

**Norske Sivilingeniørers Forening
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
NIF Kursdagene ved NTNU 2003**

EFFEKTIV ENERGIBRUK I BYGNINGER – Innsatsfaktor for bedre inn klima, produktivitet og helse

06. - 07. januar 2003

Kontinuerlig tilstandsanalyse av bygning og installasjoner – Grunnlaget legges i planleggingsfasen

**Professor Vojislav Novakovic, Dr.ing.
Institutt for energi- og prosesseteknikk, NTNU**

Sammendrag

Alle seriøse aktører involvert i bestillingen, planleggingen og fremstillingen av bygninger har gode hensikter om, gjennom sitt arbeid i ulike faser av byggeprosjektet, å oppfylle de anerkjente krav om godt inn klima, rasjonell bruk av energi og rimelig økonomi.

De ferdige bygninger viser i alt for mange tilfeller uoverensstemmelse mellom de forutsatte krav og virkeligheten. Problemer oppstår ofte allerede ved overtagelsen og innkjøringen av bygget og installasjoner, eller de kan vises etter at anlegget har vært en tid i bruk.

En mulig måte å kvalitetssikre riktig funksjon på, er gjennom en kontinuerlig kontroll av energi- og inn klima-tilstander som oppnås i bygningen under daglig drift, mot de forutsetninger som ble satt i design prosessen. Dette betyr ikke bare en enkel indikasjon om det finnes feil i form av avvik fra de forutsatte tilstander. I tillegg innebærer dette at informasjon om avvik kombineres med lagrede data om tidligere tilstander og de beregnede forventede utviklinger slik forutsatt under prosjektering. Dette vil gi en automatisk indikasjon på hvilken komponent som forårsaker feilen.

Utvikling innenfor matematisk modellering og simulering, måleteknikk, og ikke minst datateknikk gir muligheten til å utvikle et nytt system for kvalitetssikring av funksjonsleveransen ved hjelp av kontinuerlig kontroll av energi- og inn klima-tilstander i bygninger. Et slikt system kan bli implementert i anlegg for sentral driftskontroll (SD-anlegg). Dette verktøyet vil kunne, på en avansert måte, forene flere av de metodene for kvalitetssikring som vi kjenner i dag, eksempelvis overtagelsesforretning, energioppfølging og enøk-analyse.

Dette systemet for kontinuerlig kontroll av energi- og inn klima-tilstander i bygninger vil kombinere all relevant informasjon:

- utviklet gjennom prosjektering;
- innsamlet ved utbalansering, innregulering og overtagelse;
- innsamlet fra daglig drift over tid;
- øyeblikksverdier for forskjellige tilstander;
- prognoser for utvikling av viktige parametere som værforhold, energipriser, renter ol.

En avansert behandling av all informasjon vil gjøre det mulig å foreta både deteksjon og diagnostisering av feil på en automatisert måte. Dette vil frigjøre byggherren fra behovet for å inneha en relativt høy kompetanse innenfor feilsøking og diagnostisering hos sitt personale som er involvert i driften av bygg og tekniske installasjoner.

Innenfor Det Internasjonale Energi Byrået (IEA), Programmet "Energiøkonomisering i bygninger og de regionale systemer" (ECBCS), er det opprettet et nytt prosjekt: Annex 40 – "Tilstandskontroll av klimasystemer i bygninger for bedre energiytelse". Prosjektet ble startet som et forberedende Annex i 2001, og er i full aktivitet fra januar 2002 med varighet på tre år. (<http://www.commissioning-hvac.org> og <http://www.ecbcs.org/Annexes/annex40.htm>)

Annexet gjennomføres ved deling av arbeidsinnsatsen og resultatene innenfor et felles prosjekt. Land som forplikter seg til å være med, må delta med en innsats som tilsvarer minst et årsverk per år. Det er fullt mulig å delta med større innsats og med flere personer. Det er også mulig å danne nasjonale team og nasjonale prosjekter for å støtte opp under det internasjonale prosjektet.

Mål for prosjektet er å utvikle, verifisere og dokumentere et verktøy for kontroll av energi- og klimatilstander i bygninger under kontinuerlig drift, slik at det vil bli mulig å oppfylle de krav for inneklimate og energi som ble satt opp, under designfasen av byggeprosjektet. Prosjektet vil utvikle retningslinjer for hvordan informasjon fra designfasen og målinger fra driften bør formuleres og utføres for at de kan benyttes til tilstandskontroll. Det vil bli fremstilt en prototype for verktøyet som kan bli installert på en uavhengig PC eller på et SD-anlegg.

Målgruppen for verktøyet for kontroll av energi- og klimatilstander er:

- byggherren som kan kontrollere om byggets energi- og klimatilstand under kontinuerlig drift er i henhold til intensjoner satt under projektering
- den prosjekterende og entreprenøren som kan kontrollere om byggets energi- og klimatilstand både ved overlevering og i drift er i henhold til intensjoner
- ansvarlig for drift av bygningen (egen driftsavdeling eller innleid selskap) som kan kontrollere og forbedre byggets energi- og klimatilstand under kontinuerlig drift
- automatikkleverandørene som kan forbedre sine systemer for sentral driftskontroll.

