



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R80:1977

149(86)

Byggnadsstatik

**Projektering av
elanläggningar i byggnader
från energihushållnings-
synpunkt**

Del II. Projekteringsunderlag

Ulrich Behrens

Lars Carlsson

Zahir Fikri

Gunnar Käll

Byggeforskningen

TEKNISKA HÖRSKOLEN
SEKTIONEN FÖR VEK- OCH VÄRME
BIBLIOTEK

R80:1977

PROJEKTERING AV ELANLÄGGNINGAR I
BYGGNADER FRÅN ENERGIHUSHÅLLNINGSSYNPUNKT

Del II. Projekteringsunderlag

Ulrich Behrens
Lars Carlsson
Zahir Fikri
Gunnar Käll

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
750567-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Hans Hedlund & CO AB, Stockholm

Nyckelord:
projektering
elinstallationer
energiekonomi
eluppvärmning
styrssystem
övervakningssystem
checklistor
datorprogram

UDK 696.6
620.9.003
681.3.06

R80:1977

ISBN 91-540-2774-8
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1977

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	5
1.1	Målsättning	5
1.2	Rapportens uppläggning	5
2	DAGENS PROJEKTERINGSMETODIK	6
2.1	Projekteringsadministration	6
2.2	Byggprocessen	7
2.3	Dagens elprojektering	11
3	ENERGIHUSHÅLLNING	15
3.1	Sparåtgärder	15
3.2	Byggsektorns energianvändning	16
4	PROJEKTERING AV ELANLÄGGNINGAR FRÅN ENERGIHUSHÅLLNINGSSYNPUNKT	17
4.1	Projektering under förändrade försutsätt- ningar	17
4.2	Tvärfacklig samordning	24
4.3	Kraftförsörjning	28
4.4	Belysning	46
4.5	Elektrisk rumsuppvärmning	63
4.6	Elektrisk varmvattenberedning	67
4.7	Hiss- och transportanläggningar	68
4.8	Övriga installationer	69
4.9	Styr- och övervakningssystem	72
4.10	Installation och skötsel	94
4.11	Analys av total energiekonomi	100
4.12	Känslighetsanalys	106
5	LITTERATUR OCH REFERENSER	109

BILAGOR

BILAGA 1	CHECKLISTA FÖR ANLÄGGNINGSPLANERING	114
BILAGA 2	KORTFATTAD SAMMANSTÄLLNING AV VISSA DATORPROGRAM INOM ELBRANSCHEN	125
BILAGA 3	EXEMPEL PÅ KÄNSLIGHETSANALYS	144
BILAGA 4	SAMMANFATTNING AV ENERGIHUSHÅLL- NINGÅTGÄRDER	146

FÖRORD

Ur "energikrisen" 1973-74 har vuxit ett medvetande om och en vilja att spara energi. Detta har manifesterats genom de många insatser som görs inom energiforskningen. Denna rapport är ett led i utvecklingen av projekteringsmetoder som tar hänsyn till de olika krav som ställs på energibesparingar.

Rapporten har delvis fått karaktären av en handbok och vänder sig till målgrupperna byggherrar, el- och VVS-konsulter samt projektörer av elenergianläggningar i byggnader. Det redovisade projekteringsunderlaget gör inte anspråk på att vara fullständigt utan avser snarare att ge impulser till energihushållningsåtgärder vid projektering av i första hand elanläggningar inom byggnader.

Rapporten utgör del 2 i en serie rapporter som behandlar projektering av elanläggningar i byggnader från energihushållningssynpunkt. Del 1 avser kartläggning av FoU-behov under det att del 3 presenterar en metod för upprättande av elförbrukningskalkyler för olika typer av byggnader.

Projektet har bedrivits hos Hans Hedlund & Co AB under ledning av Gunnar Käll. Som sekreterare har tjänstgjort Anders Elrud och övriga medförfattare har varit Ulrich Behrens, Lars Carlsson och Zahir Fikri.

Det är vår förhoppning att rapporten skall bidra till bättre och ändamålsenlig projektering från energihushållningssynpunkt och därmed positivt påverka elenergibesparingen.

Gunnar Käll

1 INLEDNING

1.1 Målsättning

Vid projektering, byggande och drift ökar kravet alltmer på att största möjliga hänsyn skall tas till sådant som kan bidra till en lägre energiförbrukning med acceptabel investeringskostnad. Detta krav förutsätter en väl genomtänkt projektering och ett rationellt utförande.

Projektering och utförandet av elanläggningarna påverkar de andra byggnadsdelarnas omfattning och utformning och de därmed sammanhängande kostnaderna. För att den slutliga lösningen skall bli optimal, måste byggnaden och dess installationer ses som en helhet, som givetvis påverkas av varje ändring av delsystemen. Valet av lösning beror bl.a. av prognoserade resursbehov och funktionskrav. Speciell hänsyn måste tas vid projekteringen av byggnader där dagens processer och rutiner kan förväntas bli utbytta och anläggningsdimensioneringen därmed bli annorlunda.

Det går inte att ställa upp entydiga, allmängiltiga anvisningar för hur elenergianläggningarna skall projekteras eftersom alla byggnader och deras förutsättningar inte är lika. Med utgångspunkt från dagens projekteringsmetodik kan man dock analysera projektering av elenergianläggningar och ge anvisningar och synpunkter på vilka energihushållningsaspekter man bör tänka på vid projekteringen. Målsättningen är att redovisa projekteringsunderlag som direkt kan tillämpas med känd projekteringsmetodik vid projektering av elanläggningar inom byggnader från energihushållningssynpunkt.

I rapporten har därför bl.a. sammanställts synpunkter på byggprocessens energikrävande delar, byggande och förvaltning, som bör beaktas under de tidigare program- och projekteringskedena.

1.2 Rapportens uppläggning

Rapporten består i stort av två delar. Den ena behandlar hur projekteringen bedrivs i dag, medan den andra tar upp projektering med hänsyn till energihushållning.

