det? När vi började forska om läkemedel i naturen var vi en grupp forskare som hade samma funderingar, men var för sig. Kan kemikalier från vårt avloppsvatten hamna i djur ute i naturen och hur skulle de kunna påverka djuren? Det som var lite roligt var att vi hade väldigt olika bakgrund och erfarenheter, en var kemist och tänkte på det hela utifrån kemikalier och deras väg ut i miljön och några var ekologer som tänkte mer på hur kemikalier skulle kunna påverka utsatta djur och vad detta skulle kunna ha för konsekvenser för sjöar, älvar och åar. Vi satt var och en för sig på våra rum och funderade på detta, men ensamma hade vi inte tillräcklig kunskap för att kunna komma åt svaret på frågan. Det var först när vi hamnade i samma rum över en kopp kaffe som det började ta fart på riktigt. Vi insåg snart att vi tillsammans, genom att vi var experter på olika viktiga delar inom kemi och ekologi, kunde finna svar på mycket intressantare och svårare frågor än om vi arbetade var och en för sig.

Varför läkemedel?

Läkemedel är kemikalier som betyder mycket för vår hälsa och vårt välmående. Vi kan numera behandla sjukdomar som tidigare varit dödliga och vi kan bota allt från huvudvärk och magsår till vissa former av cancer. Olika läkemedel

verkar på olika sätt men det de har gemensamt är att de är framtagna för att ha en specifik funktion i vår kropp. Man brukar säga att läkemedel är som nycklar och de måltavlor som de verkar på i kroppen är som lås. En viss nyckel passar bara i ett sorts lås och när man "låser upp" så händer något. Låsen i våra kroppar är oftast olika proteiner med specifika funktioner. De är en sorts proteiner som benämns receptorer och har till uppgift att skicka signaler vidare inom celler och mellan celler. Se figur 3 för ett exempel. Det är ofta till dessa receptorer som våra olika läkemedel fäster och en signalöverföring startar alternativt blockerar möjligheten för vidare signalöverföring.

Det som är intressant är att de receptorer som läkemedel är gjorda för att fungera på, inte bara finns i våra kroppar utan även i levande organismer såsom fiskar, insekter och spindlar. Man brukar säga att dessa receptorer är bevarade, genom evolutionen, i olika arter. Detta innebär att även om läkemedel är gjorda för att påverka människor kan de också ha effekt på djur.

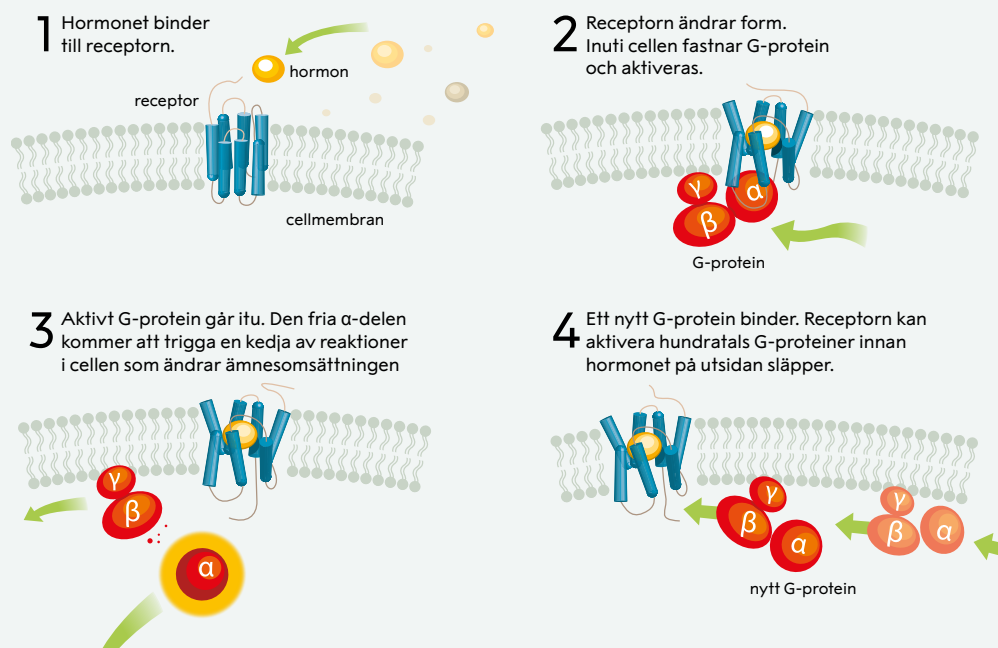
I det här projektet vill vi undersöka vilka sorters läkemedel vi hittar i naturen.

FÖRDJUPNING– RECEPTORER

Receptorer är en sorts proteiner som finns i kroppen som är till för att styra signaler för många olika funktioner i kroppen. Enzymer är en annan sorts proteiner som påskyndar kemiska reaktioner. Alla proteiner är gjorda av aminosyrakedjor som veckar ihop sig till specifika former för att kunna fungera. När vi blir glada, får ont, springer 100 meter eller äter en ostmacka så utsöndras signalämnen och hormoner i kroppen för att anpassa sig till den nya situationen. Det är denna kommunikation som görs av proteinerna som hör till gruppen receptorer.

De flesta receptorer sitter på cellernas yta, inne i cellmembranet och agerar länk mellan insida och utsida, och när signalämnen eller hormoner fastnar i sina speciella receptorer så kan specifika signaler förmedlas in i cellen. Detta kan göra att kroppen till exempel börjar utsöndra mer magsyra för att ta hand om ostmackan, eller att pulsen ökar för att ge benen mer syre när du springer. Receptorerna är alltså proteiner som fungerar som en del av kroppens styrsystem. Poängen med många läkemedel är att just påverka kroppens styrsystem.

Alla organismer har receptorer i sina celler. Många receptorer ser ut och fungerar på liknande sätt, medan andra är artspecifika. Skillnaderna speglar varje arts specifika evolutionshistoria. Eftersom ni kommer att få ta del av vilka läkemedel som finns i era insamlade spindlar så är det bra att ta reda på lite fakta om spindlar som ni kan ha med er i analysen av resultaten som ni får av forskarna – hur spindlarna lever, om de har några speciellt utvecklade sinnen och så vidare. Googla gärna på detta och fyll på er kunskap om spindlarna!



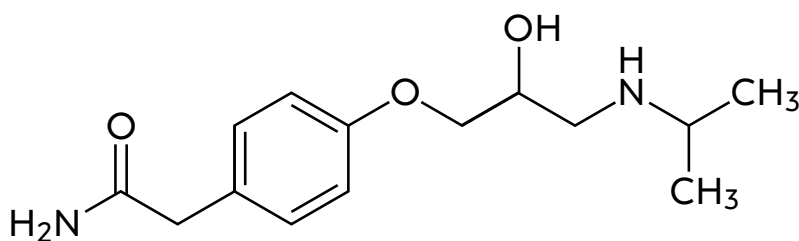
Figur 3. När ett hormon, en doftmolekyl eller en smakmolekyl kopplar till en receptor på cellens yta, triggas en kedja av reaktioner inuti cellen.

© JOHAN JARNESTAD/KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN

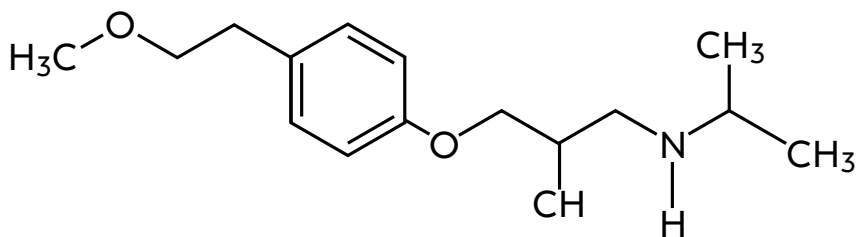
Exempel på läkemedel i vattendrag

Blodtryckssänkande läkemedel

Många människor i Sverige har ett förhöjt blodtryck, vilket är ett folkhälso-
problem som i sig inte är så farligt, men som kan leda till hjärt- kärlsjukdo-
mar såsom hjärtinfarkt om det inte behandlas. Därför försöker man tidigt
behandla högt blodtryck med läkemedel. I Sverige är det många som behand-
las med blodtryckssänkande läkemedel. Bland de vanligaste blodtrycks-
sänkande läkemedlen finns *atenolol* och *metoprolol*. I figur 4 och 5 visas struk-
turformlerna för dessa aktiva substanser. De sänker blodtrycket genom att



Figur 4. Strukturformel för atenolol.



