**ELEVMATERIALER**

Eleverne fik og vi gennemgik denne moduloversigt over EDP-faser og moduler:

|  |
| --- |
| **Ark 1:** Moduloversigt  **Forstå udfordringen** (modul 1)  I bliver præsenteret for problemstillingen.  I diskuterer den i gruppen og formulerer den med egne ord i logbogen.  **Undersøge** (modul 1)  I diskuterer, hvad I har brug for at vide mere om. I bruger ressourcerummet til at blive klogere på udfordringen og løsningen, og noterer jeres fund i logbogen.  **Få idéer** (modul 2)  I finder idéer, der kan indgå som delelementer i jeres endelige anlægsdesign.  I udvælger sammen de idéer, som I vil prøve at integrere i jeres anlægsdesign.  **Konkretisere** (modul 2)  I laver en foreløbig skitse af jeres anlægsdesign, og hvordan det skal bruges.  I bliver præsenteret for de materialer, der senere vil være tilgængelige i laboratoriet og planlægger i grove træk jeres laboratoriearbejde. Hvad kan I undersøge for at forbedre jeres foreløbige anlægsdesign eller brugsvejledningen til det?  **Forbedre** (modul 3 og modul 4)  I går i laboratoriet og prøver kræfter med udfældning og filtrering af struvit. I begynder evt. at afprøve de ting, I har planlagt.  I planlægger, hvad I vil undersøge i næste modul i laboratoriet.  I går i laboratoriet igen og udfører det planlagte.  I konkluderer på, hvordan I kan bruge jeres resultater fra laboratoriet til at forbedre jeres anlægsdesign eller brugsvejledningen til det.  **Konstruere** (modul 5)  I konstruerer jeres endelige produkt:  En poster, der viser jeres anlægsdesign og forklarer, hvordan det skal bruges. Posteren skal også inddrage resultater fra jeres undersøgelser.  **Præsentere** (modul 6)  I præsenterer jeres løsning for resten af klassen i en fælles poster-session. Vi vurderer i fællesskab jeres løsninger og udbyttet af forløbet. |

Vi brugte en PowerPoint til at etablere relevans og introducere narrativ samt forklare udfordring og produktkrav. Der er billedhenvisninger i notefeltet på hvert slide:

*Power Point-filen ligger på Engineer the Futures hjemmeside (*[*https://engineerthefuture.dk/engineering-i-gymnasiet/engineeringforloeb-til-gymnasiet/*](https://engineerthefuture.dk/engineering-i-gymnasiet/engineeringforloeb-til-gymnasiet/)*), under Struvitforløbet*

Det følgende elevark er ikke afprøvet, men de forbedringer vi vil indføre til næste gang:

|  |
| --- |
| **Ark 2**: Produktkrav  I skal foreslå et design og lave en brugsvejledning til et anlæg, der så effektivt og billigt som muligt kan producere struvit fra opsamlet urin i Indien. Jeres design og brugsvejledning skal forbedres gennem eksperimenter, som I selv planlægger.  Produktet bliver en **poster**, som skal vise:   * Jeres endelige anlægsdesign og hvordan det skal bruges (evt. som en separat brugsvejledning) * Udvalgte resultater fra jeres egne undersøgelser. Resultaterne skal bruges til at fortælle, hvordan I har forbedret jeres løsningsforslag eller til at beregne udbyttet af struvit på jeres anlæg.   I skal præsentere jeres poster for de andre grupper på en posterkonference. |

Eleverne fik dette faktaark med information om udfældningen af struvit:

|  |
| --- |
| **Ark 3:** Struvit  **Reaktionsskema**  Struvit er en tungtopløselig ionforbindelse med formlen MgNH4PO4 **·** 6H2O, magnesium- ammoniumfosfat-vand (1/6). Iongitteret består altså af både magnesiumioner, ammoniumioner og fosfationer, og i gitteret er en bestemt mængde vandmolekyler “fanget” (krystalvand).  Reaktionsskemaet for udfældningen af struvit:  Mg2+(aq) + NH4+(aq) + PO43-(aq) + 6H2O(l) → MgNH4PO4 **·** 6H2O(s)  **Reaktionsforhold**  De tre ioner reagerer (som man kan se i reaktionsskemaet) i forholdet 1:1:1. Man fjerner derfor mest muligt fosfat fra spildevand, hvis der er (mindst) lige så meget ammonium og magnesium til stede, som der er fosfat.  **Effekt af pH-værdi**  Udfældningen af struvit er pH-afhængig, bl.a. fordi koncentrationerne af ammonium og fosfat er pH-afhængig. Der udfældes mest struvit ved basiske pH-værdier mellem 7,5 og 10,5. |

I næste afprøvning vil vi også give eleverne et ark i forbindelse med laboratoriearbejdet.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ark 4**: Laboratorie-tips  **Urinens omtrentlige sammensætning:**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Ion** | **gram (pr. L)** | **mmol (pr. L)** | | Fosfat, PO43- | 1,4 | 15 | | Ammonium, NH4+ | 0,54 | 30 | | Magnesium, Mg2+ | 0,12 | 5 |   Der er altså rigeligt NH4+, men ikke meget Mg2+ i forhold til PO43-. Der er faktisk 3 gange så meget PO43- som Mg2+ (15 mmol/L og 5 mmol/L).  **Hvor meget ekstra Mg2+**?  *Hvis* I vil ramme et forhold på 1:1 mellem PO43- og Mg2+, skal I tilsætte 10 mmol ekstra Mg2+ - *pr. liter*. I kan få Mg2+ fra MgCl2. Det er ikke sikkert, at dette forhold giver det største udbytte.   |  | | --- | | 10 mmol MgCl2 = 0,95 g MgCl2 |   **Filtrering**  Hvis I filtrerer: Husk at veje filteret før og efter filtreringen. Filteret og produktet skal være tørt, før det kan vejes præcist.  **Husk variabelkontrol!**  Undersøg kun effekten af én faktor ad gangen.  ***Husk at notere fremgangsmåde og resultater i jeres logbog*** |

Eleverne fik disse link i et ressourcerum. Artiklerne fra Aktuel Naturvidenskab havde vi arbejdet med tidligere i et andet forløb.

|  |
| --- |
| **Ressourcerum**  Artikel: Den globale fosforudfordring  <https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-5/AN5-2019-phosphor-udfordring.pdf>  Video: Det første minut om fosfors betydning for levende organismer (engelsk)  <https://youtu.be/z8Ca39ImKQQ>  Artikel: Genindvinding af fosfat (som struvit: se s. 3)  <https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-5/AN5-2019-Genindvinding-af-P-spildevand.pdf>  Struvit på Helsingør rensningsanlæg:  <https://www.fh.dk/nyheder/fosforfaeldningsanlaeg-paa-helsingoer-renseanlaeg>  Struvit hos Aarhus vand:  <https://www.energy-supply.dk/article/view/644602/aarhus_vand_har_fuldstaendig_styr_pa_struvitten>  Artikel: Struvit - fra problem til ressource  <https://www.danva.dk/viden/danskvand-temaer/cirkulaer-oekonomi/struvit-fra-problem-til-ressource/>  *Vandselskaber i Aarhus og Herning har etableret anlæg, der sikrer, at en stor del af fosforindholdet i spildevandsslam bliver udvundet og brugt som gødning. Såvel miljøet som vandselskabernes økonomi vil med tiden nyde godt af investeringerne.*  Struvit - bæredygtig gødning - Herning Vand  <https://herningvand.dk/struvit/>  *Hvad er struvit og fosfor? · Struvit er sammensat af fosfor (12,6%), magnesium (10%) og kvælstof (5,6%) · Struvit er af Naturstyrelsen godkendt som gødning i ...*  Artikel: Bæredygtig brug af fosfor:  <https://www.kemifokus.dk/wp-content/uploads/sites/7/DAK4-2016-s18-19.pdf>  *Udfældning af struvit og struvit-K fra spildevand, spildevandsslam og flyveaske kan på sigt gøre Danmark uafhængig af fosforimport*  Rundvisning på Ecosan-toilet i Kenya:  <https://www.youtube.com/watch?v=sRc6VJQrZJY&ab_channel=AblerMedia>  *Ecosan-toiletter adskiller urin og afføring, så begge fraktioner kan anvendes til gødning. I kan antage, at I får jeres urin fra et lignende system.*    Hvordan bruger Ecosan-brugere i Nepal opsamlet urin? Se s. 50-51: <https://www.yumpu.com/en/document/read/28537491/assessment-of-urine-diverting-ecosan-toilets-in-nepal-wateraid>  *Kan de se værdien i det? Er der barrierer for, om de kan bruge opsamlet urin til noget nyttigt?* |