I skrivende stund er det avklart at følgende land vil delta: Frankrike, Sverige, Belgia, Canada, Japan, Sveits, USA og Norge. I tillegg arbeider følgende land med å skaffe nødvendig finansiering for sin deltakelse: Nederland, Finland, Tyskland, Stor Britannia, Sør-Korea og Kina.

Norge har endelig klart å etablere en konstruksjon som gir grunnlag for nødvendig innsats og deltakelse i Annexet. Dette oppnås gjennom et dr.ing.-studium finansiert av NTNU og en PostDoc fra SIP/SUP Smartbygg finansiert av Norges forskningsråd, begge innenfor NTNU's satsningsområde Energi og miljø. Det vil bli arbeidet videre for å etablere et norsk nasjonal team for prosjektet med representanter fra bygge- og eiendomsnæringen.

Norge er med i dette prosjektet for:

- å være bedre i stand til å sikre riktig inneklimate og energibruk i bygninger
- å øke egen kompetanse innenfor intelligente klima- og energiløsninger
- å bidra i den internasjonale utviklingen av teknologien for intelligente klima- og energiløsninger
- å kunne gi støtte til byggherrene og de ansvarlige for drift av bygninger i deres daglige kamp for riktig og økonomisk funksjon
- å bidra til utvikling av norske produkter og demonstrasjonsanlegg innenfor intelligente klima- og energiløsninger.

1. Krav som stilles til moderne bygninger

Vi bygger bygninger for å beskytte oss mot de ytre klimatiske forhold. Dette er den primære funksjon for bygninger. Gjennom sin historiske utvikling har bygninger fått flere andre funksjoner. De skal også gi beskyttelse mot uønsket innsyn og forstyrrelser, og de må samtidig verne våre eiendeler. Videre må de skape gode forhold til alle våre innendørs aktiviteter som kan spenne helt fra matlaging, personlig hygiene eller søvn i våre boliger, og over til utøvelse av våre yrker i forskjellige typer arbeidslokaler, eller til mottak av ulike tjenester i forskjellige typer servicebygninger.

Vårt overordnede mål for alle bygninger er at vi skal kunne leve og arbeide i dem uten at vår helse, trivsel eller sikkerhet blir rammet.

Bygget i seg selv klarer ikke å tilfredsstillere alle de behov menneskene har med hensyn til god funksjon. Det er nødvendig med diverse tekniske installasjoner for å opprettholde et akseptabelt inneklima, uavhengig av de ytre og indre belastninger og av bruken av bygget. Utstyr for oppvarming, kjøling, ventilasjon samt sanitasjon må til for at mennesker som befinner seg innendørs skal få tilfredsstillende sine krav til termiske komfort, luftkvalitet og personlig hygiene. I enkelte tilfeller kan bestemte krav om inneklima settes også ut fra hensyn til industriprosesser og produkter, eller eventuelt til planter og dyr.

Videre trenger våre bygninger elektriske installasjoner som sørger for en tilfredsstillende forsyning av elektrisk energi som gir drivkraft både til forskjellige apparater og utstyr, som sørger for belysning, telefonisk og intern kommunikasjon, diverse alarm-, sikkerhets- og signalfunksjoner, data-, lyd- og bildeoverføring, person- og varetransport, samt mange andre.

De sentrale krav som stilles til moderne bygninger kan i all korthet formuleres slik:

- Bygninger må sørge for et komfortabelt og sunt innendørs miljø
- Bygninger må være økonomiske både når det gjelder investerings- og driftskostnader
- Bygninger må gi pålitelige og sikre forhold uten uheldig virkning på utemiljøet.

2. Automatisering av tekniske installasjoner i bygninger

Bygninger inneholder i dag en rekke tekniske installasjoner som er helt nødvendige for den daglige virksomhet i bygningen. For å utføre sin spesielle oppgave bruker hver eneste av de mange tekniske installasjonene energien i en eller annen form. For at forskjellige oppgaver til tekniske installasjonene i bygget skal kunne realiseres på en tilfredsstillende måte er det i større eller mindre grad behov for overvåkning, styring eller regulering. De tekniske installasjonene øker i antall og omfang med økende størrelse på bygningen. Det samme gjør også utstyret for overvåkning, styring og regulering.

Bygningsautomatisering er et samlebegrep som generelt sett omfatter alle systemer for overvåkning, styring og regulering av ulike tekniske installasjoner som vi kan finnes i bygningen.

En sentralisering av byggautomatiseringen gir en betydelig mulighet for optimalisering og rasjonalisering av driften. Dette vil føre til et oppnåelse av et tilfredsstillende inneklima, redusert energibruk og effektbehovet samt reduserte kostnader. For å få fullt utbytte av en sentralisert bygningsautomatisering må den være utstyrt med de nødvendige fasiliteter for den overordnede driftsoptimaliseringen. Denne må videre være basert på en samlet vurdering av alle tekniske

installasjoner og deres drift, spesielt med tanke på gjensidige påvirkninger mellom installasjonene og på samtidighet og sammenlagring av belastningene.