I kapitel två beskrivs således dagens projekteringsmetodik genom en analys av projekteringsadministrationen och byggprocessen. Där redogörs också för vad elprojekteringen innebär idag.

Målet för energihushållningen i detta sammanhang berörs i kapitel tre.

Det fjärde kapitlet består av en utförlig genomgång av de olika elanläggningarna i en byggnad och vad man projekteringsmässigt kan göra för att minska energibehovet i den färdiga byggnaden.

I samma kapitel analyseras också den totala energiekonomin med hjälp av anläggningskostnadskalkylering och driftkostnadskalkylering. En undersökning av hur energiekonomin ändras med ändrade förutsättningar såsom högre energipris, s.k. känslighetsanalys görs också. Ett beräkningsexempel på känslighetsanalysen beskrivs i bilaga tre.

Bilaga fyra sammanfattar åtgärderna enligt kapitel fyra i tabellform.

Kapitel sex består av en omfattande litteraturförteckning.

Till rapporten hör ytterligare två bilagor, bilaga 1 som är en checklista för planering av elanläggningar och bilaga 2 som utgörs av kortfattad sammanställning av vissa datorprogram inom elbranschen.

2 DAGENS PROJEKTERINGSMETODIK

2.1 Projekteringsadministration

En målsättning vid projektering av byggnader är att planera och projektera så att byggnaderna får högt bruksvärde till låg kostnad. För att byggherren skall nå det uppsatta målet gäller det så effektivt som möjligt utnyttja både egna och köpta resurser.

Genomförandet av ett projekt ställer krav på samverkan mellan byggherre, projektörer, myndigheter m.fl. Projektörerna skall bl.a.

- analysera de förutsättningar som gäller för projektet nu och i framtiden.
- tillgodose uppställda krav beträffande funktion och miljö.
- redovisa projektet i former som är anpassade till berörda parter under såväl projekteringen som produktionen och förvaltningen.
- kostnadsstyra projektet så att utformning utförs i angiven kvalitet mot fastställd kostnadsram.

Formerna och ansvaret för ledning och samordning av projekteringen klargörs bäst genom en organisationsplan som tar hänsyn till projektets art, storlek, projekteringsskede, byggnadsskede, kontroll och idrifttagande. En organisationsplan för genomförande av ett byggnadsprojekt är normalt uppbyggd så att tre nivåer kan urskiljas nämligen en beslutande, en styrande och en utförande.

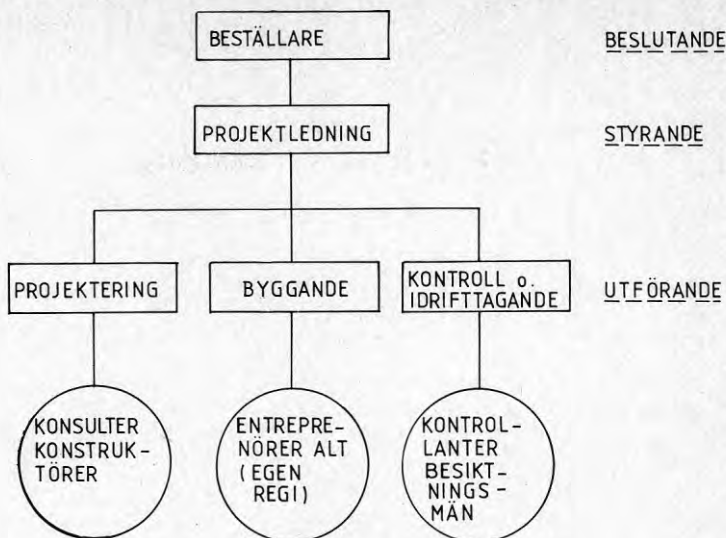


FIG. 2.1 Exempel på organisationsplan

Projekteringen utförs i allmänhet av ett team konsulter bestående av arkitekt, byggkonstruktör, VVS-konsult och elkonsult. Härutöver kan förekomma vissa specialister. Inom ramen för avtal eller beställning har konsultteamet ansvar för att gällande projektramar avseende kvalitet, kostnad och tid hålls.

Samordningen kan vara av såväl administrativ som teknisk natur. Administrativ samordning innebär ansvar för förmedling av information och beslut mellan beställare och projektörer. Den administrativa samordningen kan utföras av beställaren, av en speciellt tillsatt konsult (byggledare) eller av någon av de projekterande konsulterna.

Teknisk samordning innebär ansvar för att gränsfrågor mellan samtliga engagerade projektörers arbetsområden bevakas, t ex i fråga om allmän redovisningsteknik, utrymmesfördelningen mellan olika tekniska funktioner samt samordningen av förfrågningsunderlag. Denna arbetsuppgift anförtros vanligen någon av projektörerna.

2.2 Byggprocessen

För byggprocessen kan olika modeller ställas upp t ex

Produktkrav - Utformning - Produktion - Produkt
eller

Produktbestämning - Produktframställning - Produkt-
användning
eller

Program - Projektering - Byggande - Förvaltning

Skedena följer varandra i nämnd ordning, men överlappar ofta varandra i tiden. Arbetsgången är i princip densamma oavsett vilka personer som deltar i de olika skedena och oavsett arbetsfördelningen dem emellan. I program och projekteringsskedena arbetar man sig successivt ner från helheten till detaljerna. Produkten framställs och när den står färdig skall den drivas och underhållas. Verksamhetens krav och önskemål och produktens egenskaper måste successivt överföras till alltmer tekniskt orienterade och detaljerade uttryck och uppdelningar av produkten. De krav på produkten och dess delar som beställaren/projektören har formulerat i program, beskrivningar och övriga handlingar måste sedan bearbetas, kompletteras och omvandlas till information om produktionsenheter och anpassas till den berednings-, planerings- och produktionskalkyleringsnivå som producenten väljer.

Informationen kan inordnas i huvuduppdelningen Produkt - Resurs - Aktivitet, se fig. 2.2 (BSAB-systemet)

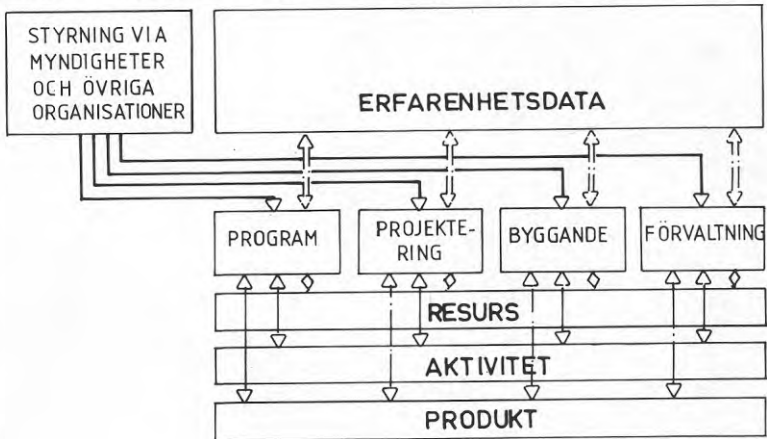


FIG. 2.2 En modell av byggprocessen till vilken förvaltningsprocessen ansluter med drift, underhåll och modernisering.

Beställarens olika krav och önskemål sammanfattas i en form av byggnadsprogram som utgör underlag för projektorerna. Programmet utgör även ett informations- och planeringsunderlag för de personer som senare skall använda byggnaden.

Projekteringen börjar vanligtvis när ett godkänt byggnadsprogram föreligger. Projekteringen kan bedrivas i ett eller flera skeden. Valet av antal skeden påverkas bl.a. av tillgången på tid, den planerade upphandlingsformen och föreliggande krav på ekonomisk information under projekteringsens gång.

Varje projekteringsskede utmynnar i ett arbetsresultat som bör underställas beställaren för granskning och beslut. Handlingar som utförts under ett visst skede bör vara slutligt korrigerade och godkända, innan arbetet med nästa skede igångsätts. Under projekteringsens första

skede redovisas projektets uppbyggnad och ekonomi i dess väsentliga drag. Redovisningen som brukar kallas systemhandling eller förslagshandling beskriver över- siktligt

- dimensionerande förutsättningar
- arkitektonisk gestaltning
- nybyggnad av tekniska huvudsystem
- användnings- och förändringsmöjligheter
- avvikelser från normal utformning och standard

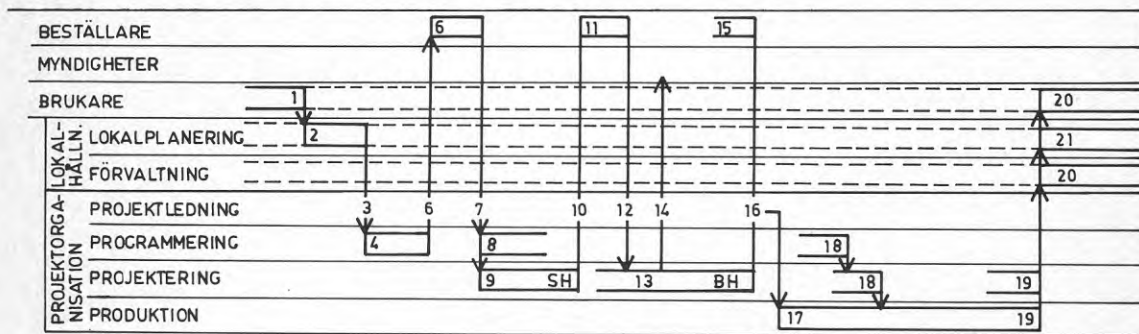
Under detta skede diskuteras och fästläggs de funktionskrav som skall ställas. Det är då viktigt att driftekniska och drifttekniska synpunkter tas med i bedömningen. Frågor som avser energibesparingar, drift, underhåll och service måste beaktas från projektets början till dess slut för att nöjaktigt resultat skall erhållas såväl kostnadsmässigt som funktionsmässigt. I projektörernas åtagande ingår vanligtvis i detta skede även att göra en kalkylredovisning omfattande såväl produktions- som projekteringskostnad. Vissa byggherrar har dessutom under senare år börjat kräva värme- och elförbrukningsberäkningar samt lönsamhetskalkyler. Det senare gäller vanligtvis för speciella installationer eller åtgärder som tillgrips för att ekonomisera energiförbrukningen.

Projekteringens slutskede utmynnar i bygghandlingar som normalt redovisar tekniska system så detaljerat att omfattning, kvalitet och utförande hos ingående konstruktioner, apparater och material entydigt framgår. Tidigare utförda kostnadskalkyler och energiförbrukningsberäkningar avstäms mot bygghandlingarna. Bygghandlingarna utformas så att de kan användas för anbudsräkning samt som underlag för entreprenörens arbetsritningar eller som underlag för beställning av fabrikstillverkade delar. Vissa ritningar kan i regel dessutom direkt användas för arbetet på arbetsplatsen. Tillsammans med tillhörande administrativa föreskrifter skall bygghandlingarna entydigt redovisa en entreprenads omfattning och gränser.

Under ett sent skede i byggprocessen utförs ibland en kompletterande projektering omfattande bl.a. anslutningar av brukarnas utrustningar. Entreprenörerna utför fortlöpande under produktionsskedet arbetsritningar och teknisk dokumentation. Den tekniska dokumentationen bearbetas och justeras till relationshandlingar och eventuella drifthandlingar framtagas.

I samband med byggnadens färdigställande är det önskvärt att driftpersonalen blir undervisad i anläggningarnas funktionssätt samt i drift och underhåll av ingående utrustning. Sådan utbildning skall vara såväl teoretisk som praktisk och kan lämpligen utföras med hjälp av konsult och entreprenör.

Den generella handläggningen av ett byggnadsprojekt visas nedan.



- 1 Brukaren redovisar behov av lokaler för ny eller förändrad verksamhet.
- 2 Alternativa möjligheter att tillgodose lokalbehovet utreds.
- 3 Val av lokalförsörjningsalternativ.
- 4 Programmering
- 5 Projektet redovisas i form av ett program med kostnadsdata.
- 6 Beställaren prövar byggnadsärendet och beslutar om projektering.
- 7 Beställaren ger uppdrag till konsult omfattande detaljprogrammering och projektering
- 8 Fortsatt detaljprogrammering
- 9 PROJEKTERINGSSKEDE 1: projektering som medger att definitiva ramar för mängd, kvalitet kostnad och tid kan fastställas för projektet. Projektet redovisas normalt med systemhandlingar eller förslagshandlingar.
- 10 Projektet redovisas med förslag till ramar samt direktiv till konsult för fortsatt projektering.
- 11 Ärendet prövas och medel åskas för byggandet.
- 12 Kompletterande direktiv samt ramar för fortsatt projektering.
- 13 PROJEKTERINGSSKEDE 2: projektering fram t o m färdiga bygghandlingar, BH, inom fastställda ramar.
- 14 Anmälan till/Begäran om yttrande från berörda myndigheter. Redovisning sker vid tidpunkter som bestäms från fall till fall.
- 15 Beslut om utförande.
- 16 Upphandling av produktion.
- 17 Produktion
- 18 Programmering och projektering för brukarens aktuella behov avseende placering av vissa verksamhetsknutna delar.
- 19 Produktionen avslutas. Projektering av relationshandlingar och drifhandlingar avslutas.
- 20 Byggnaden
 - överlämnas till byggnadsförvaltaren för drift och underhåll av de delar som tillhör fastighet
 - upplåtes till brukaren för användning och för drift och underhåll av inredning och utrustning
- 21 Byggnaden införs i eventuellt lokalregister

FIG. 2.3 Schematisk redovisning av ett byggnadsprojekts handläggning

2.3 Dagens elprojektering

Elprojektören utreder, beräknar och beskriver mot angiven bakgrund vilka installationer som krävs och vad som således skall produceras.

Programskede

I programskedet inskränker sig elkonsultens medverkan i regel till preliminära utredningar gällande behov av kraftförsörjning, transportanläggningar och teletekniska anläggningar.

Projekteringsskede 1 (Systemhandling, förslagshandling)

Under skede 1 bearbetas beställarens program. Med arkitektens skissförslag som grund utarbetas de grundläggande konstruktionsprinciperna för projektets uppbyggnad och elanläggningarnas omfattning fastställs.

KRAFTFÖRSÖRJNING: En uppskattning görs av erforderligt kraftbehov samt därefter en undersökning med berörd strömleverantör för att klarlägga villkoren för kraftleveransen.

Tekniska och ekonomiska beräkningar för val av distributionssystem utförs samt en bedömning av utrymmesbehov för ställverks- och transformatorrum. Därefter upprättas förslag på lämplig placering av utrustningen inom anläggningen.

BELYSNING: Belysningsanläggningens principiella utförande utreds, varvid föreslås belysningsnivåer och ljuskvalitet. Detta samordnas med principerna för värme- och ventilationssystemet.

STYRNING OCH ÖVERVAKNING: Erforderliga styr- och övervakningsanläggningar utreds varvid omfattningen så långt möjligt fastställs.

Principerna för uppbyggnad av installationerna studeras och erforderliga utrymmesbehov beräknas.

TELE: Omfattningen av erforderliga teletekniska anläggningar utreds.

- INSTALLATIONS- PRINCIPER: Principerna för den elektriska anläggningens uppbyggnad bestäms, varvid erforderliga utrymmeskrävande arrangemang för kablar såsom schakt, kanaler och hyllor studeras. Anpassning till den tänkta stomkonstruktionen diskuteras med arkitekt och byggnadskonstruktör.
- UTRYMMESBEHOV: Det beräknade behovet av utrymmen för utrustningarna sammanställs och presenteras för övriga medprojektörer för samordning.
- HISS OCH TRANSPORT: Byggnadsprogrammets behov av hiss- och övriga transportanläggningar bearbetas och principerna för den tekniska utformningen föreslås. I samråd med arkitekt och övriga projektörer föreslås placering samt bestäms preliminära utrymmesbehov.
- BESKRIVNING OCH RITNINGAR: Efter att ha erhållit underlag från arkitekt, byggnadskonstruktör samt VVS-konstruktör, utförs systemhandling för elanläggningarna. Denna utgörs av en kortfattad teknisk beskrivning över de ingående anläggningsdelarnas uppbyggnad och funktion samt planritningar med angivande av placering av viktigare utrustningar, beräknade belysningsnivåer mm.
- Samråd tages med berörda myndigheter för information och eventuell anpassning till framförda krav.
- KALKYL- REDOVISNING: En kostnads kalkyl omfattande såväl produktions- som driftskostnad utförs. Den baserar sig på statistiska kostnadsdata eller där sådana saknas i budgeterade poster.

Projekteringsskede 2 (Bygghandling)

Under skede 2 redovisas på ritningar och i beskrivning projektets utformning och funktion. Handlingarna utformas så att de kan ligga till grund för upphandling, tillverkning och installation.

- KONTAKT MED MYNDIGHETER: Kontakt tas med berörda instanser såsom kraftleverantör, brandmyndighet, Televerket för att informera om den planerade anläggningens storlek och omfattning samt kontrollera att den föreslagna uppbyggnaden av anläggningen svarar mot de krav som respektive myndighet kan framföra.

- UTFORMNING AV KRAFT: Med ledning av de uppgifter på belastningsobjekt som erhållits från beställaren och medprojektörer beräknas det totala effektbehovet för anläggningen. Härefter utformas huvudsystemet.
- SITUATIONSPLAN: På situationsplanen inmarkeras inkommande ledningar för kraft och tele samt platsen för belysningsstolpar, motorvärmare m.m. Dessutom anges kabelvägar som fordrar schaktning eller andra byggnadsarbeten.
- UTFORMNING AV BELYSNING: Med den i systemhandlingen utförda belysningsutredningen som underlag utarbetas belysningen för olika arbetsuppgifter och lokalfunktioner mera i detalj.
- Uppgift på belysningseffekterna lämnas till ventilationskonstruktören.
- BYGG-PM: Som underlag till byggnadskonstruktörens och byggnadsbeskrivarens arbete utförs underlag visande ursparningar och ingjutningsgods samt situationsplan med uppgift om erforderliga markarbeten. En sammanställning av alla uppgifter som fordras för beskrivningsarbete gällande byggnadsentreprenaden utförs och överlämnas till berörda parter.
- PLANRITNINGAR: Arbetet med planritningarna för elanläggningarna kan påbörjas då arkitektens planritningar har bearbetats så långt att erforderligt underlag finns.
- Arbetet inleds med placering av centraler, fastställande av ledningsvägar och annan utrymmeskrävande utrustning.
- Därefter inmarkeras all el- och teleutrustning såsom väggapparater, strömställare, ljuspunkter, motorer och elvärme, teleapparater mm.
- Grupp- och spridningsledningar redovisas fram till lämplig punkt för att följa fastställd ledningsväg och i övrigt med ledningsnummer och sammanställning i ledningslista.
- INSTALLATIONS-DEL RITNINGAR, SCHEMAN M.M: Erforderliga uppställningsritningar för större utrustningar framtages liksom typritningar för vissa standardinstallationer samt huvudledningsscheman.
- Med slutliga underlag från övriga konsulter färdigställs arbetet med detaljritningar, scheman och övriga kompletterande handlingar.

Erforderliga scheman och tabeller för manöver, felsignaler, VVS-tekniska anläggningar o.dyl. utförs endast med den fullständighet som fordras för att bestämma omfattningen av utrustning och funktion för upphandling.

HISS OCH
TRANSPORT:

Ritningar utförs över maskinrum och hisschakt samt för övriga utrustningar som påverkar arkitektens planlösning. Härvid lämnas även alla byggnadstekniska uppgifter som fordras för färdigställande av byggnadskonstruktörernas huvudhandlingar.

BESKRIVNING:

Parallellt med konstruktionsarbetet samlas all information som ej redovisas på ritningarna till den blivande arbetsbeskrivningen.

Det samlade underlaget för beskrivningen justeras och samordnas med ritningarna.

Erforderliga materielbestämningar utförs och införs i beskrivningen som redigeras enligt anvisningar i EL AMA.

Styr- och övervakningsanläggningar inom större byggnader har dock under senare år börjat redovisas i en separat beskrivning.

KALKYL-
REDOVISNING:

Kostnadsavstämning utförs mot tidigare gjord kalkyl. Denna avstämning innebär att de kostnadskonsekvenser, som olika utformningar, tekniska lösningar, materielval och förändringar av mängder medför, fortlöpande har vägts mot ställda krav och fastställd kostnadsram.

Produktionsskede

UPPFÖLJNING:

Sedan bygghandlingarna färdigställts och projektet övergått i produktionsskedet återstår av projekteringsarbetet vissa kompletterande uppgifter, för vilka underlag inte kunnat erhållas tidigare. Bl.a skall kontroll och justering av handlingarna ske efter upphandling av utrustningen för VVS-automatik, kyla, speciella teleanläggningar etc. Uppställnings- och detaljritningar utförs vid behov efter det att slutliga inredningsritningar blir tillgängliga. Dessutom fordras en kontinuerlig uppföljning av handlingarna för anpassning till uppkomna förändringar under byggnadstiden.

INSTRUKTIONER: Upprättande av drift- och skötselinstruktioner samt erforderliga funktionsbeskrivningar utförs så att de föreligger vid anläggningens färdigställande.

**RELATIONS-
HANDLINGAR:** Relationsritningar i den omfattning som kan erfordras för anläggningens skötsel och underhåll samt för framtida förändringar utförs under installationsarbetets färdigställande och skall föreligga när byggnaden övergår i förvaltningskedet.

3 ENERGIHUSHÅLLNING

3.1 Sparåtgärder

Den rikliga tillgången på billig energi har betytt mycket för produktions- och välståndsutvecklingen i Sverige. De senaste åren har lärt oss att vi måste dämpa energikonsumtionen och att vi måste bli mindre beroende av oljeimporten. Energipolitiken måste syfta till en mer planmässig hushållning med de tillgängliga energiresurserna. Detta innebär att samhället får ta ett allt större ansvar för energiområdet.

En av hörnstenarna i den svenska energipolitiken är att dämpa ökningen av energikonsumtionen. Det gäller både att spara energi och eftersträva en effektivare användning av den energi som fortfarande behöver tas i anspråk.

Ökningstakten för vår energikonsumtion har tidigare legat på i genomsnitt 4,5% per år. Användningen av el har som bekant ökat ännu snabbare dvs med 7 å 8% per år. Målsättningen är nu att försöka begränsa den totala energikonsumtionens ökningstakt till 2% om året fram till 1985 och att omkring 1990 eftersträva att hålla energikonsumtionen på en oförändrad nivå. Samtidigt förväntas att elenergin andel i totalenergin kommer att öka i framtiden. Tillväxttakten för olja under den närmaste 10-årsperioden är exempelvis prognoserad till 1% per år mot 6% för el. För närvarande utgör elenergin drygt 15% av hela energikonsumtionen. Oljan svarar för ca 70% och övrigt, dvs kol, koks, lutar och ved svarar för ca 15%. Under 1985 förväntas fördelningen bli resp. 24, 60 och 16%. Se fig. 3.1.

