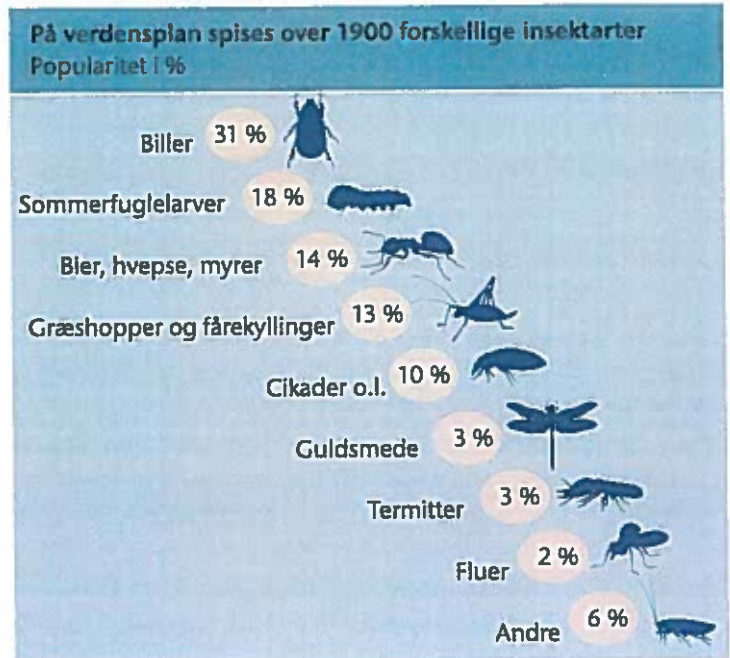


Insekter som kød

I vores del af verden er der ikke tradition for at spise insekter. Det meste kød vi spiser, kommer fra pattedyr, fugle, fisk og krebsdyr. Vores nærmeste slægtning chimpansen supplerer ofte sin plantekost med insekter som myrer, termitter, sommerfuglelarver og bier. Og i verden generelt spiser mennesker som figur 1 viser, gerne insekter.

Figur 1. Oversigt over hvilke insektordener spiselige insekter kommer fra.



Aktivitet 1.1

Opgave: Hvilke dyr har I spist?

Opstil en liste over dyr I har spist/smagt, og inddel i: pattedyr, fugle, fisk, krebsdyr, insekter, bløddyr, andre. Sortér dyrene efter hvor attraktive de er som føde.

1. Hvad kan få jer til at lade insekter fylde mere i kosten?
2. Gennemfør en spørgeskemaundersøgelse på skolen e.l. Vær omhyggelig med spørgemåde og tjek med læreren inden. Resultaterne kan sammenlignes så det kan undersøges, om der er forskelle mellem fx køn, årgange eller uddannelsestyper.
3. Hvad betyder det at en undersøgelse om insektspisning (entomofagi) udføres med naturvidenskabens metode?

Aktivitet 1.2

Matematik: Kødforbrug

Figur 2 viser udviklingen i Danmarks befolkningstal i perioden 2010-2019. Undersøg om udviklingen kan beskrives ved en lineær funktion f med regneforskriften $f(x) = a \cdot x + b$ hvor $f(x)$ er befolkningstallet i år x efter 2010.

1. Antag at den lineære model kan bruges, og at danskerne i gennemsnit spiser 48 kg kød om året. Hvor meget vil deres samlede kødforbrug så stige i perioden 2010 til 2025?
2. Hvor mange procent af danskernes kødforbrug skal være insekter hvis stigningen alene skal dækkes af insekter.

Figur 2. Danmarks befolkningstal 2010-2019.

Årstal									
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
5.534.738	5.560.628	5.580.516	5.602.628	5.627.235	5.659.715	5.707.251	5.748.769	5.781.190	5.806.081
Befolkningstal									

Insekter er dyr og kan derfor betragtes som kød i kostmæssig sammenhæng. Behovet for kød til verdens befolkning er stærkt stigende. Behovet stiger hurtigere end befolkningstallet hvilket skyldes, at kød er blevet billigere at producere og dermed at købe, og at jo bedre levestandarden bliver i en befolkning desto mere kød bliver der købt og spist. Hvis udviklingen fortsætter som hidtil, vil behovet for kød stige med 43 % fra år 2019 og frem til 2050. Kødproduktion er plads- og ressourcekrævende og har negativ indflydelse på klimaet. Der er derfor behov for at finde alternativer, og i fremtiden kan insekter få meget større betydning som føde for mennesker og som fodertilskud til husdyr ift. i dag.

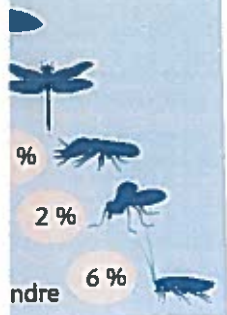
Kapitel 2

Melbillelarver

Melorme er ikke orme, men derimod larver af billearten *melskrubbe*, og de vil derfor her blive kaldt 'melbillelarver'. I hæftet her bruges melbillelarver som model for insekter generelt. Melskrubben hedder også melbille og på latin *Tenebrio molitor*. 'Tenebrio' kan fra latin oversættes til 'den

or at spise insek-
ttedyr, fugle, fisk
himpansen sup-
m myrer, termit-
n generelt spiser
er.

Insektarter



og inddel i: patte-
dyr, andre. Sortér
de.

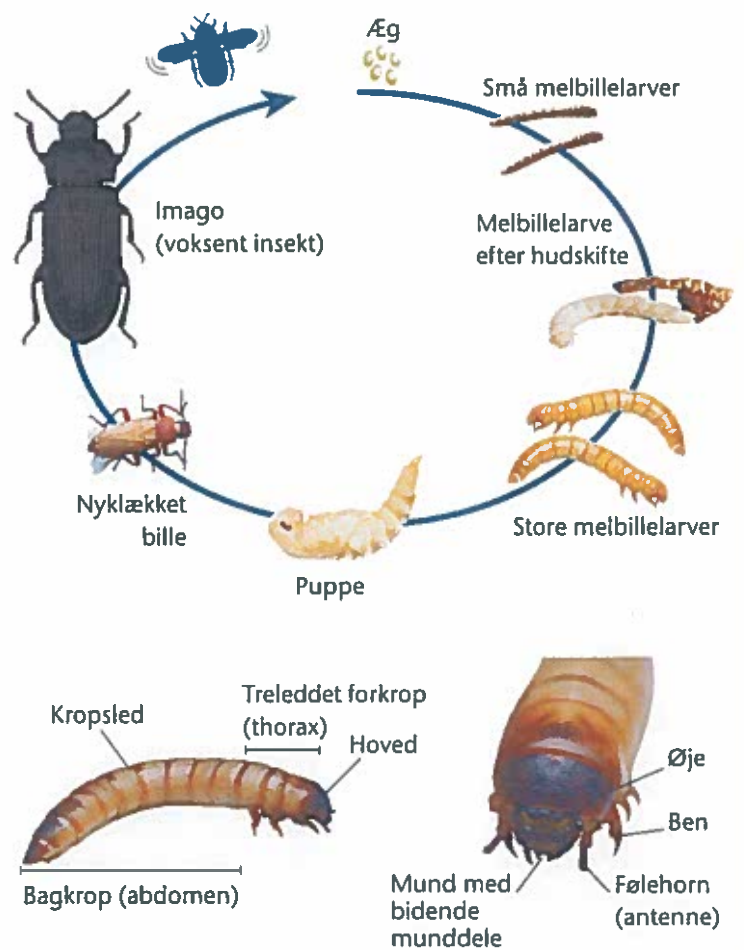
de mere i kosten?
gelse på skolen
e og tjek med
menlignes så det
mellem fx køn,

om insektspis-
irvidenskabens

der skyr lyset' og 'molitor' betyder 'møller'. Det passer med at melbiller kan være skadedyr i mørke mel- og kornlagre. Melbillens livscyklus er vist i figur 3. Den voksne hunbille lægger, efter at være blevet befrugtet af en han, i løbet af sit liv flere hundrede æg. Æggene klækker efter et par uger, og der fremkommer små larver. Melbillelarver er opbygget af celler, og når larven vokser, foregår det først ved at de enkelte celler bliver større. Men når en celle opnår en vis størrelse, bliver transport af stoffer ind og ud af den ineffektiv, og så deles cellen i to – som så vokser og deler sig igen.

Larverne skifter hud et antal gange. Huden er hård og uelastisk, og når larven bliver større, vil den derfor efterhånden ikke mere kunne være i sin hud. Lige efter huden er afkastet, er larven blød, og den kan så vokse i længde og diameter

Figur 3. Melbillers livscyklus og ydre opbygning.



Det passer med l- og kornlagre. oksne hunbille an, i løbet af sit r et par uger, og r er opbygget af ved at de enkel- år en vis størrel- en ineffektiv, og sig igen.

er hård og uela- for efterhånden uden er afkastet, gde og diameter

melbillelarver



billelarve
hudskifte



store melbillelarver



indtil den nye hud også bliver uelastisk. Et af de mest synlige tegn på at larverne vokser, er de mange afstødte huder. Efter omkring 20 hudskifter fremkommer puppen. I puppestadiet sker der en *metamorphose*, dvs. en fuldstændig forvandling, hvorved der dannes en voksen bille der kan flyve ud og parre sig, og cyklus kan så starte forfra. Længden af hele livscyklus vil variere afhængig af omgivelsernes temperatur, men tager 2-3 måneder ved 25 °C.

Undersøgelse: Observation af melbillestadier ✨

Materialer: pincet, petriskål, stereolup e.l., larver af forskellig størrelse, afkastet larvehud, puppe og voksen bille.

Anbring dyrene m.m. i en petriskål og iagttag hvordan de bevæger sig – puppen skal måske have et lille skub med en pincet. Et insekt er karakteriseret ved at have tredelt krop, seks ben og som voksen oftest fire vinger. Biller kendes på at det forreste vingepar er hårde dækvinger, og de har desuden bidende munddele. Find disse træk og andre dele af dyrets anatomi. Sammenlign med figur 3 side 8 som hypotese.

Opgaver: Insekter

Det anslås at der findes ca. 30 mio. arter insekter, og de er på den baggrund den mest succesrige dyregruppe. Opsøg, fx vha. internettet, viden om:

1. Hvor mange insektarter kendes i dag i Danmark?
2. Find eksempler på andre billearter end melbiller.
3. Hvad er forskellen på hemimetabole og holometabole insekter?
4. Hvilke insekter kan findes til salg som fødevarer?
5. Insekter indgår ofte i videnskabelige undersøgelser, og journalen medtager så overvejelser om hvordan de behandles etisk korrekt, men da insekter er hvirvelløse dyr, er der ingen dyrevelfærdslovgivning om dem. Melbillelarver kan, ifølge forsker i insektmad ved Teknologisk Institut Ph.d. Lars-Henrik Lau Heckmann, aflives korrekt ved at nedfryses i kort tid, og de kan så opbevares i fryseren, indtil de skal undersøges. Hvilke andre bioetiske overvejelser kan indgå?

Aktivitet 2.1

Aktivitet 2.2

Sammensætningen af fedt i kosten er også vigtig idet de forskellige typer fedtsyrer har forskellig sundhedsmæssige værdier. Kost af mættet fedt er kædet sammen med forskellige hjertekarsygdomme, mens umættet fedt godt nok giver meget energi, men samtidig også er vigtig som byggesten. Linolsyre og linolensyre kaldes *essentielle* fedtsyrer fordi de ligesom vitaminer, ikke kan dannes af kroppen ud fra andre stoffer, men skal tilføres direkte via kosten. Fisk er en god kilde til linolensyre, og nødder indeholder begge essentielle fedtsyrer. Af de 20 forskellige aminosyrer der bruges til at opbygge kroppens proteiner, er de otte essentielle og for at få alle slags mineraler, vitaminer og essentielle næringsstoffer er det vigtigt at spise varieret.

Menneskekroppen har dagligt behov for mindst 0,8 g protein pr. kg kropsvægt – afhængig af køn, alder og aktivitetsniveau. I en konventionel dansk kost kommer ca. 2/3 af proteinerne fra animalske produkter – dvs. kød (svin, okse, lam, kylling, fisk – i alt ca. 40%), æg (ca. 3%) og mælkeprodukter inkl. ost (ca. 25%). Resten af proteinet indtages via vegetabiliske produkter. Brød og kornprodukter leverer ca. 20%, og frugt, kartofler og grøntsager ca. 8%. Bælgplanter som bønner, ærter o.l. indeholder særligt meget protein.

Aktivitet 5.2

Opgaver: Kødanalyse

Insekter indeholder protein, fedt, fibre og visse mineraler og kan derfor være et kostalternativ og bruges som dyrefoder. Figur 29 viser resultatet af en analyse af næringsstoffer i forskelligt kød.

1. Hvilke af de viste stoffer er byggesten, og hvilke er energigivende næringsstoffer?
2. Hvor meget melbillelarvekød skal der til for at dække et dagligt energibehov på 12.000 kJ? Udregn og sammenlign med én anden kødtype.
3. Beregn jeres daglige proteinbehov og hvor mange gram melbillelarve der skal spises for at dække det.
4. Sammenlign indholdet af umættede fedtsyrer i kødtyperne.

Aktivitet 5.2

5. Beregn den procentvise fordeling af næringsstoffer i de forskellige kødtyper. Sammenlign med det anbefalede.
6. Giv en samlet vurdering af melbillelarver som kød og kostelement.

Indhold pr 100 g	Okse	Kylling	Gris	Melbillelarve
Energiindhold (kJ)	707,1	636,0	778,2	1033,4
Fedt (g)	9,3	7,2	12,4	12,3
Mættet fedt (g)	3,8	1,8	3,5	2,9
Kostfibre (g)	0	0	0	6,6
Na (mg)	60	80	62	53,7
Ca (mg)	6	7	10,5	30
P (mg)	122	178	181	285
Fe (mg)	1,8	0,8	0,9	1,9
C-vitamin (mg)	0	1,1	0	1,2
A-vitamin (mg)	0	0	0	9,6

Figur 29. Næringsstofindhold i forskellige typer kød, inkl. friske melbillelarver.

Opgave: Kostråd

Find vha. Sundhedsstyrelsens hjemmeside de gældende officielle kostråd.

1. Afgør for hvert kostråd hvilken baggrund der er for anbefalingen.
2. Opstil ud fra kostrådene en nutidig madpyramide. I madpyramider er der nederst placeret det kosten mest skal indeholde, og øverst det man bør indtage mindst af. Opsøg og sammenlign evt. med FDB's madpyramide fra 1977.
3. Find, fx vha. internettet, ud af forskelle på vegetarer og veganere. Opstil videnskabelige argumenter for og imod at vælge en 'entovegansk' livsstil, dvs. med en veganerkost suppleret med insekter.

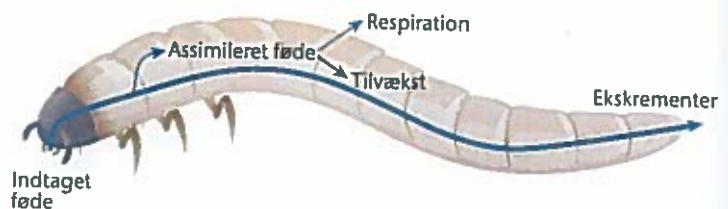
Aktivitet 5.3

den tilgængelige energi til levende organismers livsprocesser. ATP har en kompliceret opbygning, og det dannes ud fra ADP der reagerer med hydrogenphosphat og dermed får sat en ekstra fosfatgruppe på. Når energien i ATP igen frigøres og anvendes til vedligeholdelse og bevægelse, ender den som varme, og respiration fører derfor til sidst til at energien forsvinder fra kroppen som varmeafgivelse til omgivelserne.

Som figur 33 viser, går den del af A der ikke respireres, til tilvækst. Hos fx larver, der netop endnu ikke er voksne, bruges tilvæksten især til opbygning af nyt væv. Mange dyr og planter deponerer desuden energi der så senere kan komme i spil. Et eksempel er havreplantens kerner der lagrer stivelse og olie til nye planter – det er kilden til den energi man optager, når man spiser havregryn. Dyr lagrer oftest fedt som brændstof til de situationer hvor fødemængden er begrænset. Fx lagrer fugle fedtstof inden et langt træk, og melbillelarver lagrer energi til puppestadiet hvor de ikke indtager føde.

Et enzym kan kun binde bestemte substrater, og dyr har ikke selv enzymer der binder cellulose, men de kan som melbiller, have et samliv med bakterier i tarmen der kan nedbryde det. Melbillelarver er generelt mere effektive til at få fat på fødens indholdsstoffer end grise, køer, får og høns. Effektiviteten kan udtrykkes som $\frac{A}{I}$.

Figur 33. Fødens skæbne hos melbillelarver. 'Tilvækst' går til depoter og nyt væv. 'Respiration' dækker over energi der tabes som varme efter at have været anvendt til vedligeholdelse og bevægelse.



Aktivitet 6.1

Undersøgelse: Stivelsesspaltende enzymer

Materialer: Petriskåle med stivelsesagar, sugerør, melbillelarver aflivet ved fx frysning (ikke tørrede), morter med pistil, 0,9% NaCl-opløsning, Iod/Iod-Kalium (IJK), pipetter.

1. Brug sugerøret til at udstikke fire brønde i agaren.
- II. Findel 10-15 melbillelarver i en morter i nogle dråber 0,9% NaCl-opløsning.
- III. Fyld med pipette tre af brøndene i agaren op med væske med de findelte melbillelarver. Fyld den fjerde brønd op med 0,9% NaCl-opløsning.
- IV. Hæld efter et døgn IJK i et tyndt lag ud over agaren i hele petriskålen, og observér.

Skriv en diskussion til undersøgelsen.

Undersøgelse: Melbillelarvers fødeudnyttelse

Opstil en sammenhæng mellem assimileret føde, tilvækst og respiration.

1. Afvej mindst 5 g melbillelarver med to decimaler og notér massen i et skema.
- II. Find og indskriv tilsvarende massen for mindst 10 g havregryn.
- III. Anbring larver og havregryn i en beholder og dæk åbningen med film så fordampningen nedsættes. Prik huller så der kan komme luft ind til larverne.
- IV. Placér for nogle hold beholderen ved stuetemperatur, og placér for andre den i et køleskab.
- V. Fjern efter nogle dage melbillelarver og skiftet hud med pincet, og vej det samlet. Den hud der efterlades efter hudskifte, er også en del af tilvæksten.
- VI. Vej resten af havregrynene samt larvernes ekskrementer samlet.

1. Udregn massen af assimileret føde og derefter hvor effektivt melbillelarverne har omsat den til tilvækst.
2. Hvordan skal fremgangsmåden ændres hvis man vil bestemme massen af indtaget føde?
3. Hvordan kan man få et mål for respirationen ud fra resultaterne?
4. Gennemsnitligt er effektiviteten af dyrs assimilation på 10%. Opstil forslag til hvorfor melbillelarverne ikke kan forventes at bekræfte den hypotese.

Aktivitet 6.2

Ekskrementer





Energi pr. 100 g	
2307 kJ (550 kcal)	
Fedt	37,2 g
- heraf mættet fedt	9,0 g
Carbohydrat	5,4 g
- heraf sukkerarter	0,0 g
Kostfibre	6,5 g
Protein	45,1 g
NaCl	0,37 g

Figur 34. Varedeklaration for et fødevarerprodukt med tørrede melorme.

Melbillelarver som næring

Det deklarerede næringsindhold i et melormeprodukt ses i figur 34. Her kan man se hvor meget energi, fedt, carbohydrate og protein 100 g melbillelarver indeholder. Kostfibre og salt giver ikke energi, og bemærk at 'mættet fedt' og 'sukkerarter' er medregnet i hhv. 'Fedt' og 'Carbohydrat'. 1 g fedt giver 37 kJ, og 1 g carbohydrate eller protein giver 17 kJ.

Fedtstofindholdet i en melbillelarve er typisk 10-45% - afhængig af hvilken føde den har fået. Resultater fra en undersøgelse gengivet i figur 35a, viser at størst fedtindhold fås, hvis larverne fodres med kagemix. Melbillelarvers triglycerider indeholder typisk fire til fem forskellige fedtsyrer med 14-18 carbonatomer. Tre af dem er palmitinsyre, stearinsyre og oliesyre, og som figur 35b viser, er oliesyre den hyppigste, men ved at vælge det rette foder kan man også styre fedtsyresammensætningen. Som ved alt andet liv, indgår fedt i membraner omkring melbillelarvernes celler; men da op til 30-40% af melbillelarvens vægt udgøres af fedt, må det også have betydning som depot.

a

Foder	Tørstof (%)	Total fedt i larvernes tørstof (%). Startværdi: 7,78	Fedt i vådvægt (%)
Referencefoder	31,38	9,92	3,11
Ærtemel	27,54	11,86	3,27
Hvedemel	32,17	26,50	8,53
Små brødkrummer	30,40	30,76	9,35
Rugmel	33,59	31,40	10,55
Risflager	36,44	31,15	11,36
Kagemix	37,71	43,84	16,53

b

Fedtsyreindhold i % (Startværdi)	Referencefoder	Ærtemel	Hvedemel	Rugmel	Risflager
Palmitinsyre (14,14)	18,41	17,50	18,68	20,78	19,32
Stearinsyre (9,02)	8,81	8,20	8,18	8,35	4,99
Oliesyre (26,01)	40,17	52,45	50,72	50,33	44,25
Linolsyre (41,12)	25,06	15,85	16,79	15,28	25,14

Figur 35. Fedtindhold i melbillelarver ved forskellige slags foder: a. I tørstof og i vådvægt. b. Procentvis indhold af bestemte fedtsyrer.

Aktivitet 6.3

Opgaver: Energifordeling i melbillelarver

Se på figur 34. Hvilket energigivende næringsstof forekommer i størst mængde i tørrede melbillelarver?

1. Hvis massen af fedt, carbohydrate, kostfiber, protein og salt i tabellen lægges sammen, fås en værdi under 100 g. Giv forslag til hvilket stof i produktet der ikke er nævnt.
2. I figur 34 er fordelingen af energi på hhv. fedt, carbohydrate og protein ikke angivet. Udregn det vha. et regnearksprogram:
 1. Indret et regneark som figur 36 og indsæt værdierne for energiindholdet pr. g.
 2. Indsæt værdier for masse af hvert næringsstof og beregn hvor meget energi der kommer derfra, så resultatet vises i den rette kolonne.
 3. Udregn den procentiske fordeling af energien for hver af de tre energigivende stoffer og få vist resultatet i den rette kolonne i regnearket.

Hvilket næringsstof bidrager mest til energiindholdet i frysetørrede melbillelarver? Overvej hvordan det vil ændres hvis larverne ikke var tørrede. Hvordan er melbillelarver som næring set ift. en anbefaling om max 30% fedtenergi?

Figur 36. Tabel til undersøgelse af energifordeling.

	Masse (g)	Energiindhold (kJ/g)	Energiindhold (kJ)	Andel af energien (%)
Fedt				
Carbohydrat				
Protein				
I alt				

Undersøgelse: Hvilket foder foder? ★

Design en undersøgelse der kan give data for, hvilket foder der giver de fedeste melbillelarver. Brug figur 35a som hypotese. Præsenter en mundtlig vejledning eller indskriv det i en journalskabelon.

1. Giv mulige forklaringer på fodertypernes indflydelse.
2. Undersøg evt. varedeklarationer for forskellige planteolier og find ud af hvilken der minder mest om melbillelarver mht. fedtsyreindhold og fedtsyrefordeling.

Aktivitet 6.4

ormeprodukt ses energi, fedt, carbohydrateholder. Kostt 'mættet fedt' og Carbohydrat'. 1 g otein giver 17 kJ.

pisk 10-45% - af altater fra en unørst fedtindhold elbillelarvers triskellige fedtsyrer ilmitinsyre, steaer, er oliesyre den der kan man ogved alt andet liv, elarvernes celler; vægt udgøres af ot.

It i vådvægt (%)
3,11
3,27
8,53
9,35
10,55
11,36
16,53

mel	Risflager
78	19,32
85	4,99
83	44,25
28	25,14

ådvægt.