Utstyr for automatisering var tidligere basert på den analoge teknikken hvor bestemte fysiske størrelser ble benyttet for å representere de regulerte tilstander. Denne teknikken er meget stiv i oppbyggingen og ga liten mulighet for kombinasjon av signaler mellom systemene. Dette var en begrensende faktor for full sentralisering av bygningsautomatiseringen.

Den digitale teknikken, som er i praksis kjent under betegnelsen DDC - Direct Digital Control, er blitt innført i nyere tid og har etterhvert blitt dominerende innen utstyr for automatisering. Denne teknikken er meget fleksibel i oppbyggingen og åpner for en større grad av sentralisering og integrering av forskjellige funksjoner.

Utviklingen av DDC-teknikken i forbindelse med bygningsautomatisering startet på slutten av 1970 årene. Frem til i dag har tre perioder karakterisert og dominert utviklingen.

I 1980 årene var fokus på kostnader. Hovedspørsmålet var: Klarer vi å forsvare ekstra kostnader ved anvendelse av DDC-teknikken?

I 1990 årene har DDC-teknikken blitt dagligdags og fokus kom på åpenhet mellom forskjellige systemene og produktene. Hovedspørsmålet var: Klarer de forskjellige systemer og produkter å fungere sammen?

I 2000 årene kan vi si at problemer med åpenhet er mer eller mindre løst og fokus blir rettet tilbake på regulering. Nå kan vi konsentrere oss om utvikling av sofistikerte algoritmer for regulering!

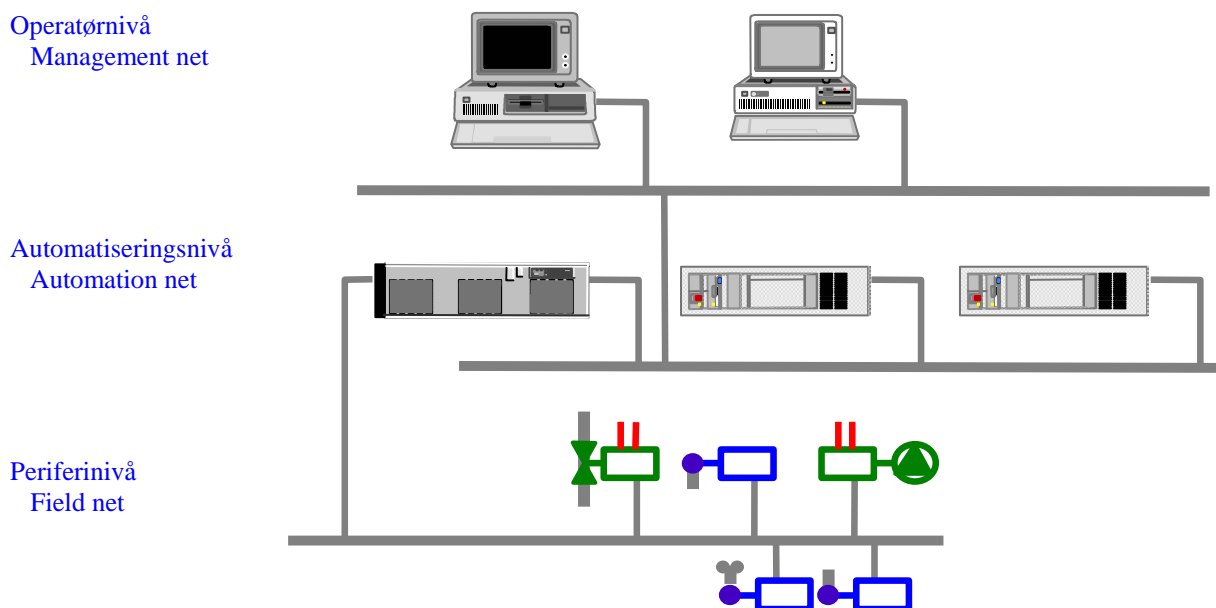
3. Sentraldriftskontroll

Sentral driftskontroll benyttes som et samlebegrep for sentralisert byggautomatisering basert på digital teknikk og utstyr.

De første digitale systemene hadde en sentralt plassert datamaskin, gjerne en minimaskin, som inneholdt all programvare for overvåking, styring og regulering av alle tekniske installasjoner i bygningen og for den overordnede driftsoptimalisering. En slik sentralisert datakraft representerte en stor risiko for driftssikkerhet av installasjonene, på grunn av at den var helt avhengig av driftssikkerheten for den valgte datamaskin.

I dagens systemer for sentral driftskontroll finner vi også desentralisert datakraft ved siden av den sentrale (DDDC – Distributed Direct Digital Control). Programvaren for de fleste styrings- og reguleringsfunksjoner er plassert på et lavere nivå i hierarkiet, mye nærmere til det aktuelle anlegg. På denne måte kan alle oppgaver som er viktig for drift av anleggene utføres uavhengig av den sentrale datamaskinen. Dette har gitt en høyere grad av driftssikkerhet og større fleksibilitet i systemoppbyggingen.

På markedet finnes det i dag flere systemer for sentral driftskontroll. Systemene varierer mye fra produsent til produsent, men de fleste er systematisk oppbygget med en hovedsentral, et antall undersentraler og flere lokalsentraler, som vist i Figur 1.



Figur 1: Sentral driftskontroll - systemskisse

Hovedsentralen består ofte av en datamaskin, utskriftsenhet, operatørplass og programmeringsenhet. Den sentrale datamaskinen sørger for koordinering av informasjonen til og fra operatøren og for den overordnede driftsoptimalisering. Utskriftsenheten har en eller flere skrivere, ofte med forskjellig gjengivelseskvalitet, for utskrift av alarmer, rapporter, statistikker og annet. Operatørplassen har normalt en billedskjerm med tastatur for kommunikasjon mellom operatøren og de tekniske anleggene. Ved hjelp av skjermen kan operatøren få kontinuerlig informasjon om driftstilstandene mens tastaturet gir mulighet for endring av diverse driftsparametre. En hovedsentral kan betjene enten en enkel bygning eller en hel bygningsmasse, men dens funksjon er i utgangspunktet ikke nødvendig for drift av enkelte tekniske anlegg.

Subsentralene plasseres ute i systemet og de sørger for kontroll over enkelte deler av systemet. Det kan være en bygning i bygningsmassen, en del av en bygning, eller en gruppe tekniske anlegg i bygningen. Subsentralene er bindeleddet i signaloverføringen mellom lokalsentralene og hovedsentralen. Antall subsentraler og funksjon som legges til subsentralene er avhengig av størrelsen for systemet. Subsentralene kan utelukkes i mindre systemer.

Lokalsentralene plasseres nær den enkelte tekniske installasjon og sørger for direkte overvåkning, styring og regulering av installasjonen.

Informasjonsstrømmen som utveksles mellom lokalsentralene og hovedsentralen er bestemt av fordelingen mellom lokal og sentral utførelse. Hovedsentralen mottar en rekke tilstandsmålinger og statussignaler fra lokalsentralene. I hovedsentralen foretas overordnet driftsoptimalisering basert på en analyse av den totale driftssituasjon. Dette nivå i kommunikasjonen kalles operatørnivået. Hovedsentralen sender signaler til lokalsentralene om nødvendige endringer av styresignalene, settpunktene eller regulatorparametrene slik at optimalt drift oppnås. Men lokalsentralene er uavhengige i sin basis funksjon av det overordnede nivå. Dette kalles for automatiseringsnivå. Det laveste nivå, hvor det foregår kommunikasjon med den enkelte sensor eller aktuator kalles periferinivå. Kommunikasjon på dette nivå har lenge foregått ved hjelp av analoge signaler. Den er i dag nesten fullstendig avløst av data teknologien og buss-løsninger.

4. Intelligente bygninger

Anvendelse av den digitale teknikken i bygningsautomatisering kom som resultat av den eksplosive utviklingen innenfor informasjonsteknologien, herunder mikroelektronikken, personlige datamaskiner og nettverkløsninger. I forbindelse med bruken av datamaskiner for automatisering av de forskjellige tekniske installasjoner, har begrepet ”intelligente bygninger” oppstått. Vanligvis benyttes det for store yrkesbygg, mens ”smarte hus” benyttes for mindre hus og for boliger.

Selve konseptet om intelligent bygninger ble det for første gang markedsført i 1984 i forbindelse med et 38 etasjes høy kontorbygg i Hartford, USA kalt City Plaza Building. Det ble oppført av selskapet United Technologies, som tidligere jobbet stort sett i forsvarsindustrien, men som ble rammet av innskrenkninger i forsvarsbudsjettet. Selskapet ønsket å motvirke krisen ved å utvide sin virksomhet på andre felter. De gikk sammen med andre selskaper som jobbet med heiser, rulletrapper, luftkondisjoneringsanlegg, måleorganer og mikroprosessorer. De dannet et nytt selskap som sto for integrerte løsninger for de tekniske installasjoner i bygninger. På denne tiden var det et generelt overskudd av utleie lokaler på markedet. Dette tvang utleierne til å søke etter spesielle løsninger og fordeler for sine bygg. I tillegg var telekommunikasjonstjenester billige pga at det fantes et overskudd på markedet som nettopp ble deregulert.

På tross av at konseptet om intelligente bygninger har eksistert i over femten år finnes det ingen omforenet definisjon på hva som menes med ”intelligensen” i denne sammenheng og hva den omfatter. I den første tiden var man mest fascinert av den ”intelligente” tenikken som ble benyttet, mens i dag er man opptatt av funksjonaliteten som teknikken vil oppnå. Vi kan følge en utvikling av forklaringen på begrepet ”intelligente bygninger” i løpet av de tre siste tiår:

I 1980 årene var fokus på utstyret:

- En bygning med sofistikert telekommunikasjon, overvåkning, styring og regulering, samt datanett.

I 1990 årene var fokus dreid på funksjon:

- En bygning som maksimerer brukernes produktivitet, effektiviserer utnyttelsen av ressurser og minimaliserer livsløpskostnader.

I 2000 årene ligger fokus på integrasjon:

- En prosess som sørger for en optimal utnyttelse av bygget, arealer, installasjoner og organisasjonen med hovedmål å gi brukeren støtte til en effektiv næringsvirksomhet

5. Byggeprosess - fra krav på papiret til realisering i praksis

Alle seriøse aktører involvert i bestillingen, planleggingen og fremstillingen av bygninger har gode hensikter om å oppfylle de fremsatte krav, når de arbeider med forming, prosjektering, dimensjonering og oppførelse av byggene og de tekniske installasjoner.

Produktet fra denne prosessen, det ferdige bygget med tekniske installasjoner, viser i alt for mange tilfeller uoverensstemmelse med de forutsatte krav. Avvik og problemer kan oppstå allerede ved overtagelsen og innkjøringen av bygget og installasjoner, eller de kan vises etter at anlegget har vært en tid i bruk. Årsaken for problemene kan ligge enten i prosjekteringen eller i utførelsen, sågar i begge av delene. Noen av problemene oppstår også på grunn av endringer etter langvarig drift og manglende vedlikehold.

Disse problemene resulterer i:

- Bygninger med ikke komfortabelt, eller sågar helsefarlig inneklima.
- Bygninger med stor energibruk, effektbehov og miljøbelastning.
- Bygninger med store driftskostnader og lav produktivitet.

Dette viser at gode intensjoner gitt ved de forannevnte krav, ikke bestandig blir realisert i praksis. Bedre kvalitetssikring av arbeidet både med prosjektering og utførelse kan være en del av løsningen, men vi vil aldri klare å fjerne alle problemer og utelukke alle feil.

6. Kvalitetssikring av forutsatt funksjon

Bygget og de tekniske installasjoner prosjekteres og dimensjoneres for å tilfredsstillende bestemte, ofte ekstreme forhold, mens de i praksis oftest vil fungere under moderate og lave belastninger.

Både prosjektering og utførelse er utsatt for stort tidsmessig og økonomisk press.

Nedsmussing, slitasje, aldring og annen degradering som vil bygge seg sakte opp over lang tid vil føre til at enkelte komponenter eller anlegg ikke har forutsatt ytelse.

Disse er bare noen av de sentrale faktorene som tydelig viser hvor vanskelig og sammensatt det er å kvalitetssikre riktig funksjon av bygget og de tekniske installasjoner.

I dag benytter vi oss av flere tiltak eller prosesser for å avdekke feil på anlegg med formål å kvalitetssikre funksjonen:

- Overtagelsesforretninger for tekniske anlegg
- Energioppfølging
- Enøk-analyse

Ved overtagelsesforretningen, når bygget og de tekniske anlegg tas i bruk, sammenlignes oppnådde tilstander med de forutsatte under prosjektering. Her inngår også utbalansering og innregulering i en tidlig fase av forretningen. Ved energioppfølging sammenlignes virkelig energibruk med en budsjettert energibruk over bestemte tidsperioder. Den budsjetterte energibruken trenger nødvendigvis ikke å stå i et direkte forhold til de prosjekterte tilstander, den ofte tilpasses de praktiske forhold som råder på bygningen. Enøk-analyse er en kartlegging av tilstander på en bygning som har vært i bruk en tid og hvor ytelsen gjerne har kommet langt på siden av de opprinnelige forutsetninger.

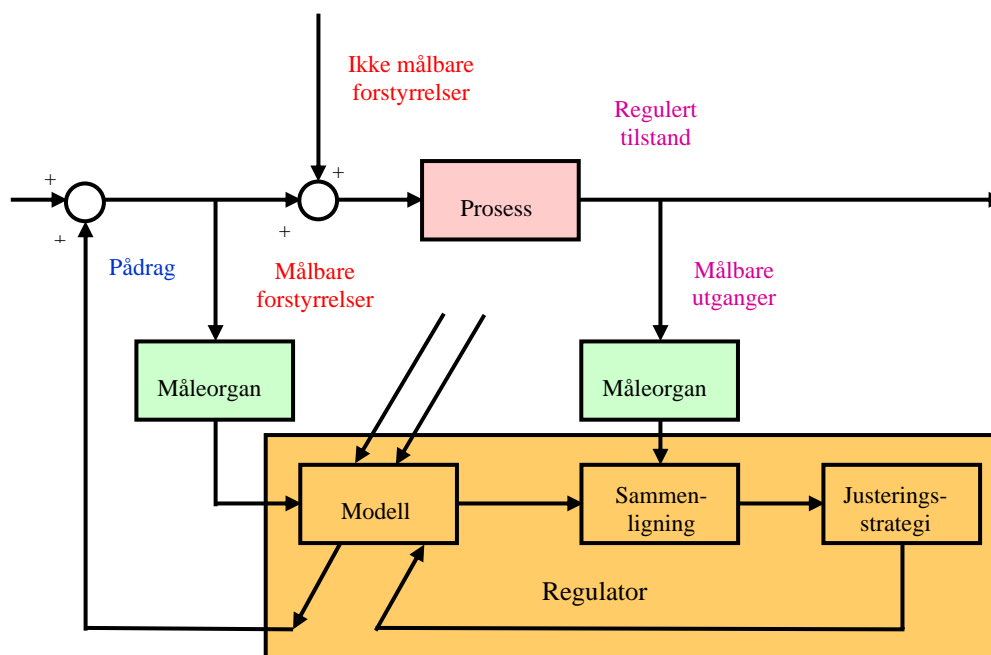
En felles karakteristikk for de tre prosessene, overtagelse, energioppfølging og enøk-analyse, er at de er fokusert på innsamling av informasjon som gjør det mulig å detektere feil. Vi, for eksempel, ser avvik fra ønsket temperatur i løpet av en ettermiddag eller registrerer større energibruk enn forutsatt i løpet av en bestemt uke. Systemene gir imidlertid ingen indikasjon om hva er, eller hvor ligger, årsaken til feilen. Diagnostisering er overlatt til det involverte personalet og deres kompetanse.

7. Kontinuerlig kontroll av tilstander

En mulig måte å kvalitetssikre riktig funksjon på, er kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimateilstander som i realiteten oppnås i bygningen mot forutsetningene som var satt i design prosessen.

Dette vil, som første trinn, gi en indikasjon på om det finnes noen feil i anlegget, dvs deteksjon av feil. Feilen vil bli avviket fra den forutsatte tilstanden slik den ble bestemt under prosjektering. Videre kan denne informasjon kombineres med lagrede data om tidligere tilstander og de beregnede forventede utviklinger, for å finne ut hvilken komponent forårsaker feilen, diagnostisering av feil.

Utvikling innenfor måleteknikk, matematisk modellering og simulering og ikke minst datateknikk gir oss mulighet til å utvikle et nytt system for kvalitetssikring av funksjonsleveransen ved hjelp av kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimateilstander i bygninger. Et slikt system kan bli implementert i SD-anlegget etter mønsteret vist i Figur 2.



Figur 2: Regulering etter prinsippet om modellstyring

Dette systemet vil på en avansert måte forene flere av de metodene for kvalitetssikring som bel nevnt tidligere.

Det foreslåtte systemet for kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimateilstander i bygninger vil kombinere all relevant informasjon:

- utviklet gjennom prosjekteringen
- innsamlet ved utbalansering, innregulering og overtagelse
- innsamlet fra daglig drift over tid
- øyeblikksverdier for forskjellige tilstander
- prognoser for utvikling av viktige parametere som værforhold, energipriser, renter ol.

En avansert behandling av all denne informasjon vil gjøre det mulig å foreta både deteksjon og diagnostisering av feil på en automatisert måte. Dette vil frigjøre byggherren fra behovet for høy kompetanse hos personalet som er involvert i driften av bygg og tekniske installasjoner.

8. Internasjonalt prosjekt

Innenfor Det Internasjonale Energi Byrået (IEA) og det spesifikke programmet ”Energioptimalisering i bygninger og de regionale systemer” (ECBCS), ble i løpet av 1999/2000 tatt initiativ til opprettelse av et nytt prosjekt: Annex 40 – ”Tilstandskontroll av klimasystemer i bygninger for bedre energiytelse”. Prosjektet ble startet som et forberedende Annex i 2001, med full aktivitet fra januar 2002 og med planlagt varighet på tre år fremover. (<http://www.commissioning-hvac.org> og <http://www.ecbcs.org/Annexes/annex40.htm>)

Mål for prosjektet er å utvikle, verifisere og dokumentere et verktøy for kontroll av energi- og klimatilstander i bygninger under kontinuerlig drift, slik at det vil bli mulig å oppfylle de krav for inneklimate og energi som ble satt opp, under designfasen av byggeprosjektet. Prosjektet vil utvikle retningslinjer for hvordan informasjon fra designfasen og målinger fra driften bør formuleres og utføres for at de kan benyttes til tilstandskontroll. Det vil bli fremstilt en prototype for verktøyet som kan bli installert på en uavhengig PC eller på et SD-anlegg.

Målgruppen for verktøyet for kontroll av energi- og klimatilstander er:

- Byggherren som kan kontrollere om byggets energi- og klimatilstand under kontinuerlig drift er i henhold til intensjoner satt under projektering
- Den prosjekterende og entreprenøren som kan kontrollere om byggets energi- og klimatilstand både ved overlevering og i drift er i henhold til intensjoner
- Ansvarlig for drift av bygningen (egen driftsavdeling eller innleid selskap) som kan kontrollere og forbedre byggets energi- og klimatilstand under kontinuerlig drift
- Automatikkleverandørene som kan forbedre sine systemer for sentral driftskontroll.

Annexet består av i alt fem delaktiviteter:

A. Tilstandskontroll som prosess

1. Oversikt over eksisterende praksis i forskjellige land
2. Syntese av en typisk tilstandskontroll på basis av innsamlet materiale
3. Liste over terminologi benyttet ved forskjellige former for tilstandskontroll
4. Utforming av en ny prosedyre for tilstandskontroll som kan forbedre energi- og klima-tilstand i bygningen og som kan godkjennes som en internasjonal standard

B. Prosedyrer for manuell tilstandskontroll

1. Prosedyrer for boligbygg
2. Prosedyrer for yrkesbygg
3. Utvikling av matematiske modeller for nye prosedyrer for tilstandskontroll som kan forbedre energi- og klimatilstand i bygningene og som kan implementeres i et SD-anlegg

C. Verktøy for tilstandskontroll basert på SD-anlegg

1. Kravspesifikasjon for et prototype verktøy for tilstandskontroll basert på SD-anlegg
2. Prototype verktøy for tilstandskontroll implementert i et SD-anlegg

D. Projektering av bygninger og tilstandskontroll

1. Kravspesifikasjon for data fra designfasen og fra målinger under drift til bruk i modellen
2. anbefalte metoder for modellering og simulering av energi- og klimatilstander i bygningen
3. Prosedyrer for gjennomføring og dokumentasjon av tilstandskontroll ved hjelp av verktøyet implementert i SD-anlegg

4. Eksempler for gjennomført og dokumentert tilstandskontroll ved hjelp av verktøyet implementert i SD-anlegg

E. Nasjonale demonstrasjonsprosjekter for tilstandskontroll

1. Utvelgelse av egnet bygg for demonstrasjonsprosjekt
2. Utvikling av modellen og implementering av verktøyet
3. Verifisering og validering av verktøyet

Annexet gjennomføres som et prosjekt med deling av arbeidsinnsatsen og resultatene innenfor det felles prosjektet. Land som har forpliktet seg til å være med i prosjektet, må delta med en innsats som tilsvarer minst et årsverk per år samt å dekke nødvendige reiseutgifter for deltakelse av en person på to arbeidsmøter i året. Det er fullt mulig å delta også med større innsats og med flere personer. Det er også mulig og ønskelig å danne nasjonale team og nasjonale prosjekter for å støtte opp under det internasjonale prosjektet.

I skrivende stund er det avklart at følgende land vil delta: Frankrike, Sverige, Belgia, Canada, Japan, Sveits, USA og Norge. I tillegg arbeider følgende land med å skaffe nødvendig finansiering for sin deltakelse: Nederland, Finland, Tyskland, Stor Britannia, Sør-Korea og Kina.

9. Nasjonalt prosjekt

Norge har endelig klart å etablere en konstruksjon som gir grunnlag for nødvendig innsats og deltakelse i Annexet. Dette oppnås gjennom et dr.ing.-studium finansiert av NTNU og en PostDoc fra SIP/SUP Smartbygg finansiert av Norges forskningsråd, begge innenfor NTNU's satsningsområde Energi og miljø. Det vil bli arbeidet videre for å etablere et norsk nasjonal team for prosjektet med representanter fra bygge- og eiendomsnæringen. Nå gjenstår det å motivere potensielle medaktører og medfinansierer om å slutte seg til prosjektet.

Mål for det nasjonale prosjektet er, på samme måte som for det internasjonale prosjektet, å utvikle, verifisere og dokumentere et verktøy for kontroll av energi- og klimatilstander i bygninger under kontinuerlig drift, slik at det vil bli mulig å oppfylle de krav for inneklimate og energi som ble satt opp, under designfasen av byggeprosjektet.

Resultater som er tenkt oppnådd i det nasjonale prosjektet er:

1. Utvikle, kalibrere og verifisere matematisk modell for kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimate tilstander i bygninger – oppnås gjennom dr.ing.-studium.
2. Utvikle enhetlige prosedyrer for kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimate tilstander i bygninger – oppnås gjennom innsats fra post.doc.-stillingen.
3. Etablere et demonstrasjonsprosjekt for kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimate tilstander i bygninger – oppnås gjennom innsats fra SINTEF.
4. Etablere gode forskningsmessige forbindelse med internasjonalt ledende fagmiljøer på området – oppnås gjennom deltakelse i IEA-prosjekt ECBCS Annex 40.
5. Etablere gode forbindelser med norsk næringsliv for gjensidig overføring av kompetanse relevant for fagområdet – oppnås gjennom etablering av et norsk nasjonal team for prosjektet.
6. Forbedre tilbudet til undervisning og etterutdanning innen kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimate tilstander i bygninger – oppnås gjennom studentoppgaver og undervisning.

Rammebetingelser for aktiviteten i prosjektet:

1. Den viktigste forskningsoppgaven er å utvikle, kalibrere og verifisere en matematisk modell for kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimateilstander i bygninger. En slik modell består av et basalt program for energi- og klimaberegninger i bygninger, samt de overordnede prosedyrer for optimalisering av parametrene. En slik modell vil gjøre oss i stand til å påvise om forutsetninger fra design av bygningen med de tekniske installasjoner er oppnådd i praksis. Dette vil hjelpe oss å oppnå forventede krav til redusert energibruk og bedre inneklimateilstander i bygninger.

Tilsvarende aktiviteter drives i dag av flere sterke fagmiljøer som for eksempel LBNL (USA), KTH (Sverige), UIL (Belgia) m fl som er med i IEA-prosjektet. Internasjonalt samarbeid vil bidra til raskere å finne frem til de beste løsningene.

2. For å være i stand til å utvikle modellen for kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimateilstander i bygninger, må det først etableres enhetlige prosedyrer for beskrivelse og kontinuerlig oppfølging av energi- og inneklimateilstander i bygninger.

Dette gjøres også innenfor IEA-prosjektet. Først kartlegges det alle nasjonale ordninger og prosedyrer for kontroll av energi- og inneklimateilstander i bygninger. Deretter skal disse analyseres og det skal foreslås en syntetisk ny prosedyre som egnes best for formålet med kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimateilstander i bygninger.

Tilsvarende norsk aktivitet skal organiseres og utføres av post.doc.-stipendiaten, med et viktig bidrag fra alle deltakere i det norske nasjonale prosjektet.

3. For å kunne høste erfaring med bruk av modellen skal det innenfor IEA-prosjektet etableres flere nasjonale demonstrasjonsprosjekt for kontinuerlig kontroll av energi- og inneklimateilstander i bygninger.

Vi bør også etablere et norsk demonstrasjonsprosjekt. Dette for å skaffe dr.ing.-kandidaten nødvendig underlag for verifisering av modellen, og som et anlegg som kan demonstrere denne type teknologi. Organisering av denne innsatsen skal utføres av forskere ved SINTEF Energiforskning. Demonstrasjonsanlegget bør være på plass samtidig som arbeidet med den teoretiske utviklingen av modellen avsluttes.

I denne aktiviteten vil det være meget viktig med bidrag fra alle deltakere i det norske nasjonale teamet. De må stille med en bygning som kan være det norske demonstrasjonsbygget.

4. For å sikre kompetanseoverføring mellom FoU-miljøet og næringslivet bør det organiseres et norsk nasjonalt team for KKEIT-prosjektet med 6-8 (eller gjerne flere) deltakere fra næringslivet og offentlig forvaltning. Deltakere fra næringslivet innehar praktisk kunnskap om designprosessen, utførelsen og driften av tekniske anlegg i bygninger som prosjektet er helt avhengig av. De vil bidra med i kartleggingen av prosedyrer for kvalitetssikring av energi- og inneklimateilstander i bygninger som benyttes i dag. De vil videre bidra med ved å stille et bygg som er under oppføring til disposisjon til prosjektet for verifisering av modellen og for senere demonstrasjon.

Deltakere fra næringslivet bør representere forskjellige aktører fra byggeprosessen, f eks:

- Byggherre/eier: Statsbygg, Telenor Eiendom, Storebrand Eiendom
- Rådgivende ingeniør: Techno Consult, Scandia Consult, Spets Consulting, Inter Consult Entro Energi
- Entreprenør: Gunnar Karlsen, Bravida
- Automatikkleverandører: Siemens Building Technologies, Satscwell, Honeywell, TAC
- Ansvarlig for drift: byggherrer og entreprenør
- Statlig pådriver for effektive energiteknologier: Enova

Navn på bedrifter og organisasjoner som nevnes her er de som anses som de mest aktuelle, men de er formelt ikke forespurt. En god del av disse er organisert gjennom medlemsorganisasjonene NVEF og NELFO. De er presentert for ideen og stiller seg positivt både til prosjektet og til egen deltakelse.

10. Motivasjon for deltakelse i prosjektet

Målgruppen for verktøyet for kontroll av energi- og klimatilstander er:

- byggherren som kan kontrollere om byggets energi- og klimatilstand under kontinuerlig drift er i henhold til intensjoner satt under prosjektering
- den prosjekterende og entreprenøren som kan kontrollere om byggets energi- og klimatilstand både ved overlevering og i drift er i henhold til intensjoner
- ansvarlig for drift av bygningen (egen driftsavdeling eller innleid selskap) som kan kontrollere og forbedre byggets energi- og klimatilstand under kontinuerlig drift
- automatikkleverandørene som kan forbedre sine systemer for sentral driftskontroll.

Norsk forskning og næringsliv bør være med i dette prosjektet for:

- å være bedre i stand til å sikre riktig inneklime og energibruk i bygninger
- å øke egen kompetanse innenfor intelligente klima- og energiløsninger
- å bidra i den internasjonale utviklingen av teknologien for intelligente klima- og energiløsninger
- å kunne gi støtte til byggherrene og de ansvarlige for drift av bygninger i deres daglige kamp for riktig og økonomisk funksjon
- å bidra til utvikling av norske produkter og demonstrasjonsanlegg innenfor intelligente klima- og energiløsninger.

10. Referanser

- [1] Novakovic, Vojislav: Byggautomasjon i fremtiden - Hva ser forskeren i krystallkulen?, Norges forskningsråd - NORINSTALL-programmet, Åpningsseminar, Oslo, 1994.
- [2] Novakovic, Vojislav: Dagens og fremtidens byggautomatisering, NORSK VVS, Energi og Miljøteknisk Forening, VVS Kursdag '95, Oslo, 1995.
- [3] Novakovic, Vojislav: Buss-teknologi for VVS-bransjen, NORSK VVS, Energi og Miljøteknisk Forening, Seminar, Trøndelag Gruppe, Trondheim, 1996.
- [4] Yormark, Bea: "Opening the world of Building Controls, Echelon, Intelligent Building Conference '98, Singapore, januar, 1998.
- [5] Kenneth Oshman, Echelon - The LonWorks Company "Driving towards Open Systems - Echelon and its Vision", Intelligent Building Conference '98, Singapore, januar, 1998.
- [6] Visier, Jean-Christophe: Commissioning of Building HVAC Systems for Improved Energy Performance, Working document on a new IEA Annex, Paris, October, 2000.
- [7] Novakovic, Vojislav: Intelligente bygninger - hvordan sikre at intensjonene realiseres og holdes gjennom byggets livssyklus, NIF Kursdager ved NTNU 2002: Energibruk i bygninger - status og behov for omstilling, Trondheim, januar 2002.