För att nå den angivna målsättningen erfordras både kortsiktigt och långsiktigt verkande åtgärder. Exempel på sådana åtgärder är:

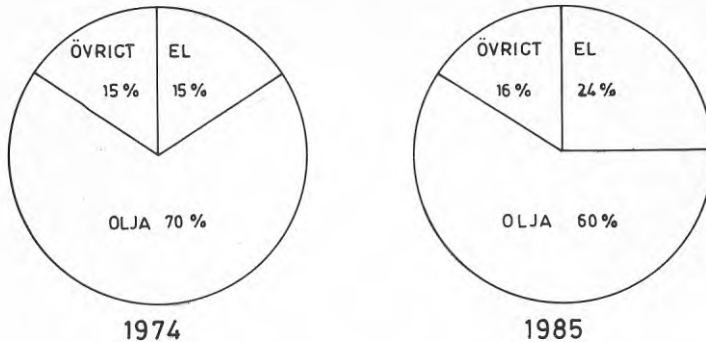


FIG. 3.1 Energikonsumtionens fördelning (Industridepartementet 1975 Information om riksdagens energipolitiska beslut våren 1975)

- Informations- och utbildningsverksamhet för att nå en rationellare energianvändning och ett ökat energisparande.
- En bred satsning på energiforskning med tyngdpunkten på besparingsmöjligheter.
- En noggrannare planering av energianvändningen.
- Ändringar i bygglagstiftningen.
- Ökat statligt stöd åt energibesparande åtgärder.
- Lämplig utformning av energiskatt för att befrämja en dämpning av energikonsumtionen.

3.2 Byggsektorns energianvändning

Nära hälften av den energi som förbrukas i Sverige åtgår till uppvärmning, försörjning och produktion av byggnader och anläggningar. Huvuddelen av denna energi förbrukas för uppvärmning och försörjning av färdiga byggnader. Energiförbrukningen är således en faktor av vikt i byggnadstekniska sammanhang.

Energien kommer att utgöra en betydande del av den framtida totala energiförbrukningen i byggnader i Sverige. Det är därför viktigt att finna modeller och metoder som möjliggör energiberäkningar redan vid projekteringen för att minimera energiförbrukningen vid såväl elanläggningarnas produktion som drift.

Dagens projekteringsmetodik liksom de strukturplaner som tillämpas vid projektering av elanläggningar tar ringa hänsyn till energihushållningen. Med hänsyn till de krav som samhället har på rationellare energianvändning och ökat energisparande behövs bl.a. vidarebearbetning av projekteringsmetodik från energihushållningssynpunkt.

4 PROJEKTERING AV ELANLÄGGNINGAR FRÅN ENERGI-HUSHÅLLNINGSSYNPUNKT

4.1 Projektering under förändrade förutsättningar

För att få en väl genomtänkt projektering och ett rationellt utförande, kan man ange vissa generella principer. Där så är möjligt skapar man funktionsmöjligheter utan att man låser sig till vissa bestämda krav. Man bör eftersträva enkla tekniska lösningar för att underlätta byggandet, driften och underhållet.

Vid dimensioneringen ligger de förväntade behoven av effekt och energi till grund, men avvägningen mellan en total utbyggnad på en gång eller en successiv utbyggnad allt efter behoven uppstår får göras (från fall till fall) utifrån de tekniskt- ekonomiska förutsättningarna.

Elenergianläggningarnas dimensionering och utformning är direkt beroende av de krav som ställs på byggnadens miljö såsom planlösning, inredning, temperaturförhållanden luftfuktighet, ventilation, transportmöjligheter, belysning m.m. Energikostnader, effektuttag och energiförbrukning i byggnaden kan till en viss grad minskas genom att sänka kraven på anläggningarnas prestanda. Det innebär i praktiken att en viss sänkning av standarden på arbetsmiljön under vissa perioder får accepteras samtidigt som bättre energiekonomi erhålls.

Flera energihushållningsåtgärder resulterar emellertid ej till standardsänkning, snarare en anpassning till de aktuella behoven. Exempel på sådana åtgärder är utnyttjande av platsorienterad belysning, val av ljusarmaturer med högre verkningsgrad, lägre vattentemperaturer m.m. Kartläggning av möjligheterna för ändringar i kraven på samtliga anläggningar bör göras.

Dimensioneringen av vissa anläggningstyper styrs inte enbart av krav på inomhusmiljö, utan av lagar, föreskrifter och normer som fastställts av olika myndigheter. För att underlätta införandet av energihushållningsåtgärder, är det av stor vikt att man ser över och anpassar föreskrifterna m.m. till de förändrade förutsättningarna, målsättningarna och den tekniska utvecklingen.

Definition av elenergianläggningar

Elenergianläggningar i en byggnad omfattar en eller flera av nedan upptagna anläggningar eller installationer.

- Distributionssystem omfattande transformatorer, ställverk, reservkraftaggregat, elcentraler och huvudledningar.
- Belysningsanläggningar inom- och utomhus.
- Anläggningar för värme såsom elektrisk rumsuppvärmning och elektrisk vattenuppvärmning.

- Anläggningar för motordrift såsom kraft till VVS-anläggningar, producerande maskiner, köksutrustningar, laboratorieutrustningar m.m.
- Styr- och reglerutrustningar för el- och VVS-anläggningar.
- Hiss- och transportanläggningar.
- Teletekniska anläggningar kan endast i undantagsfall komma att uppnå energiförbrukningar i en sådan nivå att hänsyn till dessa behöver tagas i detta sammanhang.

I tabell 4.1 ges exempel på omfattningen av elenergianläggningar i en stor kontors- och förvaltningsbyggnad.

TAB. 4.1: Omfattning av elenergianläggningar i större kontors- och förvaltningsbyggnader.

Anläggning	Ingående delar
ELDISTRIBUTION	<ul style="list-style-type: none"> - Yttre kabelnät - Transformator- och ställverksanläggning - Huvudledningar - Centraler - Reservkraftaggregat
BELYSNING	<ul style="list-style-type: none"> - Belysning inomhus - Belysning utomhus - Integrerad ljus-, värme- och ventilationsanläggning
ELVÄRME	<ul style="list-style-type: none"> - Direktverkande elradiatorer - Elpanna med vattenradiatorer - Värmekabelanläggning (golvs- resp. takvärme) - Elluftvärmare (eltemper) - Elvärmebatterier - Elektrisk varmvattenberedning
HISS- OCH TRANSPORT-ANLÄGGNING	<ul style="list-style-type: none"> - Hissar - Rulltrappor - Bandtransportörer (varutransportörer) - Rörpost
ÖVRIGA INSTALLATIONER	<ul style="list-style-type: none"> - Allmän kraft till elapparater och kontorsmaskiner - Speciell kraft till laboratorieutrustningar - Kraft till konventionella VVS-anläggningar - Installationsledningar och väggapparater
STYR- OCH REGLERSYSTEM	<ul style="list-style-type: none"> - Belysning - Elektrisk rumsuppvärmning och varm vattenberedning - Motordrift för konventionell uppvärmning och ventilation - Hiss- och transportanläggningar - Effektstyrning

Negativ påverkan på anläggningarnas prestanda och utformning

Byggnadernas ursprungliga funktion är att skydda mot ett mer eller mindre odrägligt klimat. Genom tillgången av lätt tillgänglig energi har denna funktion kommit något i bakgrunden. I stället har man framgångsrikt sysslat med lösningar av andra byggnadens problem såsom fasadutformning, arbetsbesparande utrymmen, installationer och byggnadssätt, utan större hänsyn tagen till det i byggnaden erhållna klimatet.

Som exempel på faktorer som negativt påverkar projekteringen av byggnader från energihushållningssynpunkt kan nämnas:

- Man använder sig alltför ofta av tumregler som leder till resultat vars kvalitet är varierande. Dessutom lägger man gärna till litet extra för att vara på säkra sidan. På detta vis erhålls ofta en överdimensionerad anläggning.
- Den tilläggsinvestering som krävs för bättre energihushållning sker ofta med kapital som behöver hög avkastning för att bli lönsamt. En högre driftkostnad, som är avdragsgill, väljs då hellre. Företagsekonomiskt riktigt, men samhällsekonomiskt fel.
- I de fall då byggherre och brukare är skilda personer uppstår en konflikt. Normalt betalar brukaren/hyresgästen värmekostnaden, i detta fall ligger investering för bättre energihushållning inte byggherren särskilt varmt om hjärtat. Om byggherren/hyresvärden betalar värmekostnaden har brukaren intet speciell anledning att spara energi.

Den pågående energidebatten har skapat ett ökat intresse för energihushållning i byggnads- och installations-tekniskt avseende. Samspelet mellan alla de åtgärder som kan vidtagas för att få en energisnål byggnad är relativt okänt.

Det FoU-arbete som pågår inom byggnads- och installationsteknik, klimatkomfort och andra från energihushållningssynpunkt väsentliga områden kan senare komma att bidra till lösningar av de problem som uppstår vid projekteringen. Det gäller att samordna projekteringen på ett så tidigt skede att byggnaden och dess installationer som en enhet kan optimeras från energihushållningssynpunkt. De olika systemen skall således inte optimeras var för sig då det lätt leder till mindre goda lösningar såväl tekniskt som ekonomiskt.

Restriktioner för anläggningarnas drift

Dimensionering och val av en viss systemlösning är också beroende av restriktioner i anläggningarnas drift. Dessa omfattar utomhusklimat (dimensionerande utetemperatur, vindförhållanden, soltimmar o.s.v.) energitaxor för olja, el, gas och andra energikällor, tekniska krav på anläggningarnas dimensioner, restriktioner i samband med val av anläggningstyp, valda amorteringsplaner, antagna räntesatser och inflationstakt m.m. Ändringar i dessa restriktioner kan påverka anläggningsdimensioneringen i hög grad.

För att styra utvecklingen mot mindre oljeberoende är det viktigt att priser för olika energikällor fastställs på ett sådant sätt att val av el som energikälla blir attraktivare för konsumenten. Åtgärder för att dämpa energikonsumtionen såsom högre energibeskattningsför alla energislag, fastställande av energibudget för olika typer av byggnader och verksamheter m.m. utgör också sådana restriktioner att utvecklingen mot ökad energihushållning kan gynnas.

Andra restriktioner såsom kortare eller längre amorteringsplaner, lägre eller högre räntesatser, reservkapacitet, tekniska villkor och krav såsom ökad tillförlitlighet och elleveransskvalitet påverkar anläggningsutformning och därmed de totala energikostnaderna. Godtyckligt valda restriktioner kan ändras och bör kritiskt granskas i syftet att uppnå ändamålsenliga dimensioneringsregler för anläggningarna.

De begränsningar i driften av byggnadens energianläggningar som har störst betydelse är de som gäller tid och plats. Styr- och reglerfunktionerna är således väsentliga.

Tidsstyrningen anpassas till de aktiviteter som förväntas i byggnadens delar. I kontorslokaler begränsas t.ex. ventilationen till arbetstid. I lokaler som inte används regelbundet, t.ex. sammanträdesrum eller lokaler med kort utnyttjningstid, t.ex. uppställningsgarage, begränsar man anläggningarnas drifttid till den tid lokalerna används. I sammanträdesrummen kan man ha manuell start av anläggningen och automatisk avstängning.

Liknande restriktioner kan gälla för antalet brinntimmar för elbelysningen. I mörka utrymmen begränsas belysningen till arbetstid och styrs därefter med timer. I dagsljusbelysta utrymmen ordnas manövreringen av armaturerna så att de lätt kan släckas under den tid dagsljusbelysningen räcker till. Armaturer närmast fönsterväggar skall kunna släckas för sig.

Krav på redovisning av energiekonomi

Medvetandet om att införa energibesparande åtgärder redan vid projektering av energianläggningari byggnader börjar numera bli srot. Förutom kontinuerlig kostnadsbevakning under olika projekteringsskeden börjar byggherrarna ställa krav på konsultteamet att analysera total energiekonomi vid val av olika energisystem i byggnader.

För att kunna styra projekteringen utförs kostnads- och energiredovisningen översiktligt med hjälp av uppskattade byggnadsvolymer, lägenhetsytor, verksamheter i byggnaden och statistik från liknande anläggningar. På detta stadium är det lättare att ändra de krav man ställt på energianläggningarna, så att en lämplig kompromiss mellan funktion, anläggningsskostnad och driftkostnad erhålls.

Man kan tala om två olika redovisningsförfaranden. Det ena gäller den totala energiförbrukningskalkylen, som uppdelas i en elenergidel och en värmedel. Där skall det beräknade totala energibehovet per år anges. Det andra förfarandet är en jämförande redovisning mellan olika tekniska lösningar utifrån givna förutsättningar. Här behöver man inte ta hänsyn till de totala effekt- och energibehoven, utan bara skillnaderna mellan alternativen i fråga om anläggnings-, drift-, effekt- och energikostnad. Anläggningar med speciellt stor energiförbrukning bör motiveras och granskas särskilt noggrant.

Elförbrukningskalkylen baseras på uppgifter om installerade effekter, utnyttjningstider och sammanlagringsfaktorer samt ger som resultat maximalt uttagen sammanlagrad effekt resp. årlig energiförbrukning.

Elförbrukningskalkyler är av stort värde vid bedömning av energibesparande åtgärder i byggnader. Upprättandet av kalkyler försvåras av att det inte finns en enhetlig metod för arbetet. I del 3 av denna rapportserie presenteras en metod som torde kunna användas för de flesta projekt, såväl nya som befintliga byggnader. Den största svårigheten man möts av när man gör en kalkyl är bristen på underlag och statistik.

För utvärdering av en tänkt eller föreslagen energibesparande åtgärd behövs en lönsamhetskalkyl innan beslut fattas. Beräknings- och utvärderingsmetoder som är tillämpbara på energisparåtgärder för olika elanläggningar behöver utvecklas.

Energibesparingsnormer och anvisningar

Energisparnorm

De nya energibestämmelserna i byggnadsstadgan gäller från och med 1975. I och med riksdagens energipolitiska beslut 1975 har vissa ändringar gjorts i byggnadsstadgan. De innebär att byggnad skall anordnas så att den möjliggör god värmehushållning. Även vid ombyggnad skall detta krav beaktas i den mån det är möjligt.

I enlighet med byggnadsstadgan har Statens Planverk utfärdat föreskrifter, råd och anvisningar som Svensk Byggnorm 1975 (SBN 75). En komplettering av byggnormen med energihushållningsbestämmelser har skett. Bestämmelserna har i möjligaste mån utformats som funktionskrav, för att ge viss frihet vid projekteringen. De är minimikrav från hygienisk- och trevnadssynpunkt. Vid valet av åtgärder har i första hand hänsyn tagits till konventionella tekniska lösningar, men man har ändå försökt att utforma bestämmelserna så allmänt att system- och komponentutveckling möjliggörs.

Bestämmelserna inriktar sig på energiförbrukningen i byggnader och inte produktionen av energi. Målsättningen med bestämmelserna är att minska energiförbrukningen med en tredjedel jämfört med byggnader färdigställda 1974. Statens Planverk har under våren 1977 utkommit med kommentarer i anslutning till bestämmelserna i SBN 1975 utgåva 2 om hushållning med energi.

KBS- Anvisning_nr_27

Byggnadsstyrelsen har givit ut en anvisning för energiekonomi (KBS-ANVISNING NR 27) som redovisar Byggnadsstyrelsens målsättningar och krav avseende förhållanden som påverkar energiförbrukning under byggnadens och markanläggningars tillkomst och brukstid. I anvisningarna föreskrivs bl.a.

- Elanläggningar. Uppvärmning av lokaler med el får normalt ej förekomma. Kraftförsörjningen för bastuaggregat styrs normalt med manuell start och automatiskt stopp (timer). Med undantag av BD, AC, Z och Y-län får bilvärmarruttag endast förekomma där särskilda skäl motiverar detta.
- Ljus. Belysningen utformas med tanke på behov, verk-
ningsgrad och driftkostnad. Armaturernas ljusför-
delning och placering samt ytskiktens reflekterande
förmåga beaktas och utnyttjas på bästa möjliga sätt.

Manöverorgan för belysning skall vara lätt åtkomliga och överskådligt placerade. I större lokaler skall belysningen kunna manövreras i delområden för möj-
lighet till släckning där verksamhet för tillfället
ej pågår. I smårumskontor och liknande med två
eller flera armaturer skall belysningen i fasad-
respektive innerzon kunna manövreras separat. I
entréhallar och utställningslokaler skall belys-
ningen kunna reduceras stegvis för anpassning till
dygnsrytm och bevakningskrav.

Fasad- och annan effektbelysning används sparsamt. Behov och omfattning prövas noga i varje enskilt fall. Speciell belysning av växter får normalt ej förekomma. Lysrör används normalt för allmän-
belysning.

Anpassning till individuella önskemål beträffande ljusklimat skall för kontorsplatser kunna ske dels genom individuell reglering av ljusavskärmning för fönsteröppningar, dels genom att den artificiella belysningen utformas som en kombination av allmän-
belysning och individuellt ställbar platsbelysning.

Med hänsyn till bl.a. energiförbrukningen och ventilationsresurser begränsas belysningseffekten för allmänbelysning.

För utomhusbelysning gäller att urladdningslampor används normalt och glödlampor endast får väljas, där särskilda skäl föreligger.

I anvisningarna har för inomhusbelysning angivits högsta tillåtna belysningseffekt i olika lokaler. För utomhusbelysning har angivits riktvärden som ej bör överskridas.

4.2 Tvårfