

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

Erasmus+ prosjekt-ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Dette Erasmus+-prosjektet er finansiert med støtte fra Europakommisjonen. Denne publikasjonen gjenspeiler kun forfatterens synspunkter, og Europakommisjonen og Erasmus+-nasjonale byråer kan ikke holdes ansvarlig for bruk av informasjonen i publikasjonen.

BIM4Energy-prosjekt

Tittel: Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger



Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

1 – Mål

Målene for denne veiledningen om grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger er som følger:

- Forstå prinsippene for energieffektivitet: få en forståelse av grunnleggende begreper innen energieffektivitet og deres sammenheng med bygningens utforming og drift.
- Identifisere viktige energisparende teknikker og er: være i stand til å identifisere og beskrive praktiske metoder og teknologier for å forbedre energieffektiviteten i bygninger.
- Gjenkjenne miljøpåvirkning: utvikle en bevissthet om miljøfordelene ved energieffektive byggemetoder.
- Energivurdering: bli kjent med vurdering av bygningers energiprestasjoner.
- Fremme bærekraftige byggeløsninger: forstå sentrale elementer som fremmer energieffektiv design og byggpraksis.

2 - Læringsmetodikk.

Læreren vil gi en forklaring om grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger i omtrent 1 time.

Studentene leser denne veiledningen og følger trinnene som er vist i veiledningen, nemlig:

- Introduksjon til energieffektivitet.
 - Grunnleggende definisjoner.
 - Betydningen av energieffektivitet.
 - Historisk bakgrunn for energieffektivitet.
- Energirevisjon og benchmarking.
 - Metoder for å vurdere energibruken i bygninger.
 - Referanseverdier for energiprestasjon.
- Energieffektivitetsløsninger for bygninger.
 - Isolasjon og utforming av bygningsskall.
 - Varmeisolasjonssystemer.
 - Byggets lufttetthet.
 - Kuldebroer.
 - Krav til normative U-verdier for skillevegger.
 - Varme-, ventilasjons- og klimaanlegg (HVAC).
 - Energieffektive apparater og utstyr, energieffektiv belysning.
 - Integrering av fornybar energi.
 - Smarte byggteknologier.
 - Passive designløsninger.
 - Bærekraftige byggematerialer.
- Fremtidige trender innen energieffektivitet.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

- Smarte bygninger og tingenes internett (IoT).
- Fremskritt innen byggematerialer og teknologi.

For å evaluere hvor vellykket applikasjonen er, foreslår vi at det gjennomføres en spørreundersøkelse blant studentene.

3 - Varighet av veiledningen.

Gjennomføringen av denne veiledningen vil skje gjennom BIM4ENERGY-prosjektets nettside www.bim4energy.eu ved selvstudium.

Veiledningen er strukturert slik at den kan gjennomføres over:

Total varighet: 3 timer.

4 – Nødvendige undervisningsressurser.

Datarom med PC-er med internettilgang.

Nødvendig programvare: Microsoft Office.

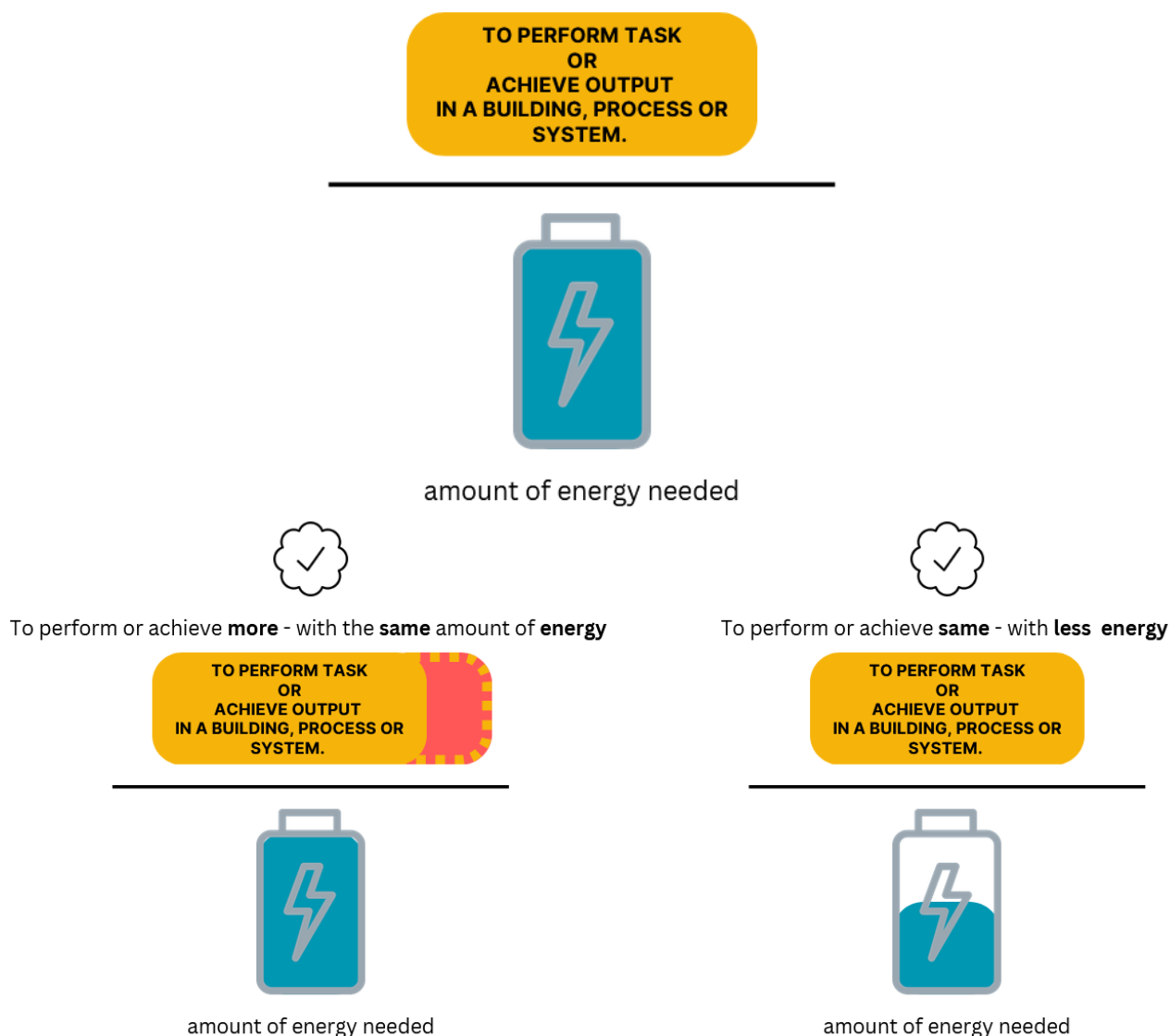
5 – Innhold og opplæring.

5.1 – Introduksjon til energieffektivitet.

5.1.1. Grunnleggende definisjoner.

Energiprestasjon for en bygning (del av en bygning) betyr den beregnede mengden energi som kreves for å dekke energibehovet ved normal bruk av bygningen, inkludert energi til oppvarming, kjøling, ventilasjon, varmt vann og belysning av bygningen [1]. Energieffektivitet refererer til å bruke mindre energi til å utføre samme oppgave eller oppnå samme resultat i en bygning, et system eller en prosess. Dette oppnås ved å optimalisere energiforbruket og minimere svinn [2].

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger



Figur2 effektivisering.

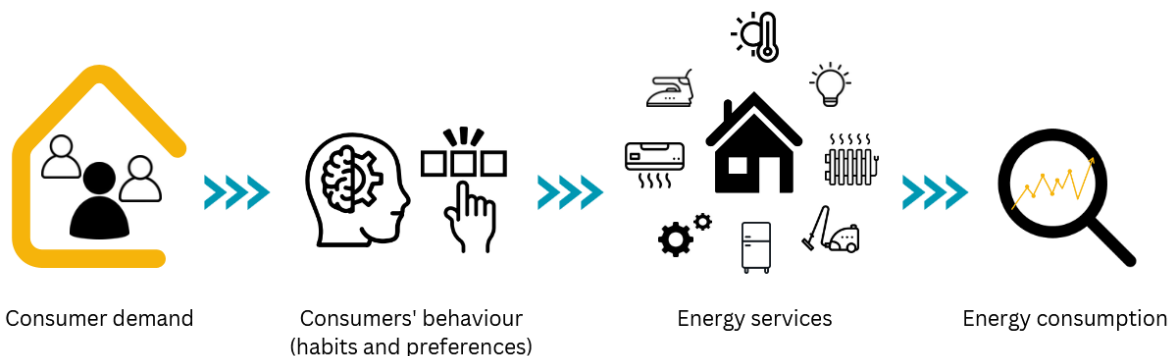
I bygninger fokuserer energieffektivitet vanligvis på oppvarming, kjøling, belysning og drift av apparater. En bygning med høy energieffektivitet bruker mindre energi til oppvarming, kjøling, belysning og apparater, samtidig som den fortsatt gir komfort og funksjonalitet for brukerne. Rasjonell bruk av energiresurser er en av de mest effektive måtene å redusere energiforbruket på, samtidig som miljøpåvirkningen minimeres.

Forbrukeratferd påvirker energiforbruket. Hver energiforbruker bruker energitjenester på måter som er vanlige for ham. Atferdsmønstre som er formet av omgivelsene våre, bestemmer energiforbruksmønstrene våre og handlingene vi tar som forbrukere. Disse handlingene har en direkte innvirkning på mengden energi som forbrukes. Det bør

Figur1 effektivitet.

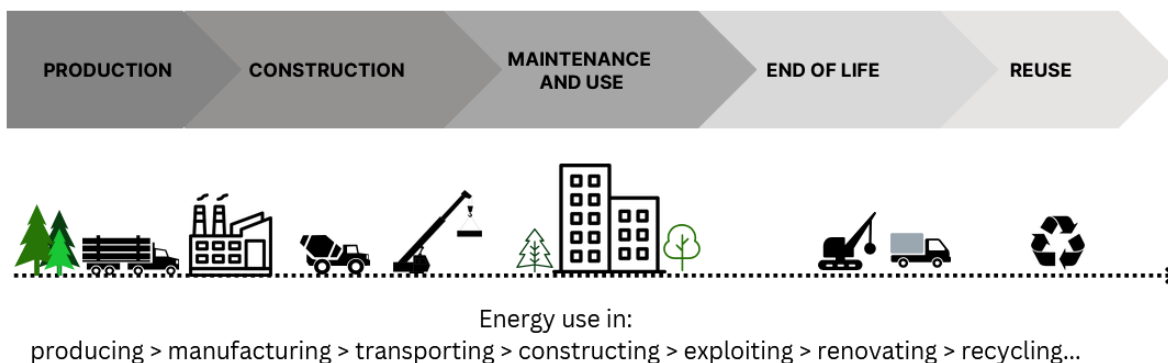
Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

bemerket at omtrent 80 % av energien som brukes i EU-boliger, går til oppvarming, kjøling og varmt vann [3]. I denne sammenheng må brukerne bruke utstyret, verktøyene og systemene riktig for å dra nytte av investeringene i mer effektive løsninger. Energieffektivitetsmål oppnås gjennom en kombinasjon av effektive og energibesparende løsninger og endringer i forbrukeratferd. Hvis forbrukerne ikke endrer sine energikrevende vaner og ignorerer tiltak for energireduksjon, reduseres imidlertid mulighetene for å forbedre energieffektiviteten betydelig.



Energieffektive bygninger kan omfatte bolig-, nærings- og industribygg som er konstruert eller ettermontert for å oppfylle moderne effektivitetsstandards. Oppnåelse av energieffektivitet innebærer ofte forbedring av isolasjon, bruk av energieffektive apparater og optimalisering av belysningsystemer. Et annet viktig aspekt er bygningens «kledning», som omfatter vegger, tak, gulv på bakkenivå, vinduer og dører som skiller det indre fra det ytre miljøet. Utformingen og materialene som brukes til klimaskjermen spiller en avgjørende rolle for å redusere energitapet. Målet er å redusere det totale energiforbruket samtidig som bygningens ytelse opprettholdes eller forbedres. Det er også viktig å skille mellom energieffektivitet og energibesparelse. Sistnevnte innebærer å redusere energiforbruket gjennom atferdsendringer, mens energieffektivitet fokuserer på teknologi og systemforbedringer.

Når vi ser på energieffektivitet, må vi ta hensyn til energiforbruket til et produkt eller en bygning gjennom hele livssyklusen, fra produksjon til gjenvinning eller renovering.



Figur3 Livssyklusen og energiforbruket til produktet eller tjenesten.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

5.1.2. Betydningen av energieffektivitet

Byggmiljøet har blitt et sentralt fokusområde for å redusere karbonutslipp og håndtere konsekvensene av klimaendringene. Byggsektoren bruker energi til å bygge, varme opp, kjøle ned og belyse boliger og næringsbygg, samt til apparater og utstyr som er installert i disse. Bygningers energiforbruk er en viktig bidragsyter til globale klimagassutslipp, og oppvarming er en av de største energibehovene. Betydningen av energieffektivitet i bygninger kan ikke overvurderes, da det har direkte innvirkning på både økonomisk og miljømessig bærekraft. Energieffektive bygninger reduserer driftskostnadene ved å senke energiforbruket til oppvarming, kjøling og belysning. I en verden med stigende energipriser kan forbedret energieffektivitet gi betydelige økonomiske besparelser for bygningseiere og brukere. Dette gjelder særlig når gjennomsnittlig 75 % av bygningene i EU i dag er energieffektive. Fra et globalt perspektiv er økt energieffektivitet en av de mest kostnadseffektive måtene å redusere klimagassutslipp på. Bygninger står for en stor del av energiforbruket i verden – omtrent 40 % av det globale energiforbruket og tilhørende CO₂-utslipp – så å forbedre effektiviteten i denne sektoren kan ha en betydelig innvirkning [4]. I tillegg gir energieffektive bygninger bedre inneluft for beboerne ved å opprettholde mer jevne innetemperaturer og bedre luftkvalitet. Energieffektivitet øker også bygningens motstandsdyktighet mot svingninger i energiprisene og energimangel, noe som skaper et mer stabilt og forutsigbart energikostnadsmiljø. Videre er energieffektive bygninger ofte mer attraktive for kjøpere eller leietakere på grunn av lavere strømreregninger og den økende preferansen for bærekraftige bomiljøer. En annen viktig faktor er at mange myndigheter tilbyr insentiver og subsidier for å forbedre energieffektiviteten i bygninger, noe som gjør det til et attraktivt alternativ for eiendomsutviklere og eiere. Energieffektivitet er også nøkkelen til å nå globale og lokale klimamål, som for eksempel de som er skissert i Parisavtalen, Den europeiske grønne avtalen og EUs langsiktige strategi for 2050 [5]. Implementering av energieffektive teknologier reduserer etterspørselen etter energiresurser, noe som også kan redusere behovet for nye kraftverk eller oppgradering av infrastruktur. Energieffektive bygninger bidrar også til å redusere belastningen på nasjonale energinett, spesielt i perioder med høy forbruk, og bidrar dermed til større nettstabilitet. I tillegg til miljømessige og økonomiske fordeler bidrar energieffektive bygninger til å forbedre folkehelsen ved å redusere luftforurensningen knyttet til energiproduksjon. Etter hvert som energieffektivitet blir stadig viktigere, særlig i byplanlegging og -utvikling, spiller den en nøkkelrolle i arbeidet med å nå de overordnede målene for bærekraftige byer og samfunn.

5.1.3. Historisk kontekst for energieffektivitet

Gamle sivilisasjoner, som romerne og grekerne, implementerte passive designstrategier som sørvendte vinduer og tykke vegger for å holde på varmen om vinteren og kjøle ned bygningene om sommeren.

Senere, med økende urbanisering og raskt stigende energibehov, har energieffektivitet i bygninger blitt mye viktigere. Hovedfokus var på komfort og funksjonalitet, med lite hensyn til hvor mye energi som ble forbruk. Oljekrisen i 1973 var

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

imidlertid et viktig vendepunkt som gjorde energisparing og energieffektivitet til et sentralt fokus for offentlig politikk og teknologisk innovasjon [6]. På grunn av økende energikostnader og forsyningsmangel begynte mange regjeringer og bransjer å utforske måter å redusere energiforbruket på. Konseptet med energieffektive bygninger begynte å få fotfeste, særlig i Europa, hvor det ble innført politikk og standarder for å oppmuntre til energisparing. I 1980- og 1990-årene gjorde fremskritt innen isolasjon, vindsteknologi og HVAC-systemer det lettere for bygninger å oppnå høyere energieffektivitet.

Konseptet energieffektivitet har utviklet seg betydelig de siste tiårene, særlig i takt med økende bekymring for energiresurser og miljømessig bærekraft. I begynnelsen av det 20. århundre ble bygninger vanligvis ikke designet med tanke på energieffektivitet, da energi var relativt billig og lett tilgjengelig. I denne perioden dukket det opp grønne byggebevegelser som LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) i USA og BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) i Storbritannia [7]. Disse systemene bidro til å etablere klare retningslinjer og standarder for energieffektiv design, bygging og drift av bygninger. På begynnelsen av 2000-tallet førte den økende bekymringen for klimaendringer og miljøforringelse til at arbeidet med energieffektivisering ble ytterligere intensivert. Regjeringer over hele verden innførte strengere regler og incentiver for energieffektive bygninger, noe som stimulerte innovasjon innen materialer og teknologi.

I dag er energieffektivitet anerkjent som en sentral strategi for å nå bærekraftsmål, og smarte teknologier som tingenes internett (IoT) og bygningautomasjon spiller en avgjørende rolle i optimaliseringen av energibruken i moderne bygninger. De siste årene har fornybare energiteknologier, som solcellepaneler og vindturbiner, blitt integrert i energieffektive bygningsdesign.

Den historiske utviklingen av energieffektivitet understreker den økende erkennelsen av at bygninger, som store energiforbrukere, må utformes og drives på en måte som minimerer miljøpåvirkningen. Etter hvert som feltet utvikler seg, gir erfaringene fra fortiden verdifulle innsikter i hvordan moderne bygninger kan balansere energibruk med behovet for komfort og bærekraft.

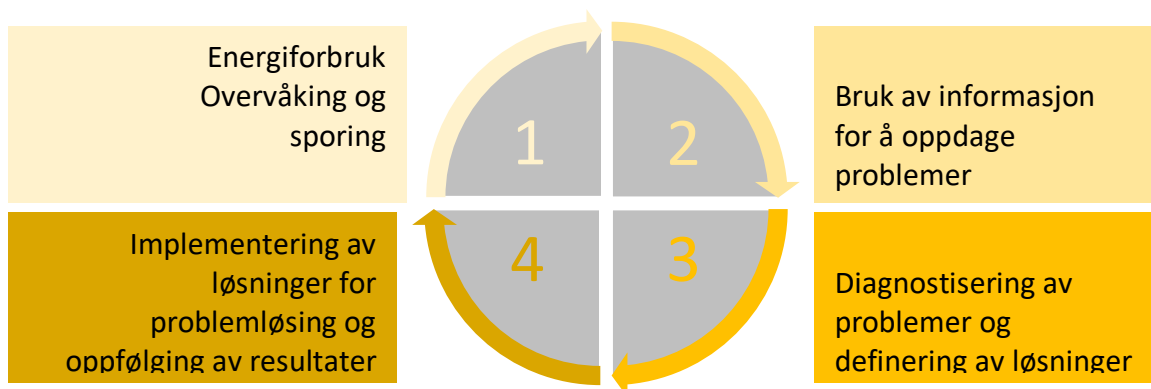
5.2 – Energirevisjon og benchmarking

Energirevisjon og benchmarking er viktige trinn i vurderingen og forbedringen av bygningers energiytelse. Spesielt i eksisterende bygninger er det første trinnet for å forbedre energieffektiviteten å måle eksisterende energiforbruk. Energirevisjoner gir detaljert innsikt i hvordan energi forbrukes, og bidrar til å identifisere områder med potensial for effektivisering [8].

Energibenchmarking, også kjent som energiprestasjonssporing, er derimot en måte å se hvor de største forbedringene i energieffektivitet kan gjøres. Det er ofte det første trinnet mot å oppnå langsiktige energieffektivitetsmål, da det definerer bygningens energisparingspotensial. Først spores bygningens energiforbruk, deretter sammenlignes bygningens energiprestasjon med standardmål eller lignende strukturer, slik at man får en klar forståelse av den relative effektiviteten. Benchmarking gjør det

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

mulig å sammenligne bygningers energiforbruk direkte ved å ta hensyn til variabler som lokalt klima, areal, belegg og driftstimer.



5.2.1. Metoder for å vurdere energibruken i bygninger

Det finnes flere metoder for å vurdere energiforbruket i bygninger, og det første trinnet er energirevisjon. Energirevisjoner deles vanligvis inn i tre nivåer:

- **Nivå 1 (gjennomgang):** Dette er en foreløpig revisjon som innebærer en visuell inspeksjon av bygningen og en grunnleggende analyse av energiforbruket. Den identifiserer de viktigste energisparemulighetene med minimal datainnsamling.
- **Nivå 2 (energiundersøkelse og analyse):** Omfatter en mer detaljert analyse, inkludert bruk av energiregninger og grunnleggende måledata. Den gir en bredere forståelse av hvordan ulike systemer (belysning, VVS, etc.) bruker energi.
- **Nivå 3 (detaljert analyse):** Denne metoden, kjent som en investeringsgradsrevisjon, innebærer grundig datainnsamling og analyse av bygningens energisystemer. Dette inkluderer bruk av avanserte verktøy som energimodelleringsprogramvare for å simulere energiytelsen under forskjellige forhold.

Et annet viktig vurderingsverktøy er Building Energy Management Systems (BEMS), som gir sanntidsdata om energiforbruk [9]. I tillegg hjelper teknologier som termografiske inspeksjoner med å identifisere varmetap gjennom vegger, vinduer og tak. Undermåling av bestemte områder (f.eks. belysning, oppvarming og ventilasjon) gir et mer detaljert bilde av energiforbruket. Energisertifikater (EPC) spiller også en rolle i vurderingen og klassifiseringen av en bygningens energieffektivitet på en skala, noe som gjør det lettere å forstå den samlede ytelsen.

5.2.2. Referanseverdier for energiytelse

Ved å etablere referanseverdier kan bygningseiere og -operatører sammenligne energiforbruket sitt med lignende bygninger eller forhåndsdefinerte standarder. En vanlig måte å etablere referanseverdier på er gjennom energiforbruksintensitet (EUI),

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

som måler energiforbruket per kvadratmeter eller kvadratfot av bygningen per år. Lavere EUI-verdier indikerer bedre energieffektivitet.

I Europa gir direktivet om bygningers energiprestasjoner (EPBD) retningslinjer for energibenchmarking og sertifisering [10].

LEED- og BREEAM-sertifiseringssystemene setter ytelsesstandarder for energibruk og tildeler poeng basert på energieffektivitet og bærekraftige praksiser. Disse sertifiseringene oppmuntre til kontinuerlig forbedring ved å tilby høyere sertifiseringsnivåer for større energibesparelser.

En annen metode for benchmarking innebærer å sammenligne energiforbruket i en bygning med lignende bygninger i en referansegruppe (f.eks. lignende størrelse, type eller klimasoner). Dette gir en kontekst for å identifisere om en bygning presterer over eller under bransjegenomsnittet.

Til slutt kan intern benchmarking gjøres ved å sammenligne bygningens nåværende ytelse med historiske data, slik at man kan identifisere trender i energiforbruket over tid. Dette hjelper med å spore suksessen til energisparende tiltak.

5.3 – Energieffektivitetsløsninger for bygninger

5.3.1 Isolasjon og utforming av bygningsskallet

Bygningsskallet er avgjørende for å bestemme en konstruksjons samlede energieffektivitet, da det fungerer som en barriere mellom inneklimate og det ytre klimaet.

Riktig utformede og isolerte bygningsskall bidrar til å regulere innetemperaturen, noe som reduserer behovet for overdreven oppvarming eller kjøling. Effektiviteten til en bygnings skall avhenger i stor grad av isolasjon og ulike teknikker som tar sikte på å minimere energitap.

En av de viktigste fysiske parametrene for varmeisolasjonsmaterialer er varmeledningsevne, som beskriver et materiales evne til å overføre varme. Ulike isolasjonsmaterialer har forskjellige varmeledningkoeffisienter (λ) (se eksempler i tabell 1. Sammenligning av ulike isolasjonsmaterialer).

Det finnes flere viktige teknikker for å redusere energitap og forbedre varmeeffektiviteten. For det første er det viktig å bruke isolasjonsmaterialer av høy kvalitet, som glassfiber, skum og mineralull, for å holde varmen inne om vinteren og ute om sommeren.

Lufttetting er en annen viktig metode, som innebærer å tette hull og sprekker rundt vinduer, dører og andre åpninger for å forhindre luftlekkasje og trekk. I tillegg gir doble eller tredoble vinduer bedre isolasjon ved å skape et isolerende lag av luft eller gass mellom glassplatene, noe som reduserer varmeoverføringen.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

I varmere klimaer kan reflekterende takmaterialer bidra til å minimere varmeabsorpsjonen, mens grønne tak gir ekstra isolasjon og kjøler bygningen på en naturlig måte.

Termiske brudd i strukturelle komponenter, som stål eller betong, kan bidra til å avbryte varmeoverføringen gjennom bygningens rammeverk. Installasjon av dampsperrer forhindrer også fuktighet, som kan forringe isolasjonsevnen over tid.

1 tabell. Sammenligning av ulike isolasjonsmaterialer.

Grunnleggende begreper innen energieeffektivitet i bygninger

WOOD FIBRE

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.038
- Density (kg/m^3)
30 – 300



CELLULOSE

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.038 - 0.040
- Density (kg/m^3)
30 - 80



WOOL

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.038
- Density (kg/m^3)
12 - 30



HEMP

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.039 - 0.040
- Density (kg/m^3)
20 - 190



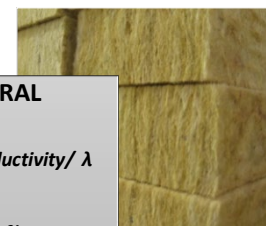
GLASS WOOL

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.035
- Density (kg/m^3)
10 - 70



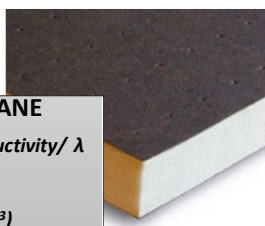
ROCK MINERAL WOOL

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.032 - 0.044
- Density (kg/m^3)
20 - 200



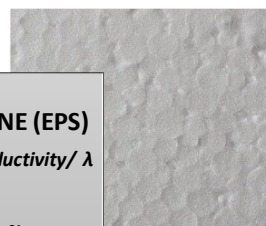
POLYURETHANE

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.023 - 0.026
- Density (kg/m^3)
25 - 100



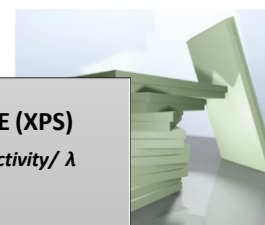
EXPANDED POLYSTYRENE (EPS)

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.034 - 0.038
- Density (kg/m^3)
10 - 50



EXTRUDED POLYSTYRENE (XPS)

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.014
- Density (kg/m^3)
25 - 65



CORK

- Thermal conductivity/ λ (W/m^2K)
0.036 - 0.06
- Density (kg/m^3)
100 - 220



Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

5.3.2. Varmeisolasjonssystemer

ETICS (External Thermal Insulation Composite System) er en kompakt flerlags isolasjonsløsning designet for å forbedre energieffektiviteten i både nye og eksisterende bygninger. Det er også kjent som EIFS (Exterior Insulation Finish System).

Dette utvendige veggisolasjonssystemet består av mange lag, inkludert et grunnlag, forsterket nett og overflatebelegg. Kontinuerlig utvendig isolasjon forbedrer varmeisolasjonen og reduserer kuldebroer, slik at varmen lagres i veggene og skaper et mer behagelig inneklima. Materialene som brukes kan variere mellom systemene, noe som gjør dem fleksible og tilpassbare til ulike bygningskonstruksjoner og design.



Figur4 t eksempel på et komposittsystem for utvendig varmeisolasjon.

Ekstern termisk isolasjonskomposittsystem (ETICS) kan inneholde både konvensjonelle og miljøvennlige materialer for å forbedre bygningens energieffektivitet og samtidig minimere miljøpåvirkningen [11]. Vanlige isolasjonsmaterialer inkluderer ekspandert polystyren (EPS), ekstrudert polystyren (XPS) og mineralull, som gir god varmebestandighet. Imidlertid blir bærekraftige alternativer stadig mer populære. Isolasjonsplater av kork og trefiber er for eksempel fornybare, biologisk nedbrytbare og har et lavere miljøavtrykk. Hampbetong og cellulose er andre miljøvennlige alternativer som gir utmerket isolasjon og samtidig bruker naturlige, resirkulerte materialer. Over isolasjonen påføres et forsterkende grunnlag, vanligvis laget av sement eller polymermodifisert mørtel, med glassfibernet for stabilitet. Miljøvennlige mørtler, som bruker kalk- eller leirebaserte blandinger, brukes også i grønne ETICS-systemer. Det endelige overflatelaget, som gir beskyttelse og estetisk utseende, kan omfatte pustende, naturlige belegg som kalk, leire eller plantebaserte puss. Disse grønne materialene forbedrer bygningens bærekraft samtidig som de opprettholder de viktigste fordelene med isolasjon og holdbarhet.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

5.3.3. Lufttetthet i bygninger

Riktig lufttetthet gir utmerket termisk og akustisk komfort. Det bidrar også til å beskytte bygningen mot potensiell forringelse forårsaket av vanninfiltrasjon gjennom konveksjon inn i konstruksjonselementer. I tillegg minimerer det energitap ved å forhindre utilsiktet ventilasjon gjennom luftlekkasjer.

Viktige områder å fokusere på er:

- Overlappende membraner og kontaktpunkter mellom plater og skiver.
- Forbindelser mellom tak og vegger, samt alle gjennomføringer gjennom taket.
- Forbindelser mellom vinduer, dører og vegger.
- Alle typer gjennomføringer gjennom det lufttette laget og vertikale sjakter.

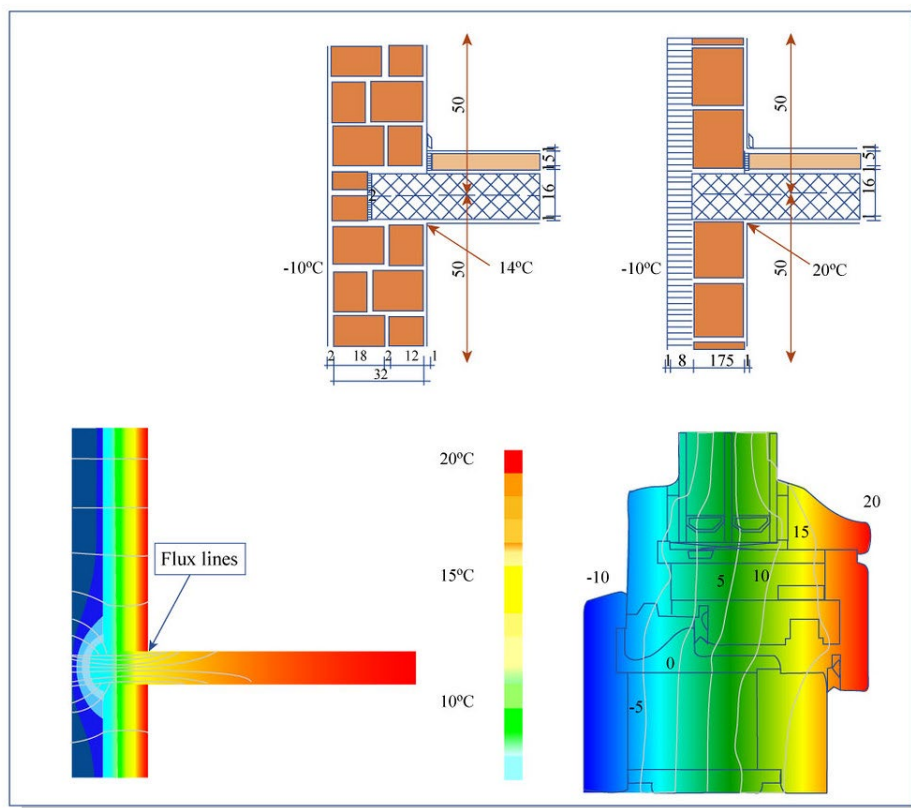
Lufttetthetstesten av en bygning må utføres og resultatene evalueres i strengt samsvar med den internasjonale tekniske standarden LST EN ISO 9972:2015 «Termisk ytelse av bygninger», som er beregnet for måling av luftgjennomtrengelighet i bygninger eller deler av bygninger i felt [12]. Denne standarden definerer alle viktige parametere for testen – hvordan bygningen skal forberedes, nøyaktig hvilket utstyr som skal brukes, hvordan dataene skal innhentes, hvordan dataene skal tolkes og valideres.

Lufttettheten kan måles ved hjelp av en blåsetest, som skaper en trykkforskjell mellom det indre og det ytre av konstruksjonen. Dette trykket gjør det mulig å måle luftutvekslingshastigheten. Denne testen gir et lufttetthetsnivå som sammenlignes med normene spesifisert i de tekniske standardene. Andre metoder for testing av lufttetthet inkluderer røykprøver og termisk avbildning.

5.3.4. Kuldebroer

Kuldebroer er områder i en bygningskonstruksjon hvor varmeoverføring skjer raskere enn gjennom de omkringliggende materialene, noe som fører til økt energitap. Disse oppstår vanligvis på steder hvor det er brudd i konstruksjonen, for eksempel der forskjellige konstruksjonselementer møtes, som vegg-gulv-skjøter, takkanter eller rundt vinduer og dører.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger



Figur 5. Eksempel på kuldebroer.

Fordi de forstyrrer isolasjonens kontinuitet, kan kuldebroer redusere bygningens samlede energieffektivitet betydelig. De skaper også kalde punkter på innvendige overflater, noe som over tid kan føre til kondens, muggvekst og potensielle strukturelle skader. Effektiv prosjektering og bygging, for eksempel å sikre riktig isolasjon og eliminere mellomrom mellom byggematerialer, kan bidra til å minimere forekomsten av kuldebroer. Det er avgjørende å ta tak i kuldebroer, ikke bare for å spare energi, men også for å opprettholde bygningens holdbarhet og komfort.

5.3.5. Krav til normative U-verdier for skillevegger

For at bygninger skal kunne oppføres i samsvar med de høyeste kravene, er varmeoverføringsverdiene for individuelle bygningskonstruksjoner regulert. Elementer som tak, vegger, gulv på bakken (over uoppvarmede rom) og vinduer er regulert, og dette varierer mellom landene.

For å redusere bruken av energiresurser blir kravene også strengere. Nye bygninger må oppfylle energiklasse A eller høyere.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

5.3.6. Varme-, ventilasjons- og klimaanlegg (HVAC)

Sammen med belysning utgjør disse systemene vanligvis en stor del av bygningens energiforbruk, noe som gjør dem til viktige mål for effektivisering.

Ventilasjon: Optimalisering av ventilasjon innebærer installasjon av varmegjenvinningsventilasjonssystemer (HRV), som gjenvinner energi fra avtrekksluften og bruker den til å forvarme innkommende friskluft. Systemer med variabelt luftvolum (VAV) kan også modulere luftstrømmen etter behov, noe som reduserer unødvendig energibruk.



Figur 6. Ventilasjonssystem på taket av en bygning.

Effektivitet i oppvarming og klimaanlegg: Effektiviteten i oppvarming og kjøling kan forbedres ved å bruke høyeffektive kjeler og klimaanlegg som bruker mindre energi samtidig som de gir samme komfortnivå. Varmepumper, som overfører varme i stedet for å generere den, er svært effektive og ideelle for både oppvarming og kjøling i mange klimaer. Å sikre riktig isolering rundt HVAC-kanaler og bruke energieffektive vinduer bidrar også til å minimere varmetap og redusere belastningen på HVAC-systemet.

For HVAC-systemer er regelmessig vedlikehold avgjørende for å sikre at utstyret fungerer effektivt. Regelmessig skifte av filtre, rengjøring av kanaler og inspeksjon av komponenter kan forhindre energisvinn. Installasjon av programmerbare termostater eller smarte kontroller gir bedre temperaturstyring, og gjør det mulig å justere oppvarming eller kjøling basert på belegg eller tid på døgnet. Implementering av sonesystemer gjør det mulig å varme opp eller kjøle ned forskjellige områder av en bygning uavhengig av hverandre, noe som reduserer energiforbruket i ubrukte rom.

5.3.7. Energieffektive apparater og utstyr, energieffektiv belysning

Energieffektive apparater og utstyr spiller en avgjørende rolle for å redusere bygningens samlede energiforbruk og miljøpåvirkning. Moderne apparater, som kjøleskap,

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

klimaanlegg og vaskemaskiner med ENERGY STAR-merke, er designet for å bruke betydelig mindre strøm og vann enn sine konvensjonelle motstykker (), noe som reduserer strømkostnadene og klimagassutslippene. På samme måte bidrar energieffektive HVAC-systemer og smarte termostater til å optimalisere oppvarming og kjøling ved å justere temperaturen i henhold til belegg og utendørsforhold, og dermed minimere unødvendig energibruk.

Den europeiske kommisjonen rapporterer, basert på Ecodesign Impact Accounting Overview Report 2023, at det i 2020 var nesten 11 milliarder lamper i bruk i Europa, dvs. mer enn 24 lamper per person i EU-27. Selv om en enkelt lyskilde bruker relativt lite energi sammenlignet med andre miljødesignprodukter, er belysning den tredje største energiforbrukeren (etter industrielle komponenter og romoppvarming) på grunn av det store antallet installerte produkter, og utgjør 8 % av primærenergien som er regnskapsført av EIA i 2020 [13].

2 tabell. Sammenligning av ulike typer lyspærer som brukes:

LED – lysdiode	LFL – lineær lysrør	CFL – Kompakt lysrør	Wolfram (halogen, HL)	GLS – Generell belysning
Effektivitet 80 – 140 lm/W. Forventet > 200 lm/W i fremtiden.	Effektivitet på 80 – 90 lm/W	Effektivitet 50–70 lm/W.	Typisk effektivitet 12 til 20 lm/W.	Effektivitet på rundt 10 lm/W.
				

I tillegg til apparater er energieffektiv belysning avgjørende for bærekraftig bygningsdesign. LED-belysning, som bruker opptil 75 % mindre energi enn tradisjonelle glødelamper og varer mye lenger, er nå mye brukt i både bolig- og næringsbygg. Disse belysningsløsningene kan forbedres med smarte kontroller, som bevegelsessensorer og dagslysresponsiv dimming, for å redusere energiforbruket ytterligere ved automatisk justering basert på rommets belegg eller naturlige lysnivåer. Ved å innlemme disse avanserte teknologiene kan bygninger oppnå betydelige energibesparelser, redusere karbonavtrykket og bidra til en mer bærekraftig fremtid. Bygningsenergiforbruket kan reduseres betydelig ved å bruke energieffektivt utstyr og apparater, for eksempel de

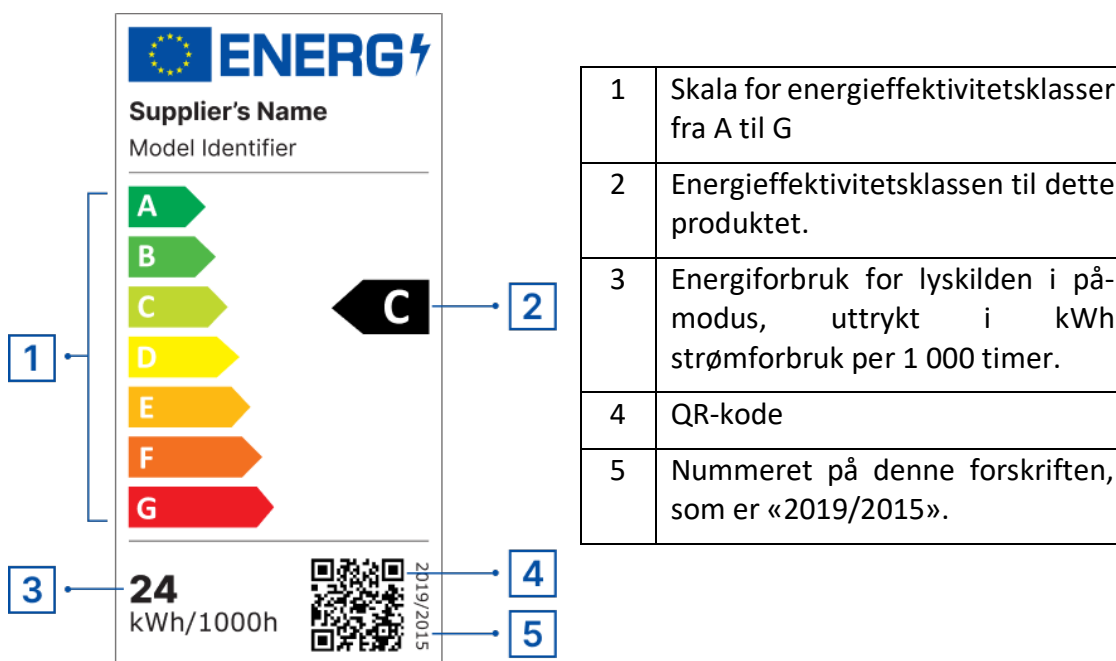
Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

med Energy Star-klassifisering. Disse apparatene har samme eller bedre ytelse enn sine konvensjonelle motstykker, samtidig som de fungerer mer effektivt.

Energimerke

Etter omskaleringen av EUs energimerke for lyskilder fra 1. september 2021, bruker de nye merkene en skala fra A (mest effektiv) til G (minst effektiv). På grunn av den kontinuerlige forbedringen av energieffektiviteten hadde de fleste produktene under det opprinnelige merket steget til A+ eller A++ – og derfor ble det gjort en omskalering for å gjøre det tydeligere for forbrukerne hvilke produkter som er de mest effektive på markedet. Merkingen gir informasjon om produktets energieffektivitetsklasse og energiforbruk.

Det europeiske produktregisteret for energimerking (EPREL) tilbyr detaljert informasjon om modeller som er plassert på EU-markedet ved å skanne QR-koden på de nye energimerker. Databasen gir informasjon som lysstrøm, fargetemperatur og kappe type [14].



Figur 7 Eksempel på energimerke.

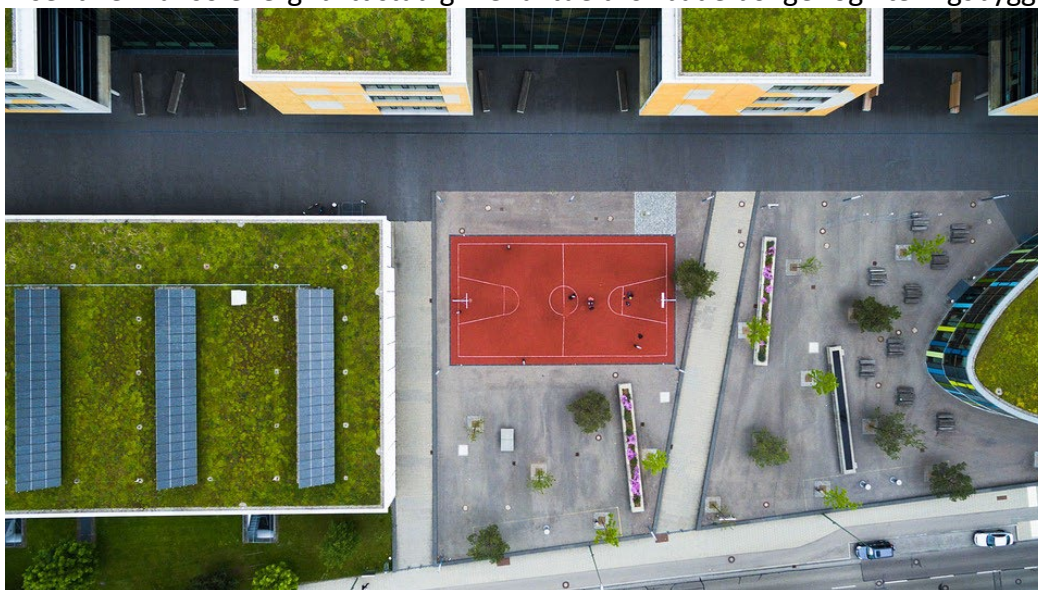
5.3.8. Integrering av fornybar energi

Integrering av fornybare energikilder i byggeprosjekter er et viktig skritt mot å oppnå energieffektivitet og redusere bygningers miljøpåvirkning. Fornybare energisystemer, som sol, vind og geotermisk energi, gjør det mulig for bygninger å produsere ren energi på stedet, noe som reduserer avhengigheten av fossile brensler og senker klimagassutslippene.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

Oversikt over solenergi, vindkraft og andre fornybare energikilder for bygninger

- **Solenergi:** Solenergi er den vanligste fornybare energikilden for bygninger, og utnyttes primært gjennom solcellepaneler. Solcellepaneler omdanner sollys direkte til elektrisitet og kan installeres på tak, fasader eller som en del av solcelleparker. Solvarmeanlegg, som bruker solens varme til å produsere varmt vann eller drive HVAC-systemer, er også effektive for å forbedre energieffektiviteten. Med synkende kostnader for solcellepaneler og statlige insentiver har solenergi blitt stadig mer aktuelt for både boliger og næringsbygg.



Figur 8 Solcellepaneler på taket av en bygning.

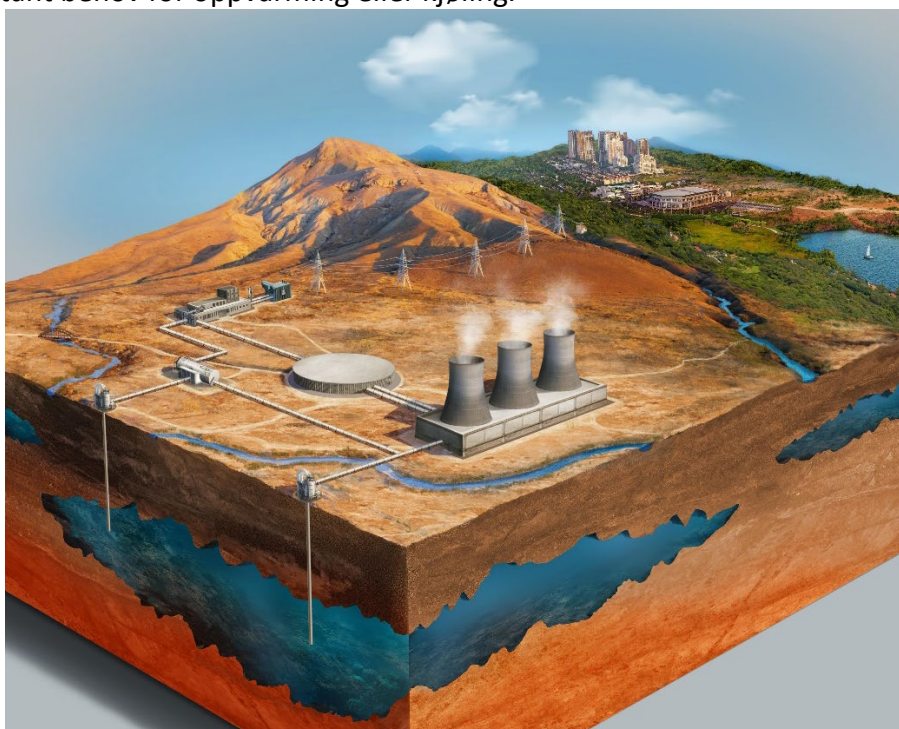
- **Vindkraft:** Vindenergi brukes vanligvis i større anlegg, men kan også integreres i bygninger gjennom små vindmøller. Disse møllene monteres vanligvis på tak eller i nærliggende åpne områder hvor det er sterk vind. Selv om det er mindre vanlig i urbane områder på grunn av plass- og støyhensyn, er vindenergi et utmerket alternativ for bygninger i landlige eller kystnære områder med jevn vind.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger



Figur 9. Eksempel på vindturbiner.

- **Geotermisk energi:** Geotermiske systemer utnytter varmen fra jorden til å gi energieffektiv oppvarming og kjøling av bygninger. Geotermiske varmepumper overfører varme mellom bygningen og bakken, og gir en svært effektiv måte å regulere innetemperaturen på med minimalt energiforbruk. Disse systemene fungerer hele året og er spesielt gunstige for større bygninger eller anlegg med konstant behov for oppvarming eller kjøling.



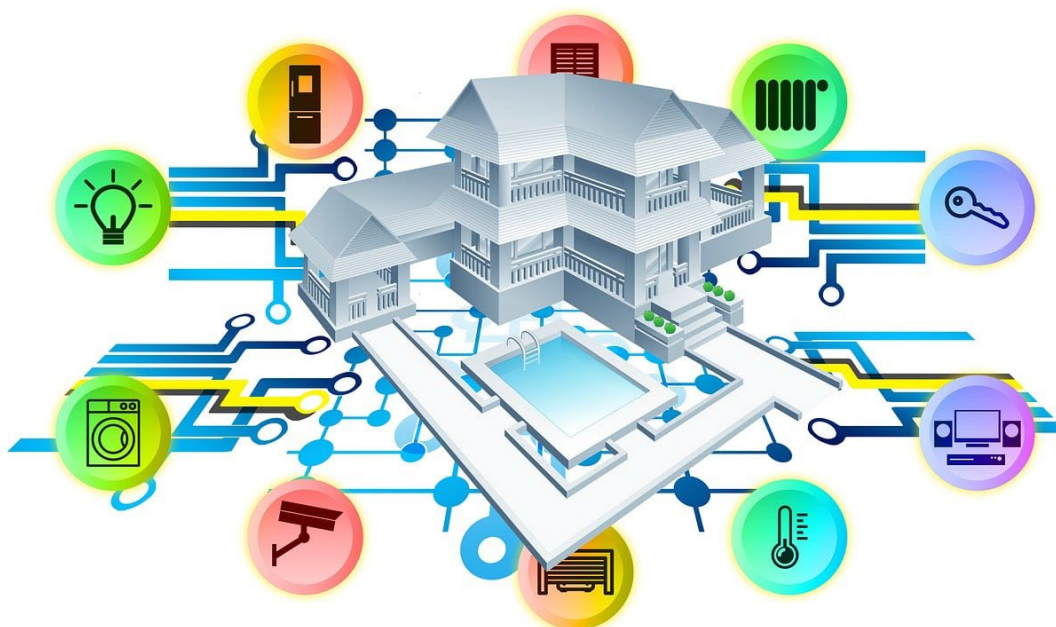
Figur 10 Eksempel på geotermiske systemer.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

- **Andre kilder:** Andre fornybare energikilder for bygninger inkluderer biomassesystemer, som bruker organiske materialer til å generere varme og elektrisitet, og vannkraft, selv om sistnevnte er mer stedsspesifikk og begrenset til bygninger som ligger i nærheten av vann. Hydrogenbrenselceller er også i ferd med å bli en ren energiløsning for bygninger, da de produserer elektrisitet gjennom kjemiske reaksjoner uten forbrenning.

5.3.9. Smarte bygningsteknologier

Smarte bygningsteknologier endrer måten bygninger fungerer på, og muliggjør mer effektiv energibruk gjennom integrering av avansert automatisering, sensorer og smarte nettverk. Disse teknologiene forbedrer energieffektiviteten ved å tilby overvåking og kontroll i sanntid, muliggjøre dynamiske justeringer av energisystemer og optimalisere ressursbruken basert på bygningens belegg og ytre forhold.



Figur 11 Ulike smarte byggtsteknologier integrert i bygninger.

Bruk av automatisering, sensorer og smarte nettverk for å forbedre energieffektiviteten

- **Automatisering:** Automatisering i smarte bygninger muliggjør intelligent kontroll av varme-, kjøle-, belysnings- og ventilasjonssystemer uten menneskelig inngripen. Ved hjelp av byggningsstyringssystemer (BMS) kan bygninger automatisk justere HVAC-innstillinger, belysningsnivåer og vindusskjerming basert på forhåndsinnstilte parametere som tid på døgnet, belegg eller til og med værforhold. Dette reduserer energiforbruket ved å sikre at systemene kun er i bruk når det er nødvendig og på optimale nivåer.
- **Sensorer:** Sensorer spiller en viktig rolle i smarte bygninger ved å levere sanntidsdata om en rekke faktorer, som belegg, temperatur, fuktighet og lysnivå.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

Beleggssensorer kan registrere når et rom eller et område er tomt og justere belysningen eller HVAC-systemene deretter, ved å slå dem av eller redusere effekten. Temperatursensorer kan justere HVAC-systemene for å opprettholde et behagelig inneklima og samtidig minimere energiforbruket. Dagslyssensorer dimmer eller slår automatisk av kunstig belysning når det er tilstrekkelig med naturlig lys.

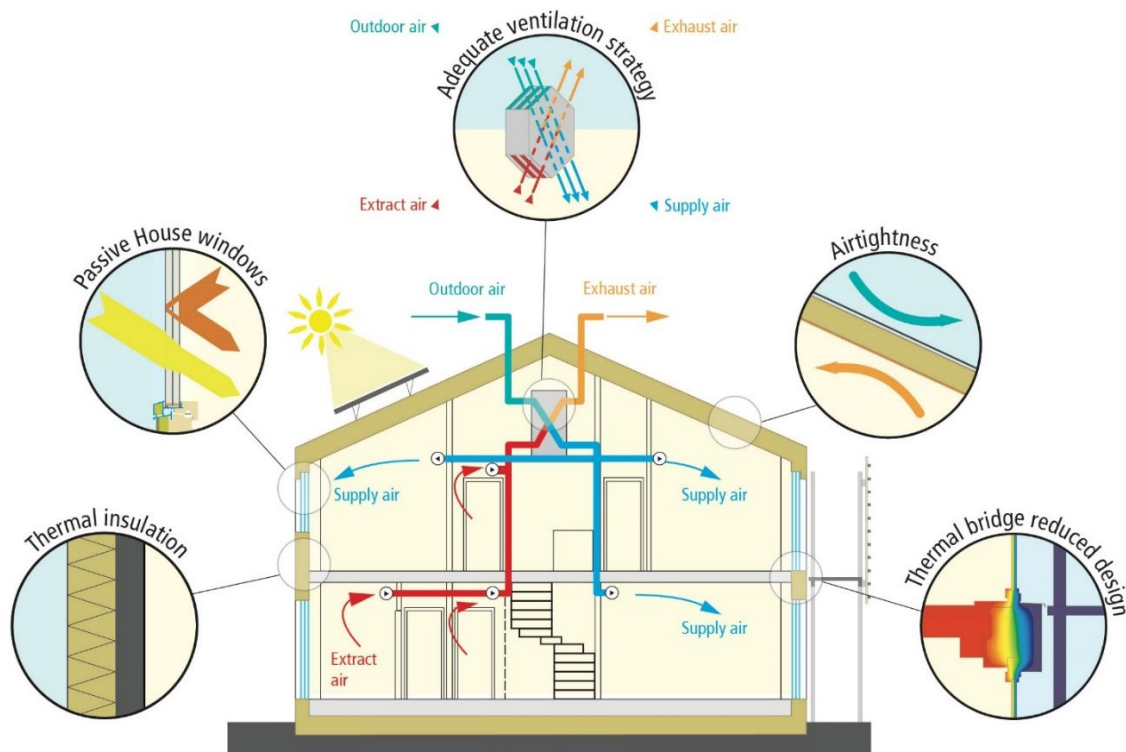
- **Smarte nettverk:** Smarte nettverk integrerer fornybare energikilder, som sol- eller vindkraft, i bygningssystemer og gjør det mulig for bygninger å kommunisere med det bredere energinettet. Gjennom bruk av smarte målere og dynamisk prissetting kan bygninger flytte energiforbruket til perioder utenfor rushtiden når energien er billigere eller mer tilgjengelig, noe som reduserer kostnadene og belastningen på nettet ytterligere. Smarte nettverk muliggjør også etterspørselsresponsprogrammer, der bygninger justerer energiforbruket sitt i respons til nettverkssignaler, for eksempel ved å redusere forbruket i perioder med høy etterspørsel for å unngå belastning på nettverket og redusere energisvinn.

Ved å integrere automatisering, sensorer og smarte nettteknologier kan bygninger redusere energiforbruket betydelig, senke driftskostnadene og bidra til et mer bærekraftig energisystem.

5.3.10. Passive designløsninger

Bygninger som bruker passiv design utnytter naturlig belysning, oppvarming og kjøling på best mulig måte. Mekaniske systemer kan holdes på et minimum ved å bruke teknikker som orientering, skyggelegging, naturlig ventilasjon og bruk av termisk masse. Passiv design øker komforten og trivselen samtidig som energiforbruket reduseres.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger



Figur 12. Diagram over de fem hovedprinsippene som brukes i passivhusbygging.

Orienteringen av en bygning spiller en stor rolle for energieffektiviteten og den generelle komforten. Ved å plassere en bygning strategisk for å maksimere naturlig sollys, spesielt i kaldere klima, kan passiv solvarme optimaliseres, noe som reduserer behovet for kunstig oppvarming. Vinduer mot sør (på den nordlige halvkule) kan fange mest sollys, mens solskjerming eller overheng bidrar til å kontrollere overoppheting om sommeren. I varmere klimaer kan orientering av bygningen for å minimere direkte sollys holde interiøret kjøligere og redusere behovet for klimaanlegg. Vindretning og ventilasjon er også viktige faktorer, da riktig orientering kan fremme naturlig kjøling og luftstrøm. Samlet sett bidrar gjennomtenkt orientering av bygningen til å balansere behovet for oppvarming, kjøling og belysning, noe som forbedrer bygningens miljøytelse betydelig.

5.3.11. Bærekraftige byggematerialer

Bærekraftige byggemetoder vender i økende grad mot bruk av lokale materialer som en sentral strategi for å forbedre energieffektiviteten og redusere miljøpåvirkningen. Lokale materialer, hentet fra nærliggende regioner, gir en dobbel fordel: de reduserer energiforbruket til transport betydelig, samtidig som de støtter lokaløkonomien. Ved å bruke materialer som er lett tilgjengelige i området, kan byggherrer redusere lange forsyningskjeder, som ofte er forbundet med høye karbonutslipp på grunn av drivstofforbruket i transport. Dette reduserer ikke bare byggets samlede miljøavtrykk, men minimerer også forsinkelser og forstyrrelser i forsyningskjeden, noe som gjør byggeprosessen mer robust og kostnadseffektiv.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

I tillegg til fokuset på lokal sourcing, spiller konseptet sirkulær økonomi en viktig rolle i å forbedre bærekraften. En sirkulær tilnærming til bygging innebærer å designe bygninger med materialer som kan gjenbrukes, resirkuleres eller gjenbrukes på en annen måte ved slutten av livssyklusen. Dette reduserer etterspørselen etter råvarer og bidrar til å bevare naturressursene. For eksempel kan materialer som gjenvunnet tre, resirkulert stål eller omformet betong brukes til å bygge nye konstruksjoner uten behov for omfattende bearbeiding. Dette reduserer ikke bare den innebygde energien i byggematerialene – det vil si energien som brukes til utvinning, produksjon og transport – men reduserer også byggavfall, som er en betydelig bidragsyter til deponering og miljøforringelse.

Videre støtter innlemming av prinsippene for sirkulær økonomi lukkede systemer, hvor materialer kontinuerlig resirkuleres gjennom gjenbruks- og gjenvinningsprosesser. Dette står i kontrast til den tradisjonelle lineære økonomien, hvor ressurser utvinnes, brukes og deretter kastes. Ved å holde materialer i bruk lenger, minimerer sirkulær økonomi ressursutvinning, reduserer avfall og forbedrer til slutt energieffektiviteten til bygninger, både under bygging og i løpet av deres levetid. På denne måten reduserer bærekraftige byggematerialer, særlig når de er lokalt produsert og brukt innenfor rammen av en sirkulær økonomi, ikke bare miljøpåvirkningen, men bidrar også til energieffektive, robuste og langvarige konstruksjoner. Bærekraftige byggematerialer er avgjørende for å minimere miljøpåvirkningen fra bygging og forbedre bygningers samlede energieffektivitet. Disse materialene er vanligvis hentet fra fornybare ressurser eller er designet for å ha et lavere miljøavtrykk gjennom hele livssyklusen.

5.4 – Fremtidige trender innen energieffektivitet

5.4.1. Smarte bygninger og tingenes internett (IoT)

En smart bygning integrerer avanserte automatiseringssystemer som styrer ulike aspekter av bygningens drift, for eksempel oppvarming, ventilasjon, klimaanlegg (HVAC), belysning og sikkerhetssystemer, slik at bygningen blir mer responsiv på behov og forhold i sanntid. En viktig teknologi som muliggjør dette er tingenes internett (IoT), et nettverk av sammenkoblede enheter, som sensorer, termostater og målere, som er koblet til internett og kan samle inn, utveksle og analysere sanntidsdata om bygningens ytelse. I smarte bygninger spiller IoT en viktig rolle i å forbedre energieffektiviteten ved kontinuerlig å overvåke sanntidsforhold, som temperatur, fuktighet, belegg og energiforbruk.

En av de vanligste anvendelsene av IoT i smarte bygninger er i HVAC-styring. Tradisjonelle varme- og kjølesystemer kjører ofte kontinuerlig, uavhengig av om rommene er opptatt eller om temperaturen må justeres. Smarte termostater, koblet til via IoT, kan automatisk justere temperaturen basert på sanntidsdata om belegg, værforhold og til og med historiske mønstre for bruk av bygningen. Disse justeringene sikrer at energien brukes mer effektivt, noe som reduserer unødvendig forbruk samtidig som det opprettholdes et behagelig miljø for brukerne.

Belysningssystemer i smarte bygninger drar også nytte av IoT-integrasjon. Smart belysning, utstyrt med bevegelsessensorer og teknologier for utnyttelse av dagslys, kan

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

automatisk justere lysintensiteten og varigheten basert på belegg og tilgjengelig naturlig lys. For eksempel kan lysene dimmes eller slås av når ingen er til stede, eller justere lysstyrken for å komplementere mengden sollys som strømmer inn gjennom vinduene. Dette reduserer ikke bare energiforbruket, men forbedrer også komforten for brukerne ved å gi optimale lysforhold.

I tillegg kan IoT-enheter bidra til å identifisere ineffektivitet ved å levere data som kan analyseres for å forutsi feil på utstyr, som kjeler, klimaanlegg eller heiser, eller anbefale vedlikehold, slik at anleggsledere kan håndtere problemer proaktivt og ytterligere forbedre bygningens samlede energiprestasjon.

Dataene som genereres av IoT-enheter er også verdifulle for langsiktig energiplanlegging. Fasilitetsforvaltere kan bruke historiske data til å spore energiforbruket over tid, identifisere ineffektivitet og sette mer presise energisparemål. For eksempel kan analyse av trender i energiforbruket i forskjellige årstider eller på forskjellige tider av døgnet avdekke muligheter for forbedringer, som å justere HVAC-innstillingene for å tilpasse dem bedre til faktiske bruksmønstre. Videre kan disse dataene brukes til å sammenligne bygningens energiytelse med bransjestandarder eller myndighetskrav, noe som bidrar til å sikre at energieffektivitetsmålene overholdes.

Samlet sett tilbyr integrering av IoT i smarte bygninger en kraftig løsning på utfordringen med å redusere energiforbruket samtidig som man opprettholder komforten for brukerne og driftseffektiviteten.

5.4.2. Fremskritt innen byggematerialer og teknologi

Energieffektivitet i bygninger har blitt et viktig fokus for arkitekter, ingeniører og byggfagfolk, ettersom den globale etterspørselen etter bærekraftige og miljøvennlige bygninger fortsetter å øke. Fremskritt innen byggematerialer og byggteknologi spiller en viktig rolle i å oppnå høyere energiytelse, redusere karbonavtrykket og forbedre bygningers samlede bærekraft. Fra innovative isolasjonsmaterialer til smarte vinduer og avanserte byggteknikker, endrer disse utviklingene måten vi tenker på energieffektivitet i det bygde miljøet.

En av de viktigste fremskrittene innen byggematerialer for energieffektivitet er utviklingen av høytytelsesisolasjon. Tradisjonelle isolasjonsmaterialer, som glassfiber, har vært mye brukt i flere tiår, men nye materialer tilbyr overlegen termisk ytelse samtidig som de minimerer energitapet. Aerogeler er for eksempel ultralette materialer som er kjent for sine utmerkede isolasjonsegenskaper. Til tross for at de er ekstremt tynne, kan aerogeler gi betydelig bedre isolasjon enn konvensjonelle materialer. På samme måte blir vakuumisolerende paneler (VIP) stadig mer populære i vegger og tak på grunn av deres evne til å gi høye isolasjonsverdier samtidig som de tar mindre plass. Disse avanserte materialene bidrar til å redusere energibehovet til oppvarming og kjøling ved å begrense varmeoverføringen mellom bygningens innside og utside.

Et annet innovativt materiale som brukes til å forbedre energieffektiviteten i bygninger, er faseendringsmaterialer (PCM). PCM har evnen til å absorbere og lagre termisk energi

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

om dagen og frigjøre den i kjøligere perioder, for eksempel om natten. Ved å regulere innetemperaturen på en naturlig måte reduserer disse materialene behovet for kunstig oppvarming og kjøling, og dermed energiforbruket [15].

Vinduer er ofte en kilde til betydelig energitap i bygninger, men fremskritt innen glass teknologi bidrar til å redusere dette. Smart glass, også kjent som elektrokromt eller dynamisk glass, kan automatisk justere gjennomsiktigheten basert på mengden sollys eller varme det utsettes for. Ved varmt vær kan glasset mørkne for å redusere mengden varme som kommer inn i bygningen, noe som reduserer behovet for klimaanlegg. Ved kaldere forhold kan glasset bli klarere, slik at mer sollys kan trenge inn og varme opp interiøret på en naturlig måte [16].

Grønne tak og levende vegger:

Fremskritt innen grønne byggteknologier har også ført til utviklingen av grønne tak og levende vegger, som gir både estetiske og energibesparende fordeler. Grønne tak, dekket av vegetasjon, bidrar til å isolere bygninger ved å absorbere varme, gi naturlig kjøling og redusere den urbane varmeøyeffekten. Dette reduserer mengden energi som trengs for å kjøle ned en bygning om sommeren. På samme måte kan levende vegger – vertikale hager installert på bygningens utside – forbedre isolasjonen og redusere energikostnadene ved å skygge veggene og regulere temperaturen på en naturlig måte. I tillegg til å forbedre energieffektiviteten, bidrar disse grønne funksjonene også til bedre luftkvalitet og biologisk mangfold i urbane miljøer.

Prefabrikasjon og modulær konstruksjon:

Nye byggteknologier, som prefabrikasjon og modulær konstruksjon, bidrar til energieffektivitet ved å forbedre presisjonen og hastigheten i byggeprosessen. Prefabrikkerte bygningskomponenter, som vegger, gulv og takseksjoner, produseres i kontrollerte omgivelser, noe som gir strengere toleranser for konstruksjonen og bedre integrering av energieffektive materialer. Dette reduserer risikoen for luftlekkasjer og kuldebroer, som kan ha betydelig innvirkning på bygningens energiytelse. Modulær konstruksjon, hvor hele deler av en bygning bygges utenfor byggeplassen og deretter monteres på stedet, reduserer også avfall og sikrer at bygninger er mer energieffektive fra starten av. Disse metodene muliggjør integrering av avansert isolasjon, høyeffektive vinduer og lufttett konstruksjon fra starten av.

Den kontinuerlige utviklingen av byggematerialer og teknologier gir mange muligheter for å forbedre energieffektiviteten i moderne bygninger, noe som bidrar til å redusere energiforbruket og samtidig forbedre komforten og bærekraften. Etter hvert som disse materialene og teknologiene blir mer utbredt, vil de spille en viktig rolle i å skape bygninger som ikke bare oppfyller, men overgår energieffektivitetsstandardene, og dermed bidra til et mer bærekraftig og robust byggmiljø.

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

Referanser

1. Teknisk byggforskrift STR 2.01.02:2016 *Energieffektivitetsdesign og sertifisering av bygninger*. [D1-754 Dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir...“](#) (tilgjengelig 07.06.2024)
2. Energieffektivitet. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/energy-efficiency> (åpnet 07.06.2024).
3. Europakommisjonen. *Direktiv om bygningers energimessige ytelse*. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en (åpnet 07.06.2024).
4. Europakommisjonen. *I fokus: Energieffektivitet i bygninger*. https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en (åpnet 7. juni 2024).
5. Europakommisjonen. *Langsiktig strategi for 2050*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en (åpnet 7. juni 2024).
6. Deringer, J. J., Iyer, M., & Huang, Y. J. (2004). Overført bare på papiret? Hvorfor kommer ikke virkeligheten med overføring/tilpasning av energieffektivitetsregler og -standarder i nærheten av potensialet? I *Proceedings of the 2004 American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*.
7. *Sertifisering av bærekraftige bygninger: en oversikt*. <https://hagergroup.com/en/blog/sustainability/sustainable-building-certifications> (tilgjengelig 10.06.2024).
8. Martinaitis, V., Rogoža, A. og Šiupšinskas, G. (2012). *Energijos vartojimo pastatuose auditas*. Vilnius: Technika. 124 s.
9. Kylili, A., Fokaides, P. A. (2015). *European smart cities: The role of zero energy buildings*. Sustainable Cities and Society. Bind 15, 86–95 s.
10. EPB Center. *Direktiv om energieffektivitet i bygninger (EPBD)*. <https://epb.center/epb-standards/energy-performance-buildings-directive-epbd/> (tilgjengelig 11.06.2024).
11. European Association for External Thermal Insulation Composite System. *Om ETICS*. <https://www.ea-etics.com/etics/about-etics/> (åpnet 12.06.2024).
12. ISO: Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen. *ISO 9972:2015 Termisk ytelse av bygninger – Bestemmelse av luftgjennomtrengelighet i bygninger*. <https://www.iso.org/standard/55718.html> (tilgjengelig 13.06.2024).
13. Europakommisjonen. *Energieffektive produkter. Lyskilder*. https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/product-list/light-sources_en (åpnet 14.09.2024)
14. EPREL – Det europeiske produktregisteret for energimerking. <https://eprel.ec.europa.eu/screen/home> (åpnet 14.09.2024).

Grunnleggende begreper innen energieffektivitet i bygninger

15. Lisa Liu, Nadia Hammami, Lionel Trovalet, Dimitri Bigot, Jean-Pierre Habas, Bruno Malet-Damour (2022). *Beskrivelse av faseendringmaterialer (PCM) brukt i bygninger under ulike klimaforhold: En gjennomgang*. Journal of Energy Storage, Vol 56, Del A, 2022.

16. Neurojet. *Smarte vinduer for smarte bygninger; omfattende guide 2024*. <https://neuroject.com/smart-windows/> (åpnet 10.10.2024).

Figur Forside <https://pixabay.com/illustrations/save-energy-energy-saving-7382276/>

Figur 4 <https://globalescolha.pt/servicos/sistema-etics/>

Figur 5

<https://www.flickr.com/photos/mitopencourseware/3039165614/in/photostream>

Figur 6 <https://pixabay.com/photos/hall-roof-ventilation-2560454/>

Figur 7 https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/product-list/light-sources_en

Figur 8 <https://pixabay.com/photos/architecture-building-residences-2564183/>

Figur 9 <https://pixabay.com/photos/wind-power-landscape-clouds-heaven-1357419/>

Figur 10 https://www.freepik.com/free-photo/high-angle-model-renewable-energy-with-geothermal-power_16713400.htm#fromView=search&page=1&position=1&uuid=df846b64-5988-45fb-8c9b-714b1b6f46e0

Figur 11 <https://pixabay.com/illustrations/smart-home-house-technology-2769239/>

Figur 12 https://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm

Figur 13 <https://pixabay.com/illustrations/computer-technology-connected-8045000/>

6 - Leveranser

For å evaluere suksessen til applikasjonen, foreslår vi at studentene svarer på et spørreskjema.

7- Hva vi har lært

Grunnleggende forståelse av energieffektivitet i bygninger.

Ulike passive og aktive løsninger som er brukt i bygningen for å oppnå bedre energieffektivitet.

Bli kjent med fremtidige trender innen energieffektivitet i bygninger og utviklingen av materialer og teknologier.