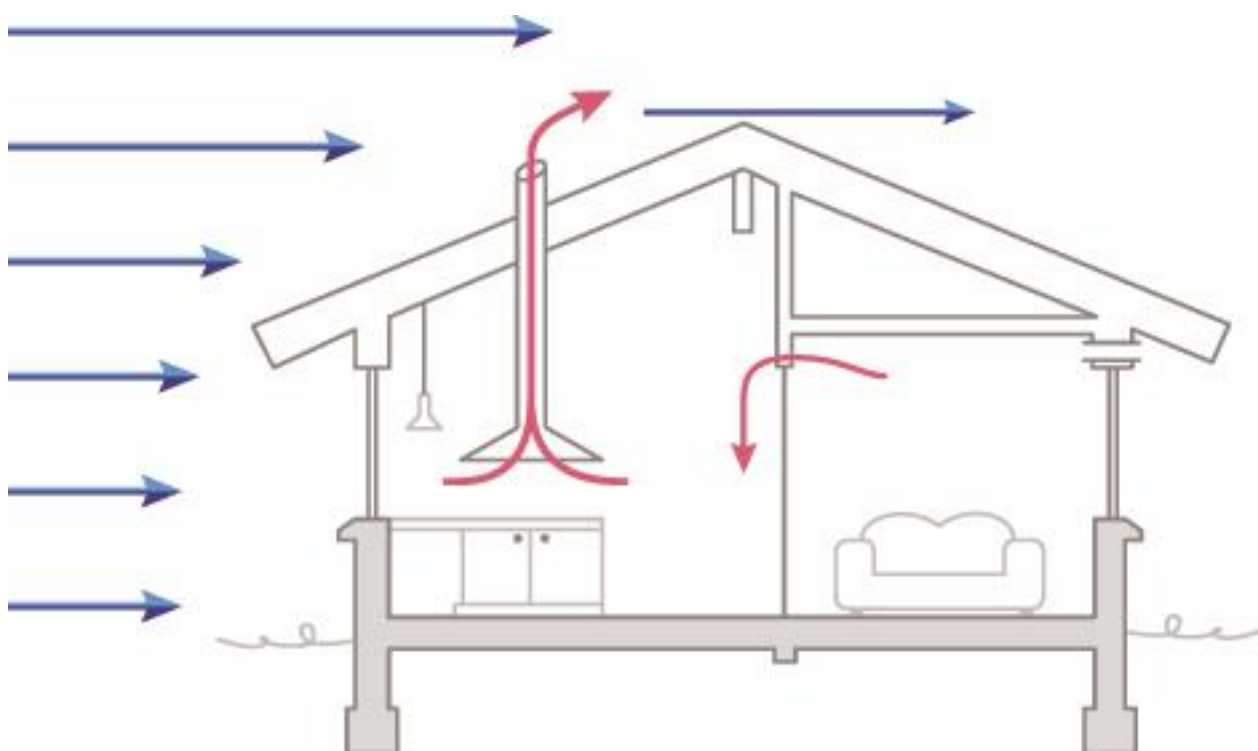


ISOLERING OG FUGTTTRANSPORT I BOLIGEN



ET SKOLEPROJEKT FOR 8-9. KLASSETRIN

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	2
Forord	3
Lærervejledning	3
Modul 1	6
Danmarks energiforsyning.....	7
Isolering som materiale.....	10
Fugt i huse.....	12
Modul 2: Øvelse 1 - Byg et hus	14
Modul 3: Øvelse 2 - Isolér et hus.....	15
Modul 4: Øvelse 3 - Dampspærre i hus.....	16
Modul 5 - Opsamling i klassen	17
Spørgsmål til eleverne.....	18
Elevvejledning.....	20
Energi i Danmark	20
Hvad er isolering?.....	21
Isoleringsmaterialer	22
Vinduer som isolering	22
Udluftning	23
Øvelse 1 - Byg et hus	23
Øvelse 2 - Isolér et hus	24
Øvelse 3 - Dampspærre i hus	27

Forord

Denne temadag sætter fokus på energiforbruget i vores boliger, og er beregnet til fysik/kemi og matematikundervisningen. Der lagt vægt på, at der ikke skal investeres i mange nye instrumenter/materialer.

God fornøjelse!

Skolernes EnergiForum

Lærervejledning

Undervisningsmaterialet er tilegnet 8. og 9. klassesetrin. Eleverne vil efter dette undervisningsforløb, være i stand til at redegøre, for forskellige typer isoleringsmaterialer samt deres anvendelse og eventuelle genanvendelse. Der vil være fokus på fordele og ulemper ved udnyttelse af forskellige energikilder til opvarmning og deraf en vurdering af energikvalitet. De vil desuden have foretaget beregninger i forbindelse med plane og rummelige figurer, samt anvendt geometrien i sammenhæng med andre matematiske emner, herunder størrelsesforhold og målestoksregning. Eleverne bruger deres viden i øvelserne, som fokuserer på at inddrage matematiske begreber som geometri og målestoksforhold i øvelse 1, fysiske begreber som varmeledning og U-værdi behandles i øvelse 2, og i øvelse 3 er der fokus på fugt og tæthed, samt ventilations indvirkning på indeklimaet i boligen.

Der er lagt vægt på, at eleverne selv skal planlægge, gennemføre og evaluere de praktiske øvelser. Øvelserne skal danne baggrund for en diskussion i klassen, om hvordan det er muligt at spare på energien, hvorfor det er vigtigt, og hvordan det er muligt sikre et godt indeklima.

I undervisningsmaterialet er det gennemgående forsøgt at benytte termer og udtryk som i "Boligens opvarmning" af E. Flensted-Jensen m.fl. Heriblandt at anvende forkortelsen varme for varmeenergi.

Ved gennemførelse af øvelserne, skal Arbejdstilsynets regler om "Elevers anvendelse af stoffer og materialer i grundskolen" overholdes. Reglerne er beskrevet i At-meddelelse nr. 4.01.7.

Udgangspunktet er at give svar på følgende spørgsmål:

- Hvordan produceres vores energi?
- Hvorfor skal vi reducere vores energiforbrug?
- Hvor kommer energien fra? Hvordan bruges energien til opvarmning bedst?
- Hvad har betydning for en god isolering af boligen?
- Hvordan undgår vi fugt i boligen?

Fællesmål

Følgende trinmål for faget matematik efter 9. klassetrin berøres

Matematiske kompetencer:

- opstille, afgrænse og løse både rent faglige og anvendelsesorienterede matematiske problemer og vurdere løsninger, bl.a. med henblik på at generalisere resultater (problembehandlingskompetence)
- opstille, behandle, afkode, analysere og forholde sig kritisk til modeller, der gengiver træk fra virkeligheden, bl.a. ved hjælp af regneudtryk, tegning, diagrammer, ligninger, funktioner og formler (modelleringskompetence)
- udtænke, gennemføre, forstå og vurdere mundtlige og skriftlige matematiske ræsonnementer og arbejde med enkle beviser (ræsonnementskompetence)
- forstå og benytte variable og symboler, bl.a. når regler og sammenhænge skal vises, samt oversætte mellem dagligsprog og symbolsprog (symbolbehandlingskompetence)

Matematiske evner:

- benytte grundlæggende geometriske begreber, herunder størrelsesforhold og linjers indbyrdes beliggenhed
- undersøge, beskrive og vurdere sammenhænge mellem tegning (model) og tegnet objekt
- kende og anvende målestoksforhold, lighedannethed og kongruens
- kende og anvende målingsbegrebet, herunder måling og beregning i forbindelse med omkreds, flade og rum

Matematik i anvendelse:

- arbejde med problemstillinger vedrørende dagligdagen, bl.a. i forbindelse med privatøkonomi, bolig og transport
- behandle eksempler på problemstillinger knyttet til den samfundsmæssige udvikling, hvori bl.a. økonomi, teknologi og miljø indgår
- anvende faglige redskaber og begreber, bl.a. procentberegninger, formler og funktioner som værktøj til løsning af praktiske problemer

Matematiske arbejds måder:

- arbejde individuelt og sammen med andre om praktiske og teoretiske problemstillinger, bl.a. i projektorienterede forløb

Følgende trinmål for faget fysik/kemi for 8. klassetrin berøres

Anvendelse af fysik og kemi i hverdag og samfund:

- beskrive og forklare udvalgte eksempler på energioverførsel i hverdagen og teknikken
- give eksempler på, at der ved energiforsyning ofte produceres stoffer og varme, der påvirker miljøet
- kende fordele og ulemper ved udnyttelsen af forskellige energikilder
- beskrive udvalgte produkters og materials fremstilling, anvendelse, genanvendelse eller deponi
- beskrive, hvorledes anvendelse af råstoffer eller materialer kan påvirke ressourceforbrug, miljø og affaldsmængde, herunder kul, plast og træ

Arbejds måder og tankegang:

- planlægge, gennemføre og evaluere praktiske og teoretiske undersøgelser
- benytte udstyr, redskaber og hjælpemidler, der passer til opgaven
- læse og forstå informationer i faglige tekster

Følgende trinmål for 9. klassetrin berøres

Arbejds måder og tankegang:

- læse, forstå og vurdere informationer i både trykte og digitale faglige tekster
- vurdere og anvende informationer med fysisk, kemisk eller teknisk indhold
- benytte fysisk eller kemisk viden, opnået ved teoretisk og praktisk arbejde
- vælge og benytte udstyr, redskaber og hjælpemidler der passer til opgaven, herunder feltudstyr og data-loggere

Følgende slutmål for 9. klassetrin berøres

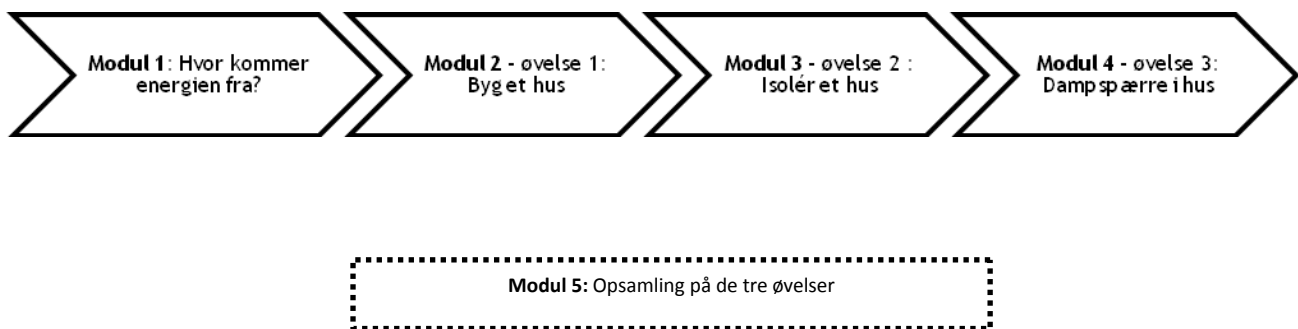
Anvendelse af fysik og kemi i hverdag og samfund:

- beskrive og forklare eksempler på energiomsætninger
- beskrive hverdagslivets teknik og dens betydning for den enkelte og samfundet.

Arbejds måder og tankegang:

- formidle resultatet af arbejdet med fysiske, kemiske og tekniske problemstillinger
- anvende informationsteknologi i forbindelse med informationssøgning, dataopsamling, bearbejdning og formidling

Undervisningen indeholder 5 moduler. Første modul indfører eleverne i, hvor energien kommer fra og hvordan vi bruger den. I andet modul skal eleverne bygge huse af pap og i tredje modul skal de isolere husene. I fjerde modul skal husene bruges til at undersøge isoleringens og dampspærrens betydning for indeklimaet og vigtigheden af ventilation/udluftning i boligen. I sidste modul samles der op på den indhentede erfaring.



Figur 1: Illustration af hvordan temadagen tænkes opbygget

Modulerne er tiltænkt at vare ca. 1½-2 timer pr. modul. Derfor kan temaet med fordel deles over to dage, ligesom I alternativt kan vælge at lade en temadag kun indeholde modul 1 og 3, og dermed bruge eksempelvis en flyttekasse som hus i stedet for at lave modul 2. Til udførelse af opgaverne bør eleverne inddeles i grupper med 3 – maksimalt 4 elever. Det sidste modul er et fælles for hele klassen, hvor dagens erfaringer drøftes og resultater samles op i plenum.

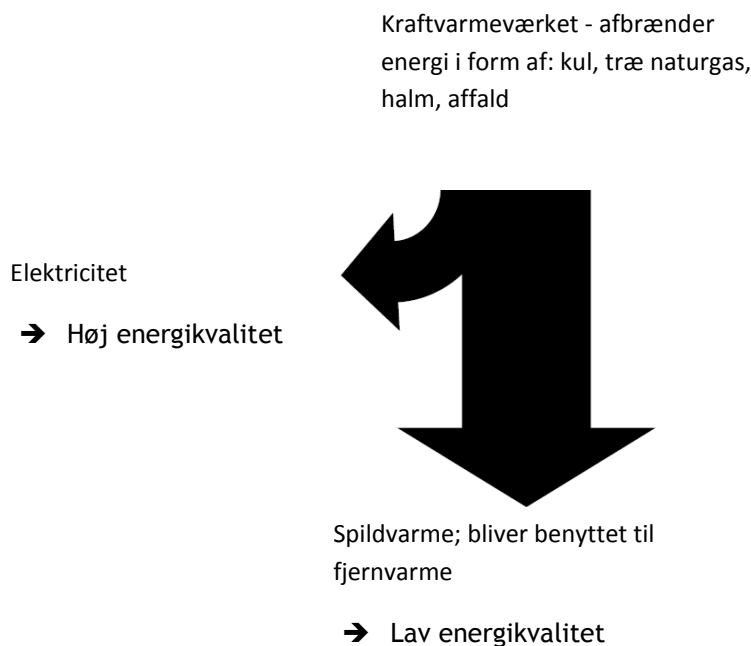
Modul 1

Modul 1 er tænkt som et modul, hvor læreren formidler undervisningsstoffet til eleverne. Dette modul skal give eleverne en fornemmelse af, hvordan vi bruger vores energi og hvor den kommer fra. Der er også eksempler på, hvordan det danske samfunds energiforsyning er bygget op. Nedenfor kan du/I læse hvilke emner, som det tænkes kunne have relevans for eleverne inden de skal i gang med at lave øvelser.

Danmarks energiforsyning

Kraftvarme er i dag den typiske måde, Danmark producerer fjernvarme på. Kraftvarme er en samproduktion af el og varme. Ved produktion af elektricitet opstår en masse spildvarme, som kan udnyttes i fjernvarmenettet. Da det kræver forholdsmeget energi at producere el, kan man sige, at elenergi har en høj energikvalitet. Derudover produceres omkring halvdelen af vores elektricitet ved brug af fossile brændsel, kul. Energifkvaliteten for el regnes i Danmark for at være 2,5 gange så høj, som den energikvalitet, der skal benyttes til opvarmning af boliger! Derfor skal el ikke bruges til opvarmning, da dette kan foretages af andre energikilder som spildvarme (fjernvarme), solvarme, varmepumpe etc., der alle har en betydelig lavere energikvalitet end el.

Produktionen på et kraftvarmewærk er illustreret i figur 2. Som det ses skal der fyres forholdsmeget energi af for at producere en lille del elektricitet.



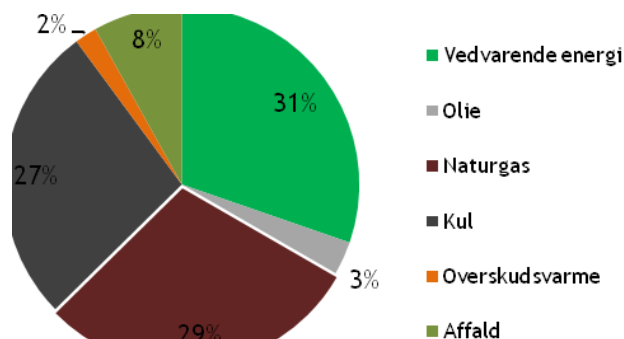
Figur 2: Kraftvarmeproduktion i forsimplet form

Danmark besluttede efter oliekrisen i 70'erne at udbrede kraftvarme, men allerede i 20'erne og 30'erne var teknologien kendt. Beslutningen resulterede i at fjernvarmenettet blev udbygget i 80'erne. Fjernvarmen dækker i dag godt 60 % af varmen i de danske hjem, men det betyder også at der ligger en del huse udenfor

fjernvarmeområder, hvor energikilderne typisk er naturgas (som også bruges til fjernvarmeproduktion), oliefyr, varmepumpe (jordvarme eller luft-luft varmepumper), solvarme eller fastbrændselsfyr. De mest miljøskånsomme af disse varmekilder er varmepumpe, solvarme og fastbrændselsfyr. Varmepumpe og solvarme betragtes som vedvarende energikilder^[1] mens fastbrændslet betegnes som en miljøvenlig energikilde^[2].

De kommende varmeplaner vil sigte imod at nedbringe forbruget af olie og naturgas, da det betragtes som en knap ressource. Dette effektueres ved at udbygge og etablere flere vedvarende energianlæg (vindmøller, solceller, bølgekraft, etc.) samt i fremtiden at udbygge brintsamfundet.

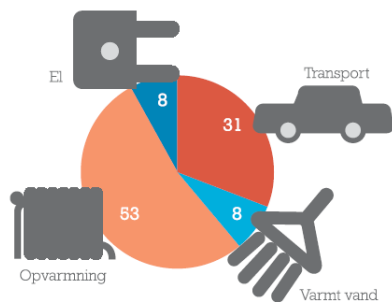
På Energistyrelsens hjemmeside findes en årsstatistik over fordelingen af produktionen på forskellige typer brændsler. Stien er www.ens.dk → 'Tal og kort' → 'Årsstatistik' → 'Energi i Danmark'. Idet der fokuseres på fjernvarmeproduktion, kan det af figur 3 ses, at 31 % er fra vedvarende energi (sol, vind, halm, træ, affald - biologisk nedbrydelig). De øvrige typer brændsler er olie (3 %), naturgas (29 %), kul (27 %), overskudsvarme (2 %) samt affald der ikke er biologisk nedbrydeligt (8 %).



Figur 3: Fordeling af fjernvarmeproduktion i Danmark. Kilde: Energistyrelsen

¹ Solen er kilden til vedvarende energi, da den ikke har begrænsede ressourcer som eksempelvis olie, kul og gas. Solens stråler udnyttes i solvarme og solceller, og faktisk også af vindmøller, da vinden er et resultat af solstråling.

² Halm, træ, m.m. betegnes som CO₂-neutrale og miljøvenlige energikilder, da planter og træer optager lige så meget CO₂ i deres levetid som afgives ved forbrænding.



Figur 4: Det aktuelle energiforbrug i boliger. Kilde: Deutsche Energie-Agentur

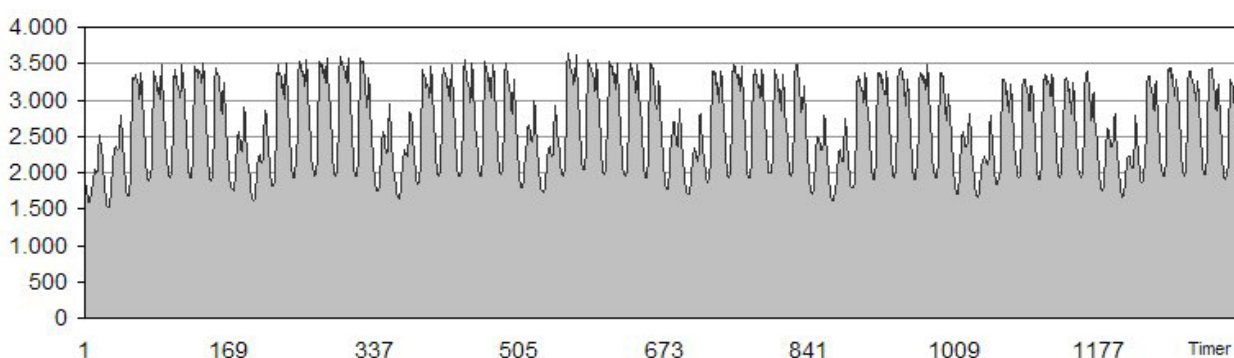
Når der benyttes ikke-vedvarende energikilder – som kul, naturgas og olie – som opvarmningsform på varmeværkerne, belastes miljøet meget på grund af CO₂-udledning. Det er derfor, at Danmark i fremtiden satser på at fjerne de ikke-vedvarende energikilder fra kraftvarmeværkerne. Selvom vores kraftvarmeværker omlægges til at benytte vedvarende energi, er det stadig meget vigtigt, at den enkelte borger er med til at spare på energien. Det er kombinationen af disse to parametre, der er med til at gøre Danmark til et bæredygtigt samfund. Den enkelte borger kan spare på energiforbruget ved blandt meget andet at sørge for at ens hus er godt isoleret.

I hjemmene benytter vi gennemsnitlig næsten 2/3 til opvarmning og varmt brugsvand. Det er derfor meget fornuftigt at tænke over, hvordan vi opvarmer vores huse.

Udover energi til varmeproduktion, benytter vi i Danmark også energi til mange andre formål; primært transport og elproduktion. I husholdninger udgør transporten lidt under 1/3 af forbruget. Når vi bruger bilen udleder vi uforholdsmæssigt meget CO₂, derfor bygger fremtidens transportsektor på udnyttelse af vindenergien til eldrevne biler. Bilerne kan lades op om natten, hvor vi ikke udnytter al den el som vindmøllerne producerer.

Danskernes el-vaner er meget forudsigelige. På figur 5 nedenfor kan man se elforbruget over de første 8 uger i et år. Det viser meget tydeligt, at samfundet i weekenderne ikke bruger så meget strøm, hvilket især skyldes, at mange virksomheder er lukket. Hverdage har en spids hver morgen, hvor vi alle står op, tænder lyset og nogle tænder også for ovnen eller brødristeren, andre bruger føntørre eller krøllejern. I løbet af dagen er vi på arbejde, hvor især produktionsvirksomheder bruger meget strøm. Om aftenen er der igen en spids, når vi alle skal til at lave aftensmad, vaske/tørre tøj etc. Henover natten er der stadig et elforbrug som dækker eksempelvis køleskabe og frydere samt alt vores standby-forbrug. Der findes også en del virksomheder og produktioner som kører hele døgnet.

Figur 5: Elforbruget for de første 8 uger i Danmark. Kilde: Kim Behnke - EnergiNet



Hvis man skal forestille sig, hvordan energiforbruget for en ideel familie vil se ud om nogle få årtier, kan det være således:

- Velisoleret hus med kontrolleret ventilation
- Varme fra kraftvarmeværket, der producerer energi fra halm, træ eller affald. Alternativt opvarmet af varmepumpe drevet af solceller og solvarme. På længere sigt kan det tænkes, at brint benyttes til opvarmning.
- El-biler der får strømmen fra vindmøller
- Energieffektiv belysning
- Energieffektive elektriske installationer (køleskab, fryser, PC, TV, etc.)

Isolering som materiale

Når det er koldt udenfor tager man en jakke på for ikke at fryse. Jakken kan være fyldt med dun. Imellem dunene er der luft. Det er den stillestående luft mellem dunene der isolerer, og gør os i stand til at holde på varmen. Stillestående luft har en meget lille varmeledningsevne. Varmeledningsevnen fortæller noget om materialets evne til at lede varmen og dermed også dets isoleringsevne. Træ har en varmeledningsevne der er ca. 10 gange så stor som stillestående luft, og isolerer derfor 10 gange dårligere.

Huse isoleres for at holde på varmen og dermed spare på energien. En effektiv isolering kan derfor med fordel indeholde mange, meget små stillestående luftlommer, dette kan sikres ved at have en tyk isolering. Dette er grunden til at man ikke må klemme isoleringen 'flad', da det vil forringe isoleringsevnen. Udvikling af pladsbesparende effektiv isolering er forholdsmæssig dyr og mange nye teknologier er på vej. Disse kan bruges hvor almindeligt materiale af forskellige årsager ikke kan bruges.

Der findes i dag mange forskellige isoleringstyper – mest almindelig er mineraluld (glas- og stenuld). Derudover isoleres der i Danmark med papiruld, træfiber og polystyren (flamingo). I figur 6 kan du se en beskrivelse af de forskellige materialer. De nævnte isoleringsmaterialer isolerer næsten lige godt og det er derfor ikke det, der er det afgørende når man skal vælge imellem de forskellige typer isoleringsmateriale. Papiruld er fremstillet af gamle aviser, dette gør det til et miljøvenligt materiale. Det skal dog deponeres, da det indeholder nogle brandhæmmende stoffer. Træfiber er derimod helt biologisk nedbrydeligt.

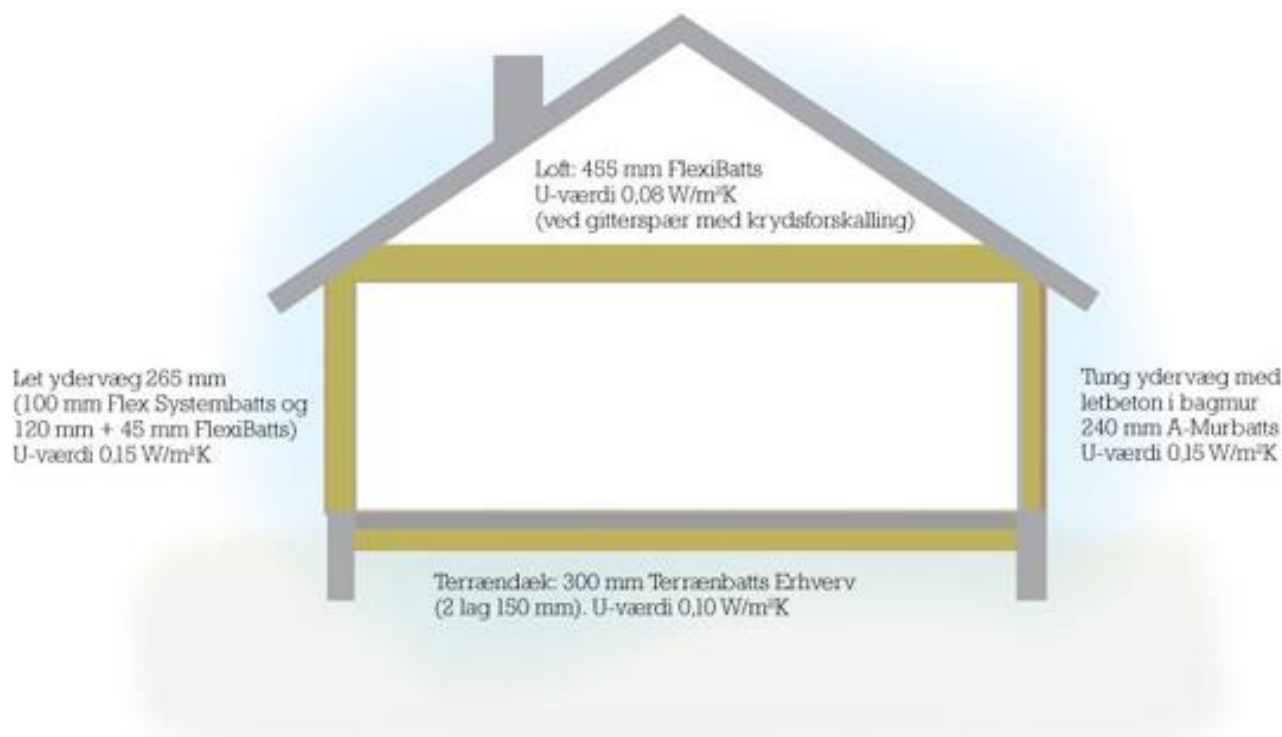
Nye huse er typisk isoleret med måtter i vægge og på loftet. Under beton gulvet er der typisk plader af polystyren. I dag svarer isoleringskravene til nye huse for at overholde energirammen^[3] til tykkelserne som er illustreret på figur 7.

³ Energirammen er et mål for hvor meget energi til opvarmning og varmt vand et hus maksimalt må bruge

Materiale	Typisk anvendelse	Miljøhensyn
Mineraluld	På loftet og i ydervægge	Lokalirriterende og skal deponeres
Papiruld (løsfyld) ^[4]	På loftet og ved efterisolering i hule ydervægge	Miljøvenligt, men skal deponeres
Træfiber (løsfyld) ^[3]	På loftet og i ydervægge	Miljøvenligt. Skal <i>ikke</i> deponeres
Polystyren (flamingo)	Terrændæk (under gulvet)	Skal deponeres

Figur 6: Forskellige typiske isoleringsmaterialer. Kilde: Energitjenesten

Figur 7: Rockwool anbefaler nedenstående isoleringstykkelser for at opfylde energirammen i BR 10. Kilde: Rockwool



⁴ Kan også fås i måtter og benyttes ligesom almindelig mineraluld

Fugt i huse

Når vi opholder os i vores huse bliver luften fugtig. Fugten kommer fra menneskers respiration, madlavning eller eventuelt indendørs tøjtørring. En familie på 4, afgiver ca. 15 liter vand i døgnet. Det er derfor vigtigt, at luften udskiftes. Hvis ikke luften skiftes forhøjes risikoen for mug og skimmelsvamp.

Den mest energirigtige måde at lufte ud på, er at lukke for radiatorerne og så lufte effektivt ud i ca. 5 min. helst 3 gange om dagen. Ved i kort tid at skabe træk når væggene, gulvet og loftet ikke at blive kølige, og så skal der ikke bruges energi på at varme dem op igen.

Ældre huse er typisk dårligt isoleret og utætte og man kan sige, at udluftningen sker ukontrolleret. Det betyder, at man får et unødigt varmetab, og beboerne vil opleve et dårligt indeklima, der fx kan opleves i form af fodkulde og træk. Ældre huse, der er blevet isoleret og tætnet efter det er opført, er blevet for tætte. Glemmer man at lufte ud hyppigt, kan det betyde problemer med mug og skimmelsvamp.

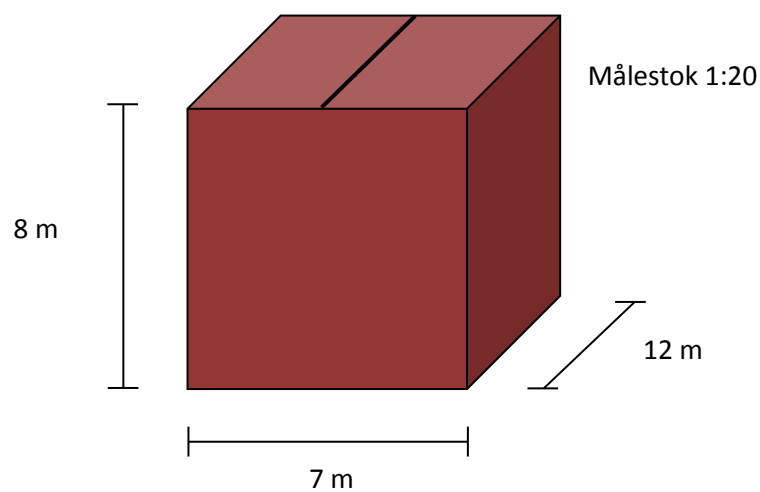
Nye huse skal være godt isoleret, og udluftningen sker kontrolleret via ventiler og kanaler. Man sørger for, at der tilføres den mængde luft, der skal til for at undgå mug og skimmelsvamp og samtidigt undgår man et unødigt varmetab. Varmen i den luft der bliver suget ud, udnyttes til at opvarme den rene kolde luft som suges ind, hvilket er en energieffektiv måde lufte ud på.

Meget af varmetabet sker ved, at huset vindpåvirkes og der opstår luftstrømning. Når der opstår en luftstrømning vil isoleringen have færre stillestående luftlommer, og derved ikke isolere optimalt. For at undgå det og dermed være med til at sikre en kontrolleret ventilation, monteres en lufttæt folie, som kaldes en dampspærre. Denne har også det formål at sikre at fugtig rumluft ikke transporteres ud i konstruktionerne. Hvis fugtig luft transporteres ud i konstruktionerne kan man risikere, at de rådner. Det er derfor vigtigt, i specielt nye tætte huse, at dampspærren er helt tæt.

Modul 2: Øvelse 1 - Byg et hus

Eleverne skal selv med geometri og målestok bygge huse, som de efterfølgende skal isolere og tætne. Til denne øvelse skal der bruges:

- 1) Pap (tykkere end alm. karton)
- 2) Saks
- 3) Brun tape
- 4) Lommeregner
- 5) Vinkelmåler
- 6) Linealer



Figur 8: Papkassehus i målestok 1:20

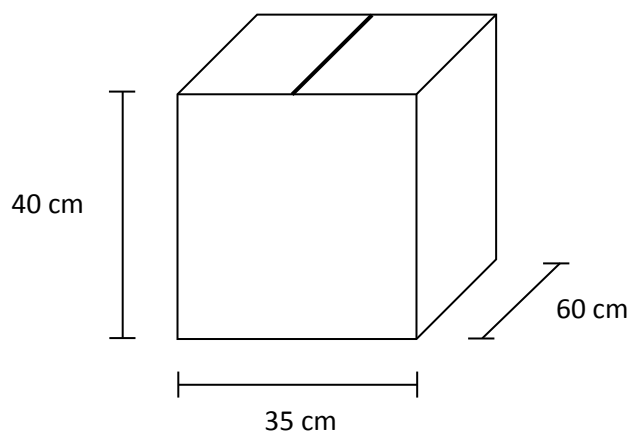
Husene tegnes, klippes ud i pap og sættes sammen med tape.

Hvis man ønsker at bruge mindre tid på projektet, kan man springe over denne øvelse og benytte flyttekasser i stedet som huse.

Modul 3: Øvelse 2 - Isolér et hus

Denne øvelse skal give eleverne en forståelse af, hvorfor huse bør isoleres. Derudover får eleverne kendskab til forskellige typer isoleringsmaterialer, samt hvad der gør en isolering god og hvor de forskellige materialer benyttes. Til denne øvelse skal der bruges:

- 1) Husene fra øvelse 1^[5]
- 2) Skål
- 3) Pære(20 W) med alm. fatning
- 4) Stegetermometer
- 5) Isoleringsmaterialer (Snak evt. med den lokale tømrer om donation)
 - Polystyren (flamingo) - tykkelse på 50 mm
 - Papiruld i måtter - tykkelse på 50/100 mm



Figur 9: Cirka mål på flyttekasse

Det anbefales, at der benyttes papiruld (eller træfiber) til øvelsen, da dette materiale er miljøvenligt og ikke lokalirriterende. Er det ikke muligt at skaffe, kan almindelig sten-/glasuld benyttes. Det kræver i midlertidig, at eleverne udstyres med handsker. Vær opmærksom på At-meddelelse nr. 4.01.7.

Nogle grupper isolerer med 50 mm i vægge og på loftet, mens andre isolerer med 100 mm. Når øvelsen er slut (eller sidst på dagen) samles der op på resultaterne, og der tages en snak i klassen om, hvilken betydning isolering har.

⁵ Vælger I at springe over øvelse 1, kan I eksempelvis bruge almindelige flyttekasser. Det er bare vigtigt, at husene har ca. samme størrelse som en flyttekasse (se figur 9)

Modul 4: Øvelse 3 - Dampspærre i hus

Eleverne skal i denne øvelse få en fornemmelse af hvorfor det er vigtigt at lufte ud, og hvilken indflydelse ventilation har på fugtigheden i huset. Dette får de ved at se på 2 huse hvor det ene har ventilation og det andet er helt lukket.

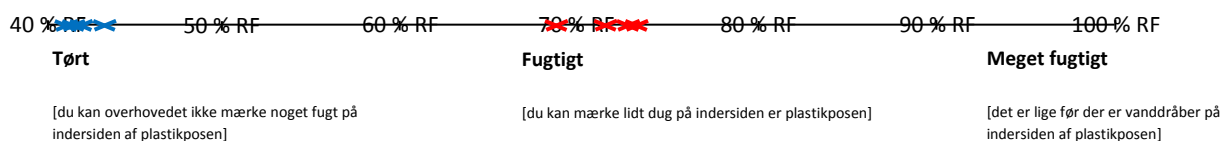
Til denne øvelse skal der bruges:

- 1) Husene fra øvelse 2 inkl. skåle
- 2) Plasticposer
- 3) Brun tape
- 4) Saks
- 5) El-koger
- 6) Evt. et hygrometer (fugtighedsmåler)

Hvis I ikke har adgang til hygrometre kan eleverne bruge nedenstående linje til at vurdere hvor fugtigt de synes, at paphusene er ved afslutningen på hver øvelse. Har I adgang til nogle hygrometre indtegnes ligeledes den relative fugtighed (RF) på linjen.

✗ Uden udluftning

✕



Figur 10: Linje til vurdering af fugtigheden i husene

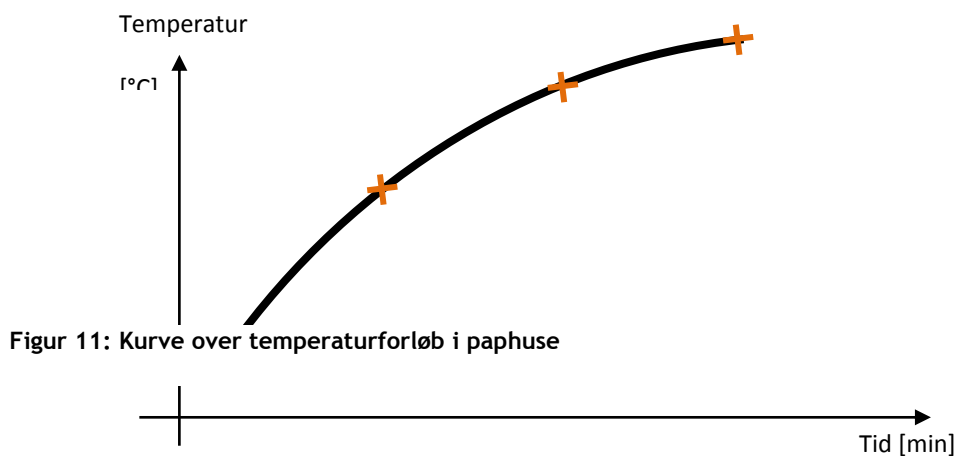
Saml op i klassen ved at optegne linjen på tavlen og lad eleverne indtegne deres målinger af fugtigheden i de to deløvelser – med og uden udluftning. Eleverne skal redegøre for, hvilke faktorer der har indflydelse på indeklimaet.

Modul 5 - Opsamling i klassen

Til sidst afslutter I dagen med at lave en fælles opsamling i klassen.

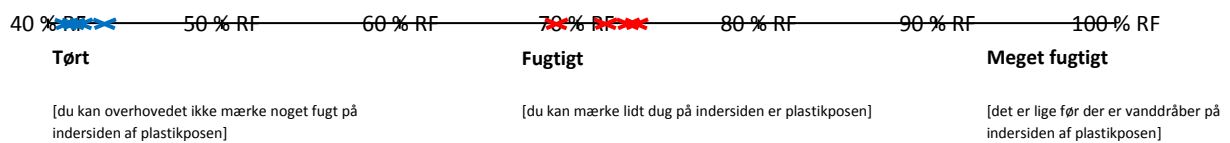
Ved at samle op på spørgsmålene i opgaverne, diskuteres teorien med baggrund i de opnåede resultater.

Ud fra øvelse 2 kan grupperne indtegne deres resultaterne på en fællesgraf, der optegnes på tavlen. Resultaterne skulle gerne give et forløb, som det er illustreret på figur 11.



Figur 11: Kurve over temperaturforløb i paphuse

Øvelse 3 kan samles op på en lignende måde ved at lade eleverne indtegne deres vurderinger/resultater på en fællesgraf tegnet op på tavlen. Dette er illustreret på nedenstående figur:



Figur 12: Linje til vurdering af fugtigheden i husene

Spørgsmål til eleverne:

Modul 1

Hvor meget isolering tror du, at der skal være i et nyt hus i dag?

I gulv: ca. 300 mm (svarende til en U-værdi på $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)

I loft: ca. 400 mm (svarende til en U-værdi på $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)

I væg: ca. 250 mm (svarende til en U-værdi på $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Når man skal finde ud af hvor god en væg er til at isolere, det der kaldes en U-værdi. U-værdien beregnes ud fra varmeledningsevnen og tykkelsen af isolering. Jo lavere varmeledningsevne – des bedre er materialet til at isolere:

$$\text{U-værdi} = \frac{\text{Hvor godt er materialet til at isolere - kaldet varmeledningsevne}}{\text{Tykkelsen af isoleringsmaterialet i meter}}$$

De almindelige isoleringsmaterialer har typisk en varmeledningsevne på 0,04. U-værdien kan beskrives som et udtryk for hvor meget energi, der tabes igennem et materiale i forhold til temperaturforskellen på hver side af materialet. Det gælder derfor om, at have så lav en U-værdi som muligt, når det ønskes at minimere varmetabet.

Beregn U-værdien for delene i et nyt hus efter hvor meget isolering du tror, der skal være:

I gulv: (kravene ifølge bygningsreglementet) minimum $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

I loft: (kravene ifølge bygningsreglementet) minimum $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

I væg: (kravene ifølge bygningsreglementet) minimum $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

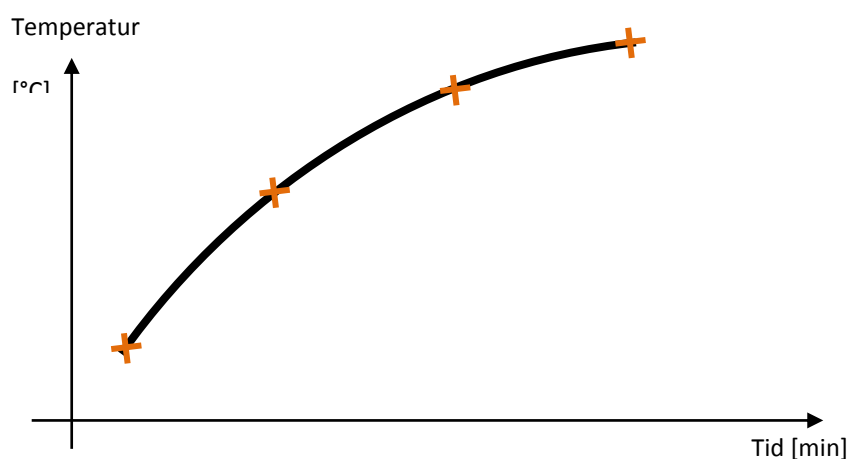
Når man bygger et nyt hus skal man have huset til at overholde en energirammeberegning. Hvis man kun bygger med minimumskravene kan et hus ikke holde sig indenfor energirammen. Derfor skal man isolere bedre flere steder end hvad der svarer til minimumskravene. Fx kan det være, at man ønsker nogle forholdsvis tynde vægge, og der dermed ikke er plads til særligt meget isolering. Man skal derfor kompensere et andet sted i boligen ved fx at isolerer gulvet eller loftet betydeligt bedre end minimumskravene. Sådan kan energirammen stadigvæk og forhåbentlig også i fremtiden overholdes.

Modul 2

- 1) Hvor mange m^2 boligareal er der i huset?
Husk at det er et 2-plans hus? - Svar $\rightarrow 2 \times 84 = 168 m^2$
- 2) Hvad er rumfanget af huset? - Svar $\rightarrow 7 \times 8 \times 12 = 672 m^3$
- 3) Hvor mange m^2 af væggene i hele huset? - Svar $\rightarrow 8 \times 7 \times 2 + 8 \times 12 \times 2 = 304 m^2$

Modul 3

- 1) Indtegn værdierne for den isolerede og den uisolerede hus i et koordinatsystem, med hver sin farve. Lad tiden gå ud af x-aksen og temperaturen op ad y-aksen:



Figur 13: Kurve over temperaturforløb i paphuse

- 2) Hvor steg temperaturen hurtigst? - Svar → *I det isolerede hus*
- 3) Hvorfor? - Svar → *Fordi der tabes meget varme ud igennem væggene, loftet og gulvet, der i det uisolerede hus, har en meget dårligere isoleringsevne sammenlignet med det isolerede hus*
- 4) Hvad isolerer bedst? Stillestående luft, pap, træ? - Svar → *Stillestående luft*

Modul 4

- 1) Hvilket hus var mest fugtigt? -Svar → *Huset uden ventilation (uden huller) er mest fugtigt*
- 2) Hvorfor? - Svar → *Fordi dampen fra det varme vand ikke kan slippe ud pga. huses tæthed forårsaget af plasticposen/fugtmembranen*
- 3) Hvilket hus tror I vil være rarest at opholde sig i? Hvorfor? - Svar → *Det vil være betydeligt rarere at opholde sig i et hus med ventilation, da der her vil være en tilpasset luftfugtighed. Er der for fugtigt, vil der også være risiko for at der dannes mug/skimmelskimmelsvamp*

Arbejd videre med emnet

På www.skoleenergi.dk finder du under "Materialer" -> online materialer følgende materialer

- "Kontrakten - Energien på spil", hvis man går under alle vejledninger findes der under "Opfindelser" opgaver med "ventilation", "isolering – vinduer" og "isolering – tag og vægge". Under "Undersøgelser" findes der opgaver og øvelser om "ventilation" og "isolering".
- "Boligformer og forbrug af energi, transport og vand" (hæfte udarbejdet af Det Økologiske Råd) hvor der gives eksempler på forskellige boligformer og opgaver til disse.
- "Klimakaravanen 2 – gør en forskel" findes der et opslag i hæftet der omhandler "Bo klimavenligt" som er et diskussionsoplæg.

Elevvejledning

I denne vejledning vil du først få et indblik i energiforsyningen i Danmark, hvordan vores boliger isoleres og hvorfor. Bagefter skal du lave 3 øvelser, hvor du kan drage nytte af nedenstående oplysninger

Energi i Danmark

Energiforsyningen har i Danmark mange former. Den mest almindelige, der bliver brugt til opvarmning, er fjernvarme. Fjernvarmen produceres typisk på et kraftvarmeværk, som også producerer el. Ved produktion af elektricitet opstår en masse spildvarme, som kan udnyttes i fjernvarmenettet. Danmark var et af de første lande, til at udnytte denne overskudsvarme til boligopvarmning.

Der er også andre måder at opvarme et hus på. De mest miljøvenlige varmekilder er solvarme, varmepumpe (jordvarme eller luft-luft varmepumper) og fastbrændselsfyr. Et hus kan også opvarmes med naturgas eller olie, disse brændselstyper kaldes fossile, og vil blive udfaset i løbet af få år.

Hvordan bliver jeres hus eller lejlighed opvarmet?

I danske hjem bruger vi næsten 2/3 af vores energiforbrug til opvarmning, samt til at få varmt vand i hanen. Til transport bruger vi en 1/4 og de resterende små 10 procent bruger vi på el. Det er derfor vigtigt, at vi især sparer på energien til opvarmning. Det kan gøres ved, at beskytte boligen mod den kolde udeluft, ved at isolere loft, gulv og vægge. På den måde spares der både energiforbrug og CO₂ udledning.

Hvad er isolering?

I dag isolerer vi typisk vores huse med polystyren (flamingo) under gulvet, og mineraluld i væggene og på loftet. Isoleringen er med til, at huset ikke mister sin varme og derfor bruger unødvendig meget energi til opvarmning.

Isolering kan være mange ting. Når man snakker om, at et materiale isolerer godt, er det fordi materialet er dårligt til at lede varme – det har en *dårlig varmeledningsevne*. Stillestående luft har ligesom andre isoleringsmaterialer en dårlig varmeledningsevne og isolerer derfor relativt godt.

Stillestående luft bruges som isolering mange steder: eksempelvis i jakker, dyner og i huse! Eller sagt på en anden måde; de steder hvor vi mennesker ønsker at adskille kulde og varme. Ved at bruge materialer indeholdende stillestående luft i loft, gulv og vægkonstruktion, opnår man en isolerende effekt. Afhængig af om der er tale om loft, gulv eller vægge, er der minimumskrav til isoleringstykkelser, når man skal bygge et nyt hus i dag.

Hvor tykt tror du, at isoleringen skal være i et nyt hus i dag?

I gulv: _____

I loft: _____

I væg: _____

Du kender sikkert det, at du kan se din ånde stige opad en kold vinterdag – det er fordi varm luft en lettere end kold luft. Derfor er isoleringen af loftet som regel den tykkeste, så man effektivt hindre den varme luft i at trænge ud.

Når man skal finde ud af hvor godt en væg isolerer, beregner man noget der kaldes en U-værdi. U-værdien siger noget om hvor godt materialet er til at isolere og hvor tykt isoleringsmaterialet er:

$$U\text{-værdi} = \frac{\text{Hvor godt er materialet til at isolere - kaldet varmeledningsevne}}{\text{Tykkelsen af isoleringsmaterialet}}$$

De almindelige isoleringsmaterialer har typisk en varmeledningsevne på 0,04. Beregn U-værdien for delene i et nyt hus efter hvor meget isolering du tror, der skal være:

I gulv: _____

I loft: _____

I væg: _____

Isoleringsmaterialer

Der findes mange forskellige typer isoleringsmaterialer. Det mest brugte i Danmark er mineraluld, sten- og glasuld. Mineraluld er miljøskadeligt og skal deponeres når huset skal rives ned. Papiruld og træfiberisolering er mere miljøvenlige alternativer, som isolerer ligeså godt, men som ikke klør på huden.



Figur 14: Papiruld og træfiber kan erstatte mineraluld som isolering

Vinduer

Et vindue isolerer 5-6 gange dårlige end en almindelig væg. Men igennem et vindue kommer der sol, og derfor også varme. Nogle gange kommer der faktisk med solen mere varme ind gennem vinduet, end der mistes.

Et vindue består ofte af to lag glas. I ældre termoruder er der mellem glaslagene stillestående luft, mens nye energiruder har stillestående gas mellem glaslagene. Grunden til det er, at man har fundet en gasart, kaldet argon, som isolerer bedre.

Udluftning

Det er nødvendigt at lufte ud, selv om varm luft vil undslippe, fordi indeklimaet ellers hurtigt bliver fugtigt. Når mennesker trækker vejret, der bliver lavet mad eller tørret tøj indenfor vil fugtigheden stige. Det er derfor vigtigt, at luften udskiftes med ny tør udeluft, så der ikke dannes områder med stillestående fugtig luft, som kan danne grobund for mug og skimmelsvamp.

I ældre huse skiftes luften ukontrolleret, da husene tit er utætte. Derfor opleves ofte fodkulde og træk, og varmetabet er stort.

I nye huse sørger man for at kontrollere luftskiftet, ved at lave husene tætte, og samtidigt tilføre tilstrækkeligt med frisk udeluft, på den måde behøver man ikke at tænke på at lufte ud. I nye huse sker denne udluftning via ventilationsanlæg, som er med til at mindske varmetabet betragteligt. For at lave et hus tæt, bruges noget der kaldes en dampspærre. Dampspærren er en plasticmembran, hvor fugten ikke kan trænge igennem indefra, og den kolde vind ikke kan trænge igennem udefra.

Øvelse 1 - Byg et hus

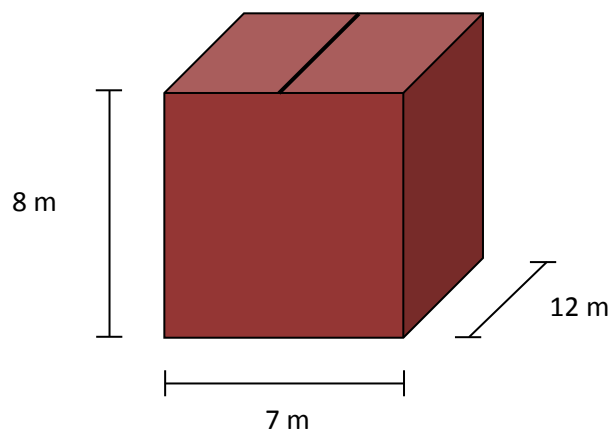
Forsøgsbeskrivelse

I skal bygge et hus, ved hjælp af disse materialer

Husene er 2-plans huse, målene kan i se på figuren nedenfor

Og skal bygges i målestoksforholdet 1:20.

- Pap
- Lineal
- Saks
- Brun tape
- Lommeregner
- Vinkel måler



Figur 15: Papkassehus i målestok 1:20

For at bygge husene skal I gøre følgende:

- 1) Beregn først alle husets længder ned til målestoksforholdet 1:20.
- 2) Tegn alle delene på pap og klip dem ud
- 3) Tape husene godt sammen så de ikke går fra hinanden når I skal til næste øvelse

Når husene er samlet skulle de gerne ligne en kopi af et 2-plans hus. Nu kan vi så lige regne på hvor store husene er.

- 1) Hvad er rumfanget af husene?

- 2) Hvor mange m² bolig areal er der i husene? Husk at det er 2-plans huse!

- 3) Hvor mange m² er væggene?

Øvelse 2 - Isolér et hus

Forsøgsbeskrivelse

Et hus skal isoleres for at holde på varmen. I skal undersøge forskellen på et isoleret hus og et uisoleret hus. Hver gruppe skal lave to huse – ét isoleret og ét uisoleret. I bestemmer selv om I isolerer med 5 eller 10 cm.

For at isolere papkassen skal I gøre følgende:

- Husene (evt. flyttekasser)
- Skål
- 20W pære med fatning
- (Stige) Termometre med ledning
- Kniv med takker (brødkniv)
- Ca. 1 m² isolering (papiruld) pr. hus – tykkelse på 5/10 cm
- Ca. 40x60 cm polystyren (flamingo) pr. hus – tykkelse på 5 cm

- 1) Skær polystyrenet (flamingoen) til så den passer med størrelsen på gulvet af huset, og læg det ned i huset. Sørg for, at polystyrenet kommer helt ud i hjørnerne
- 2) Dernæst skal I isolere siderne. Skær 2 stykker af papirulden (mineraluld) så de passer til de lange vægge, og gør det samme for gavlene bagefter. Vær opmærksom på, at isoleringen kommer helt ud i hjørnerne og helt op, så loftisoleringen kommer til at passe med den øverste kant af huset. Til sidst isoleres loftet



Figur 16: Fremgangsmåde for isolering af paphus

- 3) I skal nu lægge pæren op i skålen og sætte den til en stikkontakt. Det er vigtigt, at I lægger pæren i en skål eller lignende, da den bliver meget varm, og dermed kan smelte polystyrenpladen
- 4) Stil skålen med pæren ind i det isolerede hus og læg et termometer ned i kassen. Det er en fordel hvis I kan benytte et termometer, hvor I kan have aflæsningsdelen udenfor huset
- 5) Aflæs starttemperaturen og skriv det i skemaet på næste side
- 6) Luk huset ved at lægge loftisoleringen på plads og sæt taget på plads
- 7) Aflæs termometeret

Når I har udfyldt skemaet, skal I gøre det samme for et uisolere hus:

- 1) Fjern isoleringen fra huset
- 2) Stil skålen med pæren i ned i det uisolerede hus
- 3) Læg termometeren ned ved siden af skålen
- 4) Aflæs starttemperaturen og skriv det i skemaet
- 5) Luk kassen og sæt taget på plads
- 6) Aflæs termometeret

Figur 17: Pæren placeres i en skål



Efter 10 minutter aflæses temperaturerne igen i husene. Notér dem i skemaerne og aflæs igen efter 20 og 30 minutter.

Tykkelse af isolering: _____ cm	Efter 0 min START	Efter 10 min	Efter 20 min	Efter 30 min SLUT
Tidspunkt	kl.	kl.	kl.	kl.
Temperatur	°C	°C	°C	°C
Uisoleret hus				
Tidspunkt	kl.	kl.	kl.	kl.
Temperatur	°C	°C	°C	°C

1) Indtegn værdierne for den isolerede og den uisolerede hus i et koordinatsystem, med hver sin farve. Lad tiden gå ud af x-aksen og temperaturen op ad y-aksen

2) I hvilket hus (isoleret eller uisoleret) steg temperaturen hurtigst?

3) Hvorfor?

4) Hvilke erfaringer om isolering kan gøres efter forsøget?

Øvelse 3 - Dampspærre i hus

Forsøgsbeskrivelse

I moderne boliger er lufttætte dampspærre en del af "klimaskærmen". Den skal forhindre to ting; for det første at fugtig rumluft trænger ud i konstruktionerne og beskadiger dem. For det andet at forhindre, at vinden trænger igennem små utætheder. Når vores huse får monteret en dampspærre er der risiko for, at de bliver for tætte. Derfor skal vi have tilført frisk udeluft, så indeklimaet er godt, og opleves rart at opholde sig i.

- Husene (evt. flyttekasser)
- Skål
- 20W pære med fatning
- (Stige) Termometre med ledning
- Kniv med takker (brødkniv)
- Ca. 1 m² isolering (papiruld) pr. hus – tykkelse på 5/10 cm
- Ca. 40x60 cm polystyren (flamingo) pr. hus – tykkelse på 5 cm

I denne øvelse skal I undersøge fugtigheden inde i et tæt isoleret hus, og finde ud af hvorfor vi derfor skal have tilført frisk luft. Til dette skal I bruge paphuset fra øvelse 2.

Først skal I undersøge et fuldstændigt tæt hus. Bagefter skal I lave ventilation i huset, og se hvad det har af betydning for fugtigheden.



- 1) Tag huset fra øvelse 2, og løft tagisoleringen af
- 2) Klip en affaldssæk til, så den dækker både væggene og gulvet. Sørg for at affaldssækken kan nå lidt op over vægkanterne
- 3) Tape affaldssækken sammen, så den er helt tæt
- 4) Klip et stykke af affaldssækken til, så den passer til isolering på loftet
- 5) Opvarm ca. 2 dl vand i el-kogeren til ca. 70 °C, og fyld det over i en skål
- 6) Sæt skålen ned i huset
- 7) Læg nu isoleringen på loftet på plads med plastikken nedad. Sørg for at dampspærren (affaldssækken) slutter tæt hele vejen rundt
- 8) Efter 10 minutter åbner I huset, og aflæser med et hygrometer fugtigheden i huset. Har I ikke noget hygrometer noterer I hvor fugtig I synes det er. Sæt kryds på linjen nedenfor.

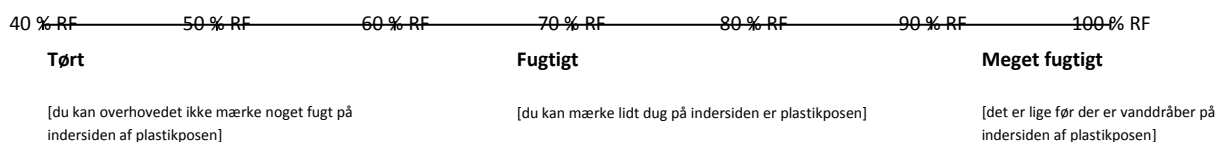
Figur 18: Få plastikken op over siderne

Når de 10 minutter er gået skal I lave ventilation i huset ved at lave en dør i bunden af kassen, og en ventilationskanal/skorsten i toppen.

- 1) Skær et dørhul med størrelsen 10x10 cm i bunden ved først at skære ud i pappet, dernæst isoleringen og til sidst i plastikposen. Husk at gulvisoleringen i bunden også fylder noget!
- 2) Skær nu ud til en ventilationskanal/skorsten (køkkenrulle) i isoleringen i taget og dernæst hul i plastikposen. Sørg for at hullet ikke bliver for stort!
- 3) Sæt papstykket fra køkkenrullen fast på plastikposen med tape. Det er vigtigt at dette også er helt tæt ligesom resten af dampspærren
- 4) Opvarm ca. 2 dl vand til ca. 70 °C
- 5) Hæld vandet i en skål og sæt skålen ned i kassen
- 6) Læg nu isoleringen på loftet på plads med plastikken nedad. Sørg for at dampspærren (affaldssækken) slutter tæt hele vejen rundt
- 7) Efter 10 minutter tager I isoleringen af, og noterer hvor fugtig I synes det er. Sæt i kryds på linjen hvor fugtigt du synes der er i kassen. Hvis I har et hygrometer skal I måle den relative fugtighed (RF) i stedet



Figur 19: Der skæres et hul i bunden og monteres en køkkenrulle i toppen



Figur 20: Fugtighedslinje til at vurdere fugtigheden i huse med og uden ventilation

1) Hvilket hus var mest fugtigt?

2) Hvorfor?

3) Hvilket hus tror I vil være rarest at opholde sig i? Hvorfor?