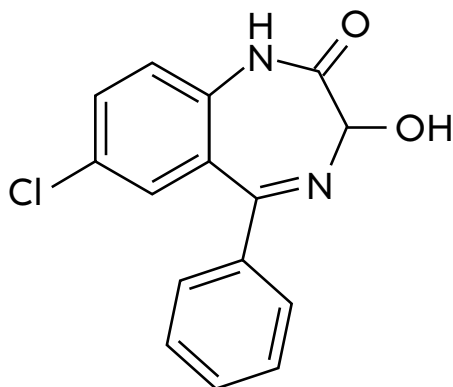
Figur 5. Strukturformel för metoprolol.

sätta sig på betareceptorer i kroppen som är de som höjer blodtrycket. De sätter sig helt enkelt i vägen för kroppens egna molekyler som försöker höja blodtrycket. Lite som att sätta tuggummi i ett lås.

Lugnande läkemedel

Alla människor hamnar någon gång i en situation då de utsätts för mycket stress och ibland kan det bli för mycket. Som tur är finns det då läkemedel som ger lindring vid till exempel panikattacker och svår oro. Dessa läkemedel, exempelvis *oxazepam*, fungerar genom att sätta sig på GABA-receptorer som orsakar vår oro (se figur 6 nedan). De verkar genom att GABA-receptorerna inte längre kan fungera lika bra och därigenom minskar oron.

En sak som är bra med dessa läkemedel är att de fungerar oavsett stressnivå. Vid en ångestattack kan de lugna ner attacken. Är man orolig kan de lugna ner dig till ett "normalläge". Är man lugn kan de till och med fungera som sömnmedel. Dessa typer av lugnande läkemedel kan vara bra vid stora besvär, men är beroendeframkallande och har en del biverkningar.



Figur 6. Strukturformel för oxazepam.

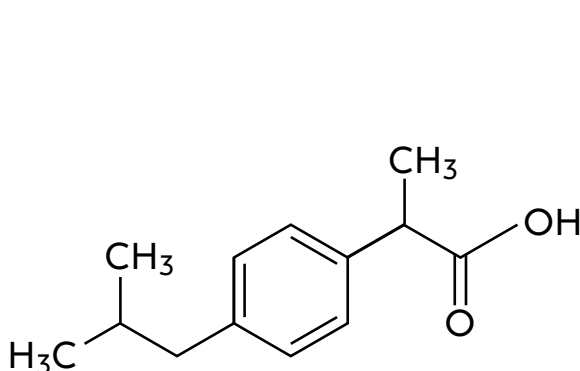
Antibiotika

Det finns flera olika läkemedel som har effekt på bakterier och gör det möjligt att behandla infektioner som för 70 år sedan var livshotande. Antibiotika gör också operationer möjliga eftersom det kan ges i förebyggande syfte. Det finns många olika sorters antibiotika, till exempel *penicillin V* och *tetracyklin*, men alla har det gemensamt att de bara har effekt på bakterieceller och inte på människoceller.

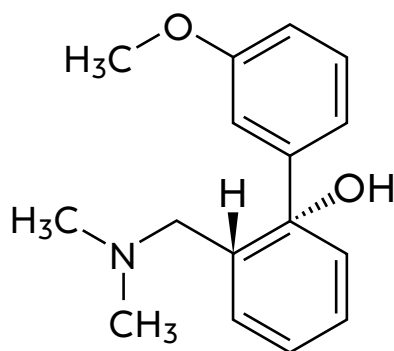
Vi har använt antibiotika under lång tid och förbrukningen har länge ökat. Det har lett till att vissa bakterier har anpassats evolutionärt och utvecklat resistens, det vill säga att de är motståndskraftiga mot antibiotika och läkemedlet fungerar inte längre på dessa bakterier. Detta, tillsammans med klimatförändringar, räknas till dagens största utmaningar för mänskligheten.

Smärtstillande

Det finns många olika smärtstillande läkemedel, allt ifrån milda som finns att köpa på mataffären, exempelvis Ipren och Alvedon, till mycket starka som bara skrivs ut vid extrem smärta, exempelvis Tradolan. Det dessa läkemedel har gemensamt är att de minskar upplevelsen av smärtan, men de gör inget åt själva orsaken. I figur 7 och 8 visas strukturformlerna för de aktiva substanserna *ibuprofen* i Ipren samt *tramadol* i Tradaolan.



Figur 7. Strukturformel för ibuprofen.

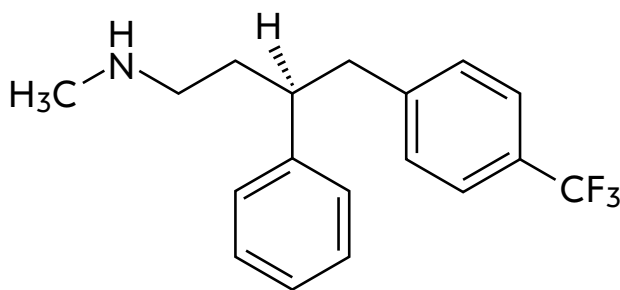


Figur 8: Strukturformel för tramadol.

Läkemedel mot olika psykiska sjukdomar

Det finns många olika sorters psykiska sjukdomar och därför finns det också många olika läkemedel som verkar på olika sätt. Ett exempel är Fluoxetin, figur 9, som är ett antidepressivt läkemedel av typen selektiv serotonin-återupptagshämmare (SSRI). Depressionssjukdomar beror bland annat på brist på olika signalsubstanser i hjärnan, huvudsakligen serotonin. *Fluoxetin* ökar halten av serotonin i hjärnan genom att hämma återupptaget av serotonin i nerverna och stabiliserar därmed obalansen. Det som dessa SSRI har gemensamt är att de försöker återställa balansen hjärnans signalsystem.

Det finns flera andra sorters läkemedel och ni kommer att få en kort beskrivning av de läkemedel ni hittar i era prover.



Figur 9. Strukturformel för fluoxetin.

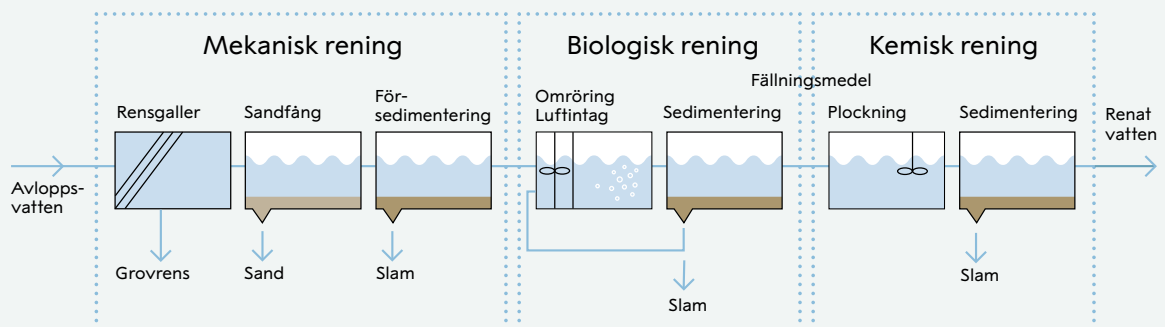
Hur kommer läkemedel in i spindlarna?

Vi får i oss ett stort antal olika kemikalier varje dag. En del finns i maten vi äter, en del i luften vi andas och en del stoppar vi i oss frivilligt som till exempel läkemedel. Dessa kemikalier är nästan aldrig farliga för oss. Det finns många lagar och bestämmelser som är till för att skydda oss och miljön från farliga kemikalier. Dessutom är kroppen bra på att ta hand om främmande kemikalier så att de spolas ut ur våra kroppar. Utsöndringen sker via njurarna och kroppen kan bryta ner vissa kemikalier till mer vattenlösliga ämnen för att påskynda processen att få ut dem ur kroppen.

Det här innebär att alla de kemikalier vi får i oss under en dag (och de vattenlösliga ämnen som kroppen lyckats bilda) kommer att hamna i våra reningsverk, via oss och våra toaletter. I reningsverken kommer blandningen av kemikalier genomgå olika reningssteg och det renade avloppsvattnet släpps sedan ut i olika vattendrag. Reningsverken har dock inte kapacitet för att rena vattnet från alla läkemedelsrester, därför hamnar mycket av det som passerar genom våra kroppar i våra vattendrag.

FÖRDJUPNING – RENING

Här kan ni fördjupa er i rening på olika nivåer, dels exkretion via lever och njurar i människor och djur och dels rening av avloppsvatten och reningsverk. Har ni möjlighet att besöka ett reningsverk brukar detta vara ett bra sätt att öka elevernas intresse och kunskap om de utmaningar vi har gällande rening och utsläpp av läkemedelsrester.



I Sverige renas i stort sett allt vatten som kommer ut från husen i reningsverk. Ett reningsverk har tre sätt att rena vattnet: mekaniskt, kemiskt och biologiskt.

- **Det mekaniska steget** är helt enkelt ett galler som tar bort alla mobiltelefoner och andra större hårda föremål.
- **Det kemiska steget** innebär att man tillför kemikalier som binder fosfor. Det klumpar ihop sig, sjunker till botten och pumpas bort.
- **Det biologiska steget** är baserat på Mikroorganismer som bryter ner material. Samma nedbrytning sker i naturen, men i reningsverk går det mycket snabbare eftersom man blåser in luft i avloppsvattnet, vilket mikroorganismerna gillar. Mikroorganismerna sjunker till botten av bassängen som slam och kan pumpas bort. Kvar blir det renade vattnet som släpps ut i närliggande vattendrag.

I Läkemedelsjakten kommer vi att titta närmare på läkemedel, hur mycket som finns i våra vattendrag och hur de kan hamna i spindlar och snäckor. Vi vet att ju mer läkemedel som säljs desto mer kommer ut i naturen. Vi vet också att de läkemedel som bryts ner i kroppen och i reningsverken finns det mindre rester av i naturen. De läkemedel som kan vara intressanta i Läkemedelsjakten är alltså läkemedel som det säljs mycket av och som inte bryts ner utan rinner ut i våra vattendrag.

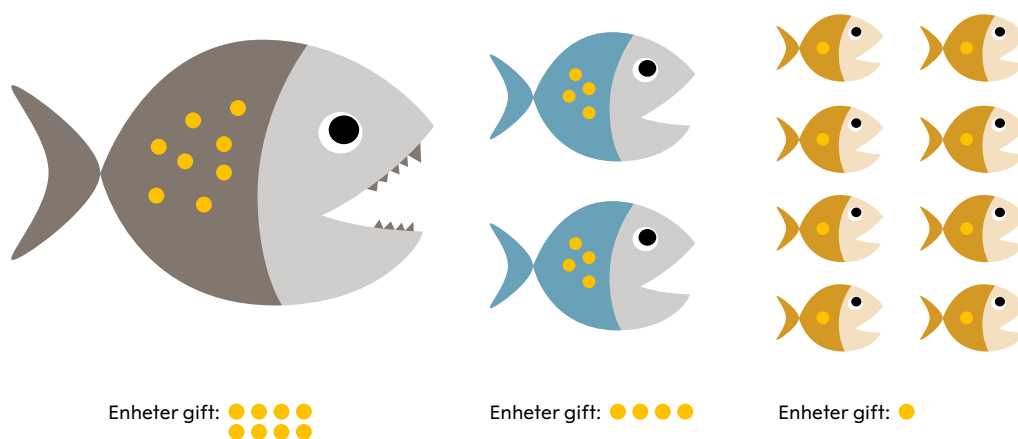
Alla djur och växter som lever i vattendrag som påverkas av avloppsvatten, renat eller inte, lever dygnet runt i en mix av kemikalier och läkemedel. Men det räcker inte att läkemedlen finns i vattnet för att de ska påverka djur, de måste komma in i kroppen hos djuren innan de kan påverka dem.

Fiskar, insekter och vattenlevande snäckor får i sig läkemedel på flera olika sätt. Det viktigaste sättet är vanligen direkt via vattnet, hos fiskar sker detta främst över gälarna. Det finns dock flera andra sätt som läkemedel kan komma in i djuren. Ett vanligt och viktigt sätt är via födan. När ett djur eller en växt tagit upp läkemedel från vattnet och i sin tur äts upp av ett annat djur

fungerar det som en sorts levande tablett med en mix av olika läkemedel. Det kallas bioackumulering när man talar om hur mycket läkemedel djur får i sig via vattnet och maten tillsammans.

På ett enkelt sätt kan man säga att bioackumulering innebär hur mycket mer läkemedel som ett djur har i sig jämfört med koncentrationen av samma läkemedel i vattnet. Till exempel har vi mätt att det finns 0,5 µg/kg av läkemedlet *oxazepam* i Fyrisån som rinner genom Uppsala: Men i abborrar som vi fångat i närheten är koncentrationen av oxazepam så hög som 6 µg/kg. Det betyder att bioackumuleringen av oxazepam i abborre är $6/0,5 = 12$ gånger vattnets koncentration.

Ju högre upp i näringskedjan ett djur befinner sig, desto högre halt av läkemedel kan man förvänta sig att hitta i djuret eftersom större djur äter fler mindre djur som alla innehåller läkemedel. Denna koncentrationsökning av ett ämne högre upp i näringskedjan kallas biomagnifikation, se figur 10. Det betyder att effekterna kan bli större och kan illustreras genom att tänka att de små fiskarna har en enhet gift i sig, men de mellanstora fiskarna som äter fyra små fiskar var, får fyra enheter gift i sig. De mellanstora fiskarna äts sedan upp av den stora fisken som då får i sig åtta enheter gift. Det betyder att de mellanstora fiskarna har fyra gånger så mycket gift i sig som de små fiskarna. Den stora fisken har åtta gånger så mycket gift i sig som de små fiskarna. Det blir alltså mer gift i djuren för varje steg i näringskedjan.



Figur 10. Biomagnifikation

UNDERVISNINGSTIPS

Här kan ni fördjupa er i ekologi och läsa mer om näringskedjor och näringsvävar. Biomagnifikation av ett ämne som till exempel DDT i en näringskedja. I detta sammanhang kan man även införa begreppet trofinivå.

Många insekter lever stora delar av sitt liv som larver eller nymfer i vattnet. När de blivit tillräckligt stora för att kunna fortplanta sig tar sig många upp på land eller på vattenväxter där de genomgår metamorfos (förändring) till vuxen insekt. Dessa insekter flyger sedan in över land och är en mycket viktig födokälla för till exempel fåglar och spindlar.

Eftersom insekterna levt länge i vattnet så kommer de att bära med sig kemikalier och läkemedel som de har ansamlat tidigare under sin livstid. Via bioackumulering kommer dessa kemikalier och läkemedel in i land-ekosystemet och de organismer som finns i dessa näringsvävar. Det är detta som vi tillsammans ska undersöka i denna forskning – äter spindlar mediciner läkemedel?

Vattenlevande snäckor lever hela livet i vattnet och finns det läkemedel i vattnet så borde de därför ha ännu mer läkemedel i kroppen än insekterna som lämnar vattnet. Det är därför intressant att få kunskap om vilka läkemedel som snäckorna innehåller. Med er hjälp kommer vi att ta reda på hur utsatta vattenlevande snäckor är för mediciner.

Hur mäter man halter av läkemedel?

När proverna – vatten, spindlar och snäckor – kommer in till vårt laboratorium i Umeå kommer vi upparbeta proverna, det vill säga vi kommer försöka flytta alla läkemedel från provet till en liten burk med lösningsmedel. Detta kallas extraktion och är baserat på en teori som kallas ”lika löser lika”. Det betyder helt enkelt att ett ämne som är väldigt fett, som till exempel D-vitamin, löser sig bättre i olja än i vatten. Vattenlösliga ämnen, som till exempel C-vitamin, löser hellre i vatten än i olja.

Tänk er följande experiment: vi tar ett glas och häller i lite D-vitamin och lite C-vitamin. Sedan fyller vi på med 1 dl olja och 1 dl vatten och skakar om. Oljan och vattnet kommer inte blanda sig med varandra utan vi får ett glas med vatten i botten och olja upptill. D-vitaminet kommer vara i oljan och C-vitaminet kommer vara i vattnet. Vi kommer alltså att ha delat upp dessa vitaminer baserat på ”lika löser lika”.

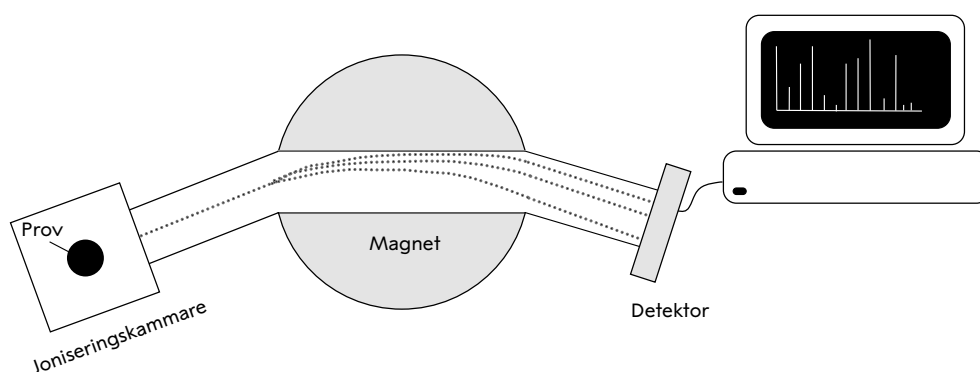
På vårt labb kommer vi att göra motsvarande. Vi erbjuder läkemedlen ett lösningsmedel och de vill hellre vara i det jämfört med vatten och spindlar. Vi kommer alltså få ett renare och starkare extrakt som vi sedan kan analysera i vår maskin. Detta steg är nödvändigt för att kunna göra bra mätningar eftersom läkemedelsnivåerna i spindlarna och vattnet ni skickar är förhållandevis låga. Trots detta kan de uppmätta nivåerna vara farligt höga för spindlarna.

I Läkemedelsjakten kommer vi att använda oss av ett instrument som kallas masspektrometer. En masspektrometer använder sig av olika elektriska fält för att dela upp olika kemikalier baserat på hur mycket de väger. Massan

kan alltså analysera ett prov man skickar in och tala om vilka olika molekylvikter som finns i provet. Det vill säga hur stora molekylerna är och mycket av varje sorts molekyl som finns.

Eftersom det finns enormt många olika molekyler i till exempel en spindel kommer vi att ställa in maskinen på att "sälla" bland storlekarna på molekyler som ska mätas och bara analysera mängden av de molekylvikter vi är intresserade av.

Vi vet hur mycket de olika läkemedlen som kan komma ut i naturen väger och vi har sållat ut cirka 90 stycken storlekar som motsvarar olika läkemedel



Figur 11. Masspektrometer

som vi ska leta efter. Genom att göra lösningar med kända koncentrationer av de olika läkemedlen kan vi kalibrera instrumentet och sedan få ut mängden av de olika läkemedlen från era okända vatten, spindel och snäckprover.

När man vill mäta små mängder av kemikalier så använder man sig av en masspektrometer. Detta instrument gör det möjligt att hitta låga halter av till exempel bly i fiskar, dopingpreparat i blodprover eller bekämpningsmedelsrester i morötter. Man använder denna maskin för att leta efter gifter i förgiftade människor och för att få kontroll på hur mycket läkemedel patienter har i sitt blod under en behandling.

Den är med andra ord en mycket användbar teknik och varje sjukhus har flera stycken sådana här apparater som står och jobbar. Det finns olika sorters masspektrometrar men alla går ut på att accelerera in kemikalier i ett elektriskt fält. Dessa påverkas sen olika av det elektriska fältet och separeras därmed med avseende på storlek.

UNDERVISNINGSTIPS

Här kan ni fördjupa er i separationsmetoder. Demonstrera gärna exemplet ovan med olja och vatten.

Varför spindlar och snäckor?

Anledningen till att vi är intresserade av just spindlar och snäckor är att de är mycket bra på att fånga och äta insekter. De spindlar som spinner nät är dessutom jättebra på att fånga flygande insekter och det är just de flygande insekterna som är länken mellan ekosystem i vatten och på land. Väldigt många flygande insekter lever stora delar av sitt liv i vatten som larv eller nymf. I vattnet exponeras insekterna för de läkemedel som finns där och när de sedan kläcks och blir vuxna, flygande insekter tror vi att de har med sig ett bagage av läkemedel som de djur sedan som äter insekterna får i sig.

Eftersom spindlarna fångar och äter stora mängder flygande insekter så riskerar de att få i sig speciellt mycket läkemedel. Det är därför vi vill ha hjälp av er att samla in spindlar som vi tillsammans kan undersöka vilka läkemedel och hur mycket som flyttas från vattnet till spindlarna på land.

Även vattenlevande snäckor är intressanta eftersom de lever hela sitt liv i vatten som kan innehålla läkemedel. Även deras föda, som till exempel alger, innehåller ofta läkemedel. Detta leder till att snäckorna får i sig läkemedel både från vattnet och födan. Tidigare studie har visat att snäckor som lever i vatten som innehåller avloppsvatten ofta innehåller mycket höga halter av läkemedel.

UNDERVISNINGSTIPS

Fördjupa er inom djurgrupperna

- Leddjur, bestående av undergrupperna insekter, spindeldjur, mångfotningar och kräftdjur.
- Blötdjur, bestående av undergrupperna snäckor, musslor, bläckfiskar.

Ta reda på följande

1. Vad kännetecknar gruppen leddjur respektive blötdjur?
 2. Vad är kännetecknande för de olika undergrupperna?
 - 3a. Låt eleverna rita upp ett släktträd, gärna med evolutionär koppling, över leddjuren respektive blötdjuren.
 - 3b. Ge minst ett exempel på ett djur inom varje undergrupp, rita gärna.
-

Vad kan hända med spindlarna och snäckorna?

Vi har tittat på hur insekter och fiskar kan påverkas av att få i sig läkemedel och man kan säga att de mer eller mindre är som vi. Ofta får de samma effekt av samma läkemedel: blodtryckssänkande sänker blodtrycket, lugnande läkemedel lugnar och så vidare. De får alltså inga dödliga doser i sig utan påverkas bara lite grand.

Även små förändringar kan ha stora effekter. Att bli lite lugnare om man är en liten fisk som alla vill äta upp är inte bra. Vi gjorde en studie där vi tittade på hur fiskar reagerar när de har lugnade läkemedel i vattnet. Resultat var att de blev lugnare och modigare, ägnade mer tid åt att simma runt och äta och mindre tid åt att gömma sig. Dessa beteendeförändringar är bara bra om du inte har en stor och farlig fisk som vill äta upp dig i närheten.

Det kanske inte låter så farligt att läkemedel kan få fiskar och andra djur att ändra sina beteenden. Men man ska komma ihåg att det är viktigt att bete sig "rätt" i naturen eftersom evolutionen verkar både på utseende och beteende. Om djur beter sig rätt leder det till att de kan fånga och äta mat, fortplanta sig och framför allt överleva när det finns rovdjur nära, men om djur beter sig fel, kan de få svälta och i värsta fall bli uppätta.

Läran om djurs beteende kallas etologi. En av de första forskarna inom området var Konrad Lorentz. Han mottog tillsammans med den holländske zoologen Nikolaas Tinbergen och den tyske insektsforskaren Karl von Frisch Nobelpriset i fysiologi eller medicin 1973.

Vår forskning har också visat att olika fiskar påverkas olika mycket av samma koncentration av ett läkemedel i vattnet, vilket gör det hela än mer komplicerat. Vissa fiskarter skulle tjäna på att ha dessa läkemedel i vattnet, de får till exempel lättare att hitta sitt byte, medan andra arter skulle få en lång rad nackdelar.

Vi har också sett att allergiläkemedel påverkar insekters aktivitet. Vi tror att spindlar som utsätts för läkemedel kan påverkas. Steget efter Läkemedelsjakten blir alltså att testa vad de halter vi hittar innebär för spindlarna. Ni får gärna hjälpa oss och tänka på hur man kan testa hur spindlarna kan påverkas av de läkemedel som ni hittade i era spindlar. Ska vi testa om de ändrat sitt beteende, har svårare att springa fort eller några annat?



Forskningsmetodik

Inledning

Skillnaden mellan vardagskunskaper och vetenskapliga kunskaper handlar om graden av systematik när det gäller att förklara och förstå. Inom vetenskapen förklarar vi saker på ett djupare och mer underbyggt sätt än vad vi gör i vardagen. När det gäller förståelsen för vetenskapliga fakta så kräver detta ofta också lite djupare tankearbete än i vardagssituationer. Vetenskapliga metoder handlar i grunden om att observera. I vetenskapliga sammanhang gör vi detta på ett mer genomtänkt och ordnat sätt än i vardagen. Det vi kallar vetenskapliga metoder är redskap som hjälper oss att lösa problem och besvara frågor.

Beroende på vetenskapsfält så ser de vetenskapliga metoderna lite olika ut. Till exempel så skiljer sig metoderna och frågeställningarna mellan å ena sidan den humanistiska och samhällsvetenskapliga forskningen, och å andra sidan den naturvetenskapliga forskningen. Man skiljer på kvantitativa och kvalitativa forskningsmetoder. De kvantitativa metoderna handlar om att göra flera/många mätningar och sedan räkna antal, frekvens och medelvärden, medan de kvalitativa metoderna bygger på att studera, beskriva och analysera enskilda fenomen och händelser.

Eftersom Läkemedelsjaktens forskare är naturvetare så kommer det vara den naturvetenskapliga forskningstraditionen som vi fokuserar på här.

De viktigaste stegen i den vetenskapliga metoden inom naturvetenskapen är att ställa en fråga, sätta upp en hypotes om vad man tror utfallet blir, utforma experiment som testar hypotesen, samla in experimentella data, analysera data och sedan, utifrån de slutsatser man dragit, acceptera eller göra en ny hypotes. Här nedanför försöker vi illustrera och förtydliga hur arbetet i Läkemedelsjakten kopplar till den naturvetenskapliga metoden. Vi använder oss av det pedagogiska och till viss del förenklade processschemat för den vetenskapliga metoden som består av hypotes – experiment – resultat – analys – slutsats. I anslutning till varje steg står dessutom en förklarande text skrivet av Skolverket.

Frågeställning/problem

TOMAS OCH ERIN

När man startar en vetenskaplig studie börjar man med en frågeställning. I Läkemedelsjakten är vår frågeställning om vattenlevande snäckor och spindlar, som lever nära vattendrag, får i sig läkemedel från mänsklig användning? Om det händer, vilka läkemedel är vanligast och vilka ekologiska effekter skulle vi kunna förvänta oss?

För att kunna förstå att det finns en risk att läkemedel i avloppsvatten hamnar i spindlar på land var vi först tvungna att skaffa oss kunskap om läkemedel i vattendrag och dess effekter.

Vi började med att mäta läkemedel i vattendrag, sedan läkemedel i fisk och insekter och vilka effekter det kan få. Först efter det, år 2017 och cirka sex år efter vi började studera ekologiska effekter av läkemedel i miljön, visste vi tillräckligt mycket om ämnet för att kunna formulera den fråga som vi nu ska hjälpas åt med.

- Här beskrivs ett avgränsat problem/frågan man vill ha svar på. Beskrivningen ska vara kortfattad men ändå tillräcklig för att någon som inte vet något om problemet ska kunna förstå. Tänk på att formulera på ett sådant sätt så att det går att diskutera resultatet i slutsatsen. /Skolverket

Formulera en hypotes

TOMAS OCH ERIN

När man kommit på en fråga gäller det att hitta en hypotes. Det är egentligen bara ett annat sätt att ställa frågan, men man skriver den så att man kan testa den.

Vår hypotes är: Vattenlevande snäckor och spindlar som lever nära vattendrag utsätts för läkemedel. Vårt sätt att testa om hypotesen stämmer är alltså att ta hjälp av Forskarhjälpen, samla in, mäta läkemedel i spindlar, snäckor och vatten, för att sedan se om hypotesen stämde eller inte. Om den visar sig vara rätt, det vill säga att vi hittar läkemedel i spindlarna så blir nästa steg att ta reda på vad det här betyder för spindlarna och snäckorna, det vill säga om de påverkas av läkemedlen.

Innan man startar ett projekt så försöker man ta reda på så mycket man kan. Man vill ju inte ägna för mycket tid åt något som sedan inte visar sig vara sant. Men hur förberedd man än är så är det forskning man håller på med och det betyder att man faktiskt inte vet. Innan Läkemedelsjakten så har vi läst på

ordentligt och även gjort en del experiment och studier för att förbereda oss. Vi vet att läkemedel kan ha stor effekt på vilda djur, vi har läst om ett fall i Indien där bönder gav sina kor smärtstillande läkemedel och när korna sedan dog fick gamar äta upp deras kadaver. Det visade sig att gamarna var mycket känsliga för de halter av smärtstillande läkemedel som fanns i kokadavren, så känsliga att de flesta gamarna dog.

Vi har också själva gjort försök där vi sett att läkemedel kan påverka fiskar och insekter, det gäller bara att hitta ett test som testar rätt sak. Vi har också analyserat insekter och spindlar från Australien och hittat höga halter av läkemedel i de organismer som levde i och vid bäckar som var förorenade av avloppsvatten. Vi vet däremot fortfarande relativt lite om hur det ser ut i Sverige, hur spindlarna och vattenproverna skiljer sig åt vad gäller läkemedelsförekomst och hur det kan tänkas påverka spindlarna. Därför vill vi nu göra Läkemedelsjakten tillsammans med er.

- Här beskrivs lite bakgrund till problemet/frågeställningen och motiverar varför ni genomför undersökningen. Sätt undersökningen i ett sammanhang. Berätta gärna om resultat från tidigare forskning. Läsaren får en förklaring till varför området är intressant och hur ni kan bidra till ökad kunskap om det. /Skolverket

Provinsamling

ELEVER – JUNI OCH AUGUSTI

Genom att ta hjälp av elever för att samla in vatten, vattenlevande snäckor och spindlar som lever nära vattendrag i hela Sverige.

Undersökning

TOMAS OCH ERIN – SEPTEMBER

I Umeå undersöks spindlarna, snäckorna och vattnet med vår masspektrometer – en apparat som gör det möjligt för oss att mäta låga halter av läkemedel i olika prover. Med masspektrometern kommer vi leta efter cirka 90 olika läkemedel. Vi kommer alltså använda oss av en kvantitativ metod, där vi mäter hur mycket som finns i våra prover. Metoden är även kvalitativ eftersom vi genom analys kan identifiera vilka läkemedel som finns i de insamlade proverna.

När man gör en vetenskaplig studie är det mycket viktigt att beskriva precis hur man har gjort så att andra kan göra exakt samma sak och jämföra sina resultat med de som vi får ut här. Det är alltså viktigt att ni beskriver var och

hur ni genomförde undersökningen. Beskriv material och mätutrustning. Komplettera gärna med bilder och figurer, till exempel egna bilder från vattendraget och spindelfångsten kan vara jättebra när man ska presentera sin studie. Beskriv också vilka felkällor ni tror finns som kan påverka resultatet.

- Här beskrivs undersökningsmetod. Om det är en kvantitativ och eller kvalitativ metod. Beskriv om ni utfört kontrollförsök. Beskriv vilka felkällor ni kan komma på. Beskriv hur ni genomförde undersökningen. Beskriv material och mätutrustning. Komplettera gärna med bilder och figurer. Om ni gjort enkäter eller intervjuer bifoga dem. /Skolverket

Resultat och analys

TOMAS OCH ERIN – SEPTEMBER (SLUTET)

De fem vanligaste läkemedlen som hittas i spindlarna och vattnet från respektive grupp rapporteras, samt alla resultat från klassen. Snäckorna kommer forskarna att analysera under hösten och sedan redovisa preliminära resultat på slutkonferensen i december.

- Här redovisas mätdata i till exempel tabeller och diagram. Kvalitativ data redovisas genom till exempel lämpliga citat från intervjuer. Har man mycket data kan man välja att redovisa endast det som är relevant för analys och slutsats. /Skolverket

Analys/diskussion av data

ELEVERNA, TOMAS OCH ERIN – OKTOBER

Eleverna och forskarna analyserar/tolkar data och funderar på vilka ekologiska effekter detta kan förväntas få ute i naturen. Viktigt här är att grunda sina funderingar i ekologisk kunskap som redan finns och letar efter referenser (tidigare studier) som stöder de effekter man föreslår.

- Beskriv med ord vad resultatet visar. För en diskussion om resultaten. Här tolkar ni resultaten. Hur stora och relevanta är era felkällor? Behöver man studera frågeställningen vidare? I så fall, hur? Vilken betydelse har era resultat och er slutsats? Diskussionen och frågeställningen är den mest kreativa delen av en vetenskaplig undersökning. /Skolverket

Slutsats

ELEVERNA, TOMAS OCH ERIN

AVSLUTNINGSKONFERENSEN 9 DECEMBER

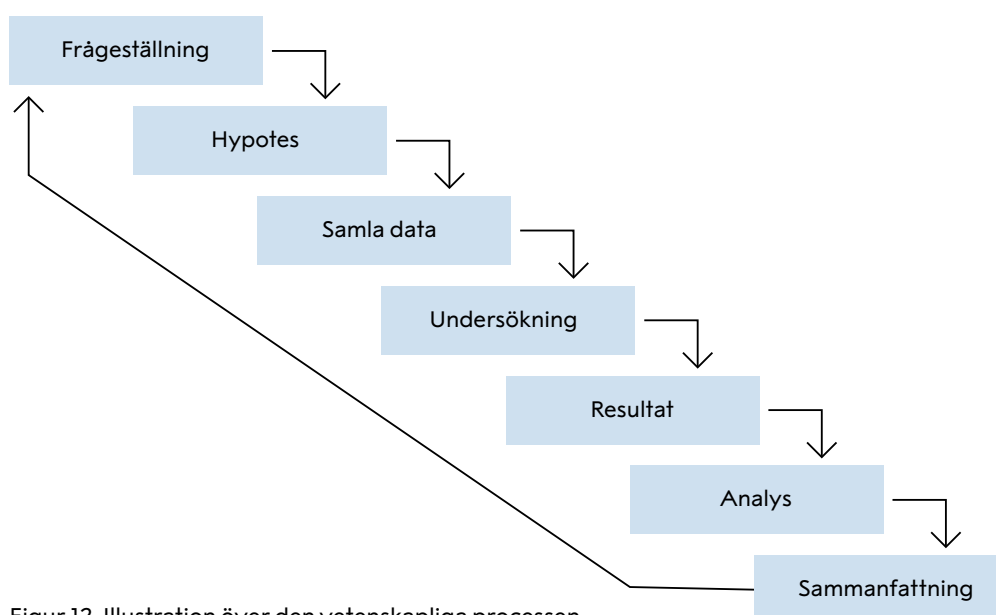
Har analysen gett upphov till nya frågeställningar? Har ni fått idéer på nya undersökningar? Har ni fått tillräckligt med underlag för en vetenskaplig artikel? Har ni fått insikt om ekologiska effekter som vi kan förvänta oss? Hela denna process som ni nu genomfört kan sammanfattas i figur 12 nedan.

- Slutsatsen ska vara kort. Sammanfattning av det ni kom fram till under diskussionen. Tänk på att ni skriver så att den svarar på frågeställningen. Var tydlig med om era slutsatser är tillförlitliga med tanke på era felkällor. Tänk på att man ska kunna läsa inledning och slutsats och få en bild av vad ni har undersökt. /Skolverket

Sprid kunskap

ELEVERNA, TOMAS OCH ERIN

Eleverna marknadsför sina postrar på skolan, på Nobelprismuseet och i olika sociala sammanhang. Pressmeddelande till lokaltidningar, lokalradio som får vara med ute i fält och så vidare. Forskarna skriver en vetenskaplig artikel och presenterar sina resultat i form av en föreläsning eller med hjälp av postrar på konferenser.



Figur 12. Illustration över den vetenskapliga processen.



Metod

– provinsamling och undersökning

Arbetsordning

Bestäm en provtagningsplats per grupp. Grupperna i klassen får med fördel ha olika platser längs samma vattendrag eller ta prover från olika vattendrag. Se tips under rubriken *Plats för vattenprovtagning* på följande sida.

1. Varje grupp tar ett vattenprov och mäter pH-värdet på sin valda plats.
2. Beskriv platsen i fältprotokollet, Bilaga 1 (skriv ut dubbelsidigt).
Beskriv vattendragets bredd, strömmande eller lugnt vatten, bebyggelse, skogs- eller jordbruksmark. Notera koordinaterna i fältprotokollet.
3. Leta och samla in minst tre, gärna fler, vattenlevande snäckor inom 20 meter från vattenprovtagningsplatsen.
4. Leta och samla in minst tre stora spindlar på minst 5 mm (kroppen, exklusive benen) inom 20 meter från vattenprovtagningsplatsen.
5. Frys in proverna så fort som möjligt.
6. Skriv in den data ni samlat in på fältprotokollet i den excelfil er lärare har fått.
7. Skicka proverna till oss helst på en måndag eller tisdag så att proverna inte fastnar på posten över helgen och smälter. Senast 1 juni för vårens prover och senast 12 september för prover insamlade efter sommaren.
8. Börja fundera på och tillverka en poster.

Steg 1–7 ska göras i april eller maj och efter sommaren i augusti eller september. Grupperna får byta provtagningsplats efter sommaren, men måste noga dokumentera koordinaterna i fältprotokollet.

Proverna skickas till:

Erin McCallum

Institutionen för vilt, fisk och miljö

Sveriges lantbruksuniversitet

Skogsmarkgränd 1

901 83 Umeå

Plats för vattenprovtagning

Ett vattendrag kallar man vanligtvis ett rinnande vatten, till exempel en bäck, å eller älv. Har ni möjlighet att ta vattenprovet från ett rinnande vatten så är detta att föredra då nästan alla rinnande vatten är påverkade av avloppsvatten. Detta beror på att de flesta reningsverken släpper ut sitt ”renade” vatten i vattendrag och därför innehåller de läkemedel. Om ni inte har något vattendrag i närheten går det dock lika bra med vatten från en damm eller sjö också. Det finns troligen läkemedel i dessa sjöar också eftersom det vanligen finns ett inlopp till sjön bestående av ett rinnande vatten som innehåller läkemedel.

Tänk på var närmaste reningsverk ligger när ni väljer plats för vattenprovtagningen. Ju närmare nedströms ett reningsverk ni tar era vattenprover desto större sannolikhet är det att hitta höga halter av läkemedel. Att läkemedelshalterna sjunker när vi rör oss nedströms från ett reningsverk kan bero på flera saker. En anledning är att mer vatten rinner in i vattendraget och då späds läkemedlen ut. Att det späds ut betyder att det finns mindre läkemedel per liter vatten, precis som när en späder ut blandsaft så det blir mindre stark saft ju mer vatten man tar.

En annan anledning till att det blir lägre koncentration läkemedel ju längre nedströms från ett reningsverk man kommer kan vara att en del av läkemedlen bryts ner. Att de bryts ner betyder att de förändras kemiskt och oftast förlorar de då den egenskap som de hade som läkemedel, till exempel om det smärtstillande läkemedlet ibuprofen skulle brytas ner så skulle den nya molekylen inte lindra smärta längre. Eftersom det blir en så kallad gradient av läkemedelshalter från ett reningsverk och nedströms kan det ju vara intressant att ta vatten och spindlar från flera platser på olika avstånd från reningsverket.

Man kan då även också undersöka vilka läkemedel som försvinner snabbt och vilka som är stabila och finns kvar i ungefär samma halter oavsett vstånd till reningsverk.

Praktisk vattenprovtagning

Använd er av den förmärkta burk vi skickat till er (1 burk per grupp). När ni kommer till vattendraget där ni ska ta proverna är det viktigt att ni gör två saker innan själva provtagningen:

1. Skriv upp platsens GPS-koordinater i fältprotokollet.
2. Dubbelkolla märkningen på vattenburken och skriv in i fältprotokollet.

Själva provtagningen gör ni så här: öppna locket, skölj ur burken två gånger med vatten från platsen ni ska provta och fyll sedan 2/3. Det är viktigt att ni

fyller burken upp till strecket med vatten. Försök få burken cirka 5–10 cm under vattenytan när ni fyller. Skruva sedan på locket noggrant och håll burken så kall som möjligt till dess att den kan frysas. Det är bra om infrysningen sker så fort som möjligt.

Doppa pH-pappret i vattnet och jämför med färgen på mallen, skriv ner pH-värdet. Mätning av pH ska ske ute i fält.

Smartphone-app med GPS-funktion

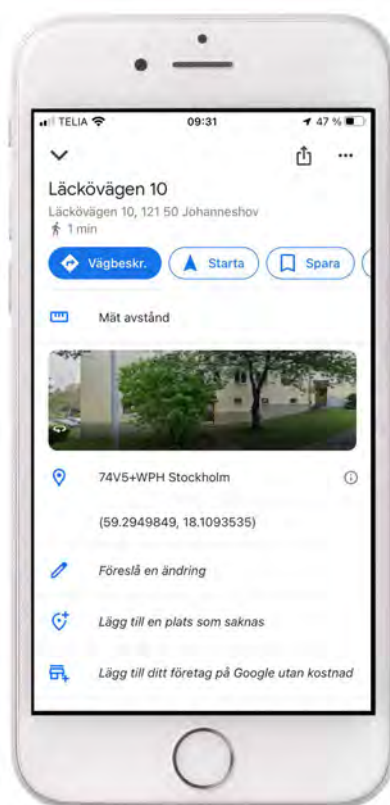
Koordinaterna kan du lätt få med hjälp av en Smartphone-app med GPS-funktion som Google Maps i iPhone.

- Öppna Google Maps och markera din position, tryck försiktigt på markeringsmärket.
- Dra upp panelen som finns under kartan till halva skärmens storlek.
- Dra sedan panelen ända upp så hela kartan täcks, då ser ni platsens koordinater. Här på bilden syns de direkt under fotot (59.2949849, 18.1093535).

På android-telefon:

- Klicka på symbolen för att centrera på var du är.
- Tryck på skärmen på eller nära din plats en kort stund så dyker en platsnål upp.
- Koordinaterna står i sökrutan högst upp.

Ni kan naturligtvis använda er av en vanlig GPS eller en annan telefon-app som anger era koordinater.



Insamling av spindlar och snäckor

När ni tagit vattenprov ska ni samla in spindlar och snäckor i närheten av den plats ni tog vattenprov. Ju närmare vattenlinjen ni hittar spindlarna desto bättre, men det viktigaste är att spindlarna samlas in inom 20 meter från vattenkanten. Kännetecknande för spindlar är att kroppen kan indelas i två delar, framkropp och bakkropp, och att de har åtta ben ordnade i fyra benpar.

På bakkroppen finns spinnvärtor för produktion av silkestrådar, en egenskap som skiljer dem från andra spindeldjur, men dessa syns sällan med blotta ögat. Alla spindlar är intressanta att samla in i denna forskning men allra bäst är det om ni kan samla in nätspinnande spindlar. I Sverige finns inga spindlar som kan vara farliga för människor, eller ens kan bita igenom huden. Ni behöver inte vara rädda för de spindlar ni samlar in. Det finns många olika arter av spindlar och man brukar dela in dem i olika grupper beroende på hur de ser ut och vilken teknik de använder när de jagar. I figur 13 ser ni tre vanliga grupper av spindlar som ni kan hitta under denna studie.

Snäckorna samlar ni in från vattnet. Snäckor förväxlas ofta med sniglar, men ni känner igen en snäcka på det lilla kalkbaserade hus som den kan krypa in i medan snigeln saknar hus.

Figur 13 – spindlar och snäckor



Krabbspindel



Vargspindel



Hjulspindel



Kantskivsnäcka



Stor snytessnäcka



Flodhättesnäcka

Insamlingsmetodik

Hur ni hittar spindlarna spelar egentligen ingen roll. Ni kan till exempel välja att krypa omkring på marken och leta efter spindelnät. Hittar ni ett nät finns spindeln i närheten. Ett annat vanligt sätt att hitta spindlar är att använda en slaghåv. Det är en insektshåv med kraftig ram som man slår fram och tillbaka genom växtligheten som ris och blommor. I håven hamnar då de spindlar som sitter och gömmer sig bland växterna. Det går även bra att använda ett durkslag istället för insektshåv. Om det finns vass, fräken eller starr på den plats i vattendraget ni valt är det bäst att slaghåva i vegetationen för att fånga spindlar som lever bland växterna ute över vattnet.

Snäckor hittar man ofta på bland annat stenar, stockar och grenar under vattnet. De tycker också om att sitta på vattenvegetation som till exempel stammen på vass. Där kryper de runt och äter de alger som växer på allt ifrån vattenväxter till stock och sten. Det brukar därför vara en bra metod att plocka upp stora stenar, stockar eller grenar ur vattnet och titta noga efter snäckor som sitter fast på dessa.

Ett annat bra sätt att samla snäckor är att dra en håv med finmaskigt nät hårt genom vattenväxter och på så sätt skrapa loss snäckorna från växterna så de hamnar i håven. Det går jättebra att samla in snäckorna med händerna då alla snäckor i Sverige är helt ofarliga. Glöm inte att lägga tillbaka stockar och stenar i bäcken igen efter ni letat igenom dem, då de fyller viktiga funktioner i vattendrag.

Det finns många små spindlar och snäckor som väger för lite för att kunna analyseras. Därför vill vi helst att ni samlar in så stora djur som möjligt och helst inga mindre än 5 mm (kroppsstorlek, exklusive ben). Om ni inte hittar några stora spindlar/snäckor, kan ni istället samla in tio små individer.

Viktigt när ni samlat in spindlar eller snäckor

- Placera dem en och en i de små rör (eppendorfrör) som ni fått.
- Skriv upp i fältprotokollet det nummer som står på eppendorfröret ni använde.
- Fyll i protokollet med den information som hör till varje spindel eller snäcka.
- Varje spindel och snäcka ni samlar in får en egen rad i fältprotokollet. Varje grupp har ett eget fältprotokoll.
- Frys in rören så fort ni kommer tillbaka till skolan.
- Skicka in de frysta rören och vattenproverna till forskarna i Umeå. Skicka de helst en måndag så att proverna inte tillåts tina för länge om de fastnar på posten över helgen.

Resultat

Ni får tillbaka analysresultaten för er klass gruppvis från forskarna i Umeå i en Excel-fil. I filen finns två blad som innehåller data. Blad 1 innehåller gruppens läkemedelshalter i vatten och spindlar. Blad 2 innehåller hela klassens sammanlagda resultat. Resultatet för varje grupp kommer att vara de fem läkemedlen med högst halt som hittades i spindlarna, samt motsvarande vattenvärde på de läkemedlen.

Börja med uppgifterna i gruppen, därefter jämför ni i klassen för att sedan jämföra med resultat från andra delar av Sverige.

1. Finns något/några läkemedel i vattnet?

Om det finns ett reningsverk som mynnar ut i ert vattendrag, kan ni se effekten av dess placering? Jämför de halter av läkemedel som grupper på olika avstånd från reningsverket fått, finns det halter som ökar/minskar?

2. Finns något/några läkemedel i spindeln?

Vad kan detta/dessa läkemedel ha för effekt på spindeln? Hittar ni olika halter i olika spindelarter eller i spindlar från olika platser? Hittar ni halter i en spindel och inget i en annan tagen på samma plats, hur kan det bli så?

3. Finns något/några läkemedel både i vattnet och i spindeln?

Räkna då ut bioackumulering för dessa läkemedel. Gör detta först för era halter i ert vattenprov och era spindlar (gruppvis) och därefter kan ni även räkna ut ett medelvärde för ert vattendrag baserat på data från alla grupper som provtog det vattendraget. När ni räknar ut medelbioackumulering för ert vattendrag är det viktigt att ni bara använder värden där ni kunde räkna ut bioackumulering (alltså *inte* nollprover).

- **Bioackumulering i organism = koncentration läkemedel organism ($\mu\text{g/kg}$) dividerat med koncentration ($\mu\text{g/kg}$) läkemedel i vatten.**

Om ni hittar skillnader i bioackumulering av samma läkemedel mellan olika grupper i klassen, fundera kring hur långt från vattnet som spindlarna i varje grupp samlades in och hur det kan påverka?

Hur kan den andel av spindelns mat som kommer från vattnet förändras när vi rör oss bort från vattenbrynet? Hur påverkar det bioackumuleringen i spindeln?

Vad används de läkemedel till som ni hittat? Är de vanliga, ger de bieffekter som kan vara viktiga?

TIPS

Här kan FASS www.fass.se och Wikipedia www.sv.wikipedia.org vara till stor hjälp.

Analys

Här gäller det att vara kreativ.

1. Fundera kring vilka läkemedel som fanns i vatten, men som inte fanns i spindeln, vad kan det bero på?
2. Fundera kring vilka läkemedel som fanns i spindeln, men inte i vattnet. Vad kan det bero på?
pH-värdet kan påverka olika processer, bland annat hur fort läkemedlet bryts ner i vattnet och bioackumuleringen, det vill säga hur mycket av olika läkemedel som går från vatten till djur. Hittar ni halter av läkemedel som skiljer sig åt mellan provtagningarna under vår och sensommar så kan kanske en förklaring vara skillnad i pH.

TIPS

Ta reda på om läkemedlet är en syra eller bas.

Nu behöver vi hjälp att fundera kring hur man skulle kunna testa hur spindlarna påverkas av de läkemedel som ni hittade i era spindlar. Ska vi testa om de ändrat sitt beteende: springer de långsammare eller fortare. Är de mindre rädda, eller andra beteendeförändringar?

1. Vilka effekter kan läkemedlen ha på spindeln?
Ni kan till exempel tänka på hur läkemedlen påverkar en människa. Blir man aktiv eller lugn, hur kan de påverka en spindel och näringsväven den ingår i? Vilket av läkemedlen ni hittat tror ni har störst risk att påverka spindel? Varför tror ni det (mängd läkemedel i spindeln, tydliga effekter på människa med mera)?
2. Gör färdigt postrarna.

TIPS

Se tillbaka på bakgrundsavsnittet och teorin "lika löser lika" och receptorer. Titta på bilder hur spindelnät ser ut efter att spindlarna fått i sig droger.

Sök på "Spider LSD". Titta även på filmen hur en fisk agerar när den utsatts för läkemedel (filmen kommer att finnas på Slack). Fundera på hur det skulle påverka den ute i naturen.

Slutsats

Baserat på ovanstående resultat och analys ska avslutningsvis ett antal egna slutsatser formuleras utifrån materialet som har analyserat.

Vad är det viktigaste ni kommit fram till? Varför är det viktigt?

Ägna gärna lite extra tid till att diskutera dessa frågor i klassen. Ta hjälp av forskarna vid behov.

Nobelpris relaterade till Läkemedelsjakten

Nedan kan du hitta inspiration i ett flertal Nobelpris som alla kan kopplas till Läkemedelsjakten. Flera Nobelpristagare och mer information hittar ni på <http://www.nobelprize.org/>

Nobelpris som påverkar ekosystemen

Nobelpriset i fysiologi eller medicin 1948

Paul Müller

”för hans upptäckt av DDT:s starka verkan som kontaktgift mot ett flertal arthropoder”

Cellkemi – receptorer

Nobelpriset i fysiologi eller medicin 1974

Albert Claude, Christian Duve och George Palade

”för deras upptäckter rörande cellens strukturella och funktionella organisation”

Nobelpriset i fysiologi eller medicin 2000

Arvid Carlsson, Paul Greengard och Eric Kandel

”för deras upptäckter rörande signalöverföring i nervsystemet”

Nobelpriset i fysiologi eller medicin 2001

Leland Hartwell, Tim Hunt och Sir Paul Nurse

”för deras upptäckter rörande kontrollen av cellcykeln”

Nobelpriset i kemi 2012

Robert J. Lefkowitz och Brian K. Kobilka

”för studier av G-proteinkopplade receptorer”

Läkemedel

Nobelpriset i fysiologi eller medicin 1945

Sir Alexander Fleming, Ernst Boris Chain och Sir Howard Walter

”för upptäckten av penicillinet och dess botande verkan vid olika infektionssjukdomar”

Nobelpriset i fysiologi eller medicin 1957

Daniel Bovet

”för hans upptäckter rörande syntetiska medel, som blockera vissa kroppsegna substansers verkan, särskilt på blodkärl och skelettmuskulatur”

Nobelpriset i fysiologi eller medicin 1988

Gertrude Elion, Sir James Black och George Hitchings

”för deras upptäckter av viktiga principer för läkemedelsbehandling”

Analysmetod – masspektroskopi

Nobelpriset i fysik 1906

Sir Joseph John Thomson

”såsom ett erkännande av den stora förtjänst han inlagt genom sina teoretiska och experimentella undersökningar över elektricitetens gång genom gaser”

(Upptäckten av elektronen ledde till den första masspektrometern.)

Nobelpriset i kemi 1922

Francis W. Aston

”för hans medelst masspektrografen gjorda upptäckt av ett stort antal ej radioaktiva grundämnens isotopförhållanden samt av den s.k. heltalslagen”

(Thomson och Aston lade grunden för MS-teori och instrumentdesign, vilket gjorde det möjligt för dem som följde att utveckla instrument som kunde uppfylla kraven hos kemister och biologer.)

Nobelpriset kemi 2002

Koichi Tanaka och John B. Fenn

”för deras utveckling av mjuka desorptionsjonisationsmetoder för masspektrometrisk analys av biologiska makromolekyler”

Etologi

Nobelpriset i fysiologi eller medicin 1973

Karl von Frisch, Konrad Lorenz and Nikolaas Tinbergen

”för deras upptäckter rörande organisation och utlösning av individuella och sociala beteendemönster”



BILAGA 1

Fältprotokoll 1

Skola:

Klass:

Namn:

Datum för provtagning (år/mån/dag):

Provtagningsplats (namn):

Beskriv provtagningsplatsen (vattendragets bredd, strömmande eller lugnt vatten, bebyggelse, skog eller jordbruksmark):

[illegible]

VATTENPROV

Vattenburkens märkning:

Provtagning för vattenprov:.....

pH-värde vatten:

Provtagningsplats (namn):

Några vanliga spindelgrupper:

[illegible]

Fältprotokoll 2

Skola:

Klass:

Namn:

Datum för provtagning (år/månad/dag):

Provtagningsplats (namn):

.....

Tabell för insamling av spindlar och snäckor

Nummer provrör	Koordinat provtagningsplats	Avstånd från vattenprovtagning (meter)	Övrigt (t.ex. snäcka eller spindel, hade spindeln nät etc)



Krabbspindlar: håller frambenen som en krabba och ligger ofta i bakhåll i blommor för att fånga insekter som lockas till dessa.



Kantskivsnäcka.



Vargspindlar: jagar på marken och springer ikapp och kastar sig över bytet.



Stor snytessnäcka.



Hjulsindel.



Flodhättesnäcka.

BILAGA 2

Resultat

Ni har fått data på de fem läkemedlen med högst halt som hittades i vattnet och de fem läkemedel med högst halt som fanns i era spindlar. Dessutom har ni fått data på hur mycket det finns i vattnet av de läkemedel som hittades i spindlarna. Finns något/några läkemedel i vattnet?

Fundera var de kommer ifrån, jämför gärna med andra grupper resultat. Vad används de läkemedel ni hittat till, är de vanliga?

Finns det något/några läkemedel i spindeln?

Vad kan detta/dessa läkemedel ha för effekt på spindeln?

Finns något/några läkemedel både i vattnet och i spindeln?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Räkna ut bioackumulering för dessa läkemedel.

Bioackumulering i organism = koncentration läkemedel i organismen
($\mu\text{g/kg}$) dividerat med koncentration ($\mu\text{g/kg}$) läkemedel i vatten. Det vill säga
10 $\mu\text{g/kg}$ av läkemedlet i organismen och 2 $\mu\text{g/kg}$ läkemedel i vattnet ger
en bioackumulering på $10/2 = 5$. Det innebär att det finns 5 gånger högre
halt av läkemedlet i organismen jämfört med vattnet.

Analys

Här gäller det att tänka kreativt om varför era resultat ser ut som de gör och vad det kan betyda för spindlarna.

- Fundera kring vilka läkemedel som finns i vatten, men som *inte* finns i spindeln, varför är det så?
- Fundera kring vilka läkemedel som finns i spindeln, men *inte* i vattnet. Hur kan det bli så?
- Vilka effekter kan läkemedlen ha på spindeln?
- Ni kan till exempel fundera på hur läkemedlen påverkar en människa. Blir man aktiv eller lugn, hur kan de påverka en spindel och näringsväven den ingår i? Vilket av läkemedlen som ni har hittat tror ni har störst risk att påverka spindel? Varför tror ni det (mängd läkemedel i spindeln, tydliga effekter på människa, med mera)?

Nu behöver vi hjälp att fundera kring hur man skulle kunna testa hur spindlarna påverkas av de läkemedel som ni hittade i era spindlar. Ska vi testa om de ändrat sitt beteende: springer de långsammare eller fortare? Är de mindre rädda eller har andra beteendeförändringar?

- Kan läkemedlet ge biverkningar som kan påverka spindlar?

NOBEL PRIZE MUSEUM I SAMARBETE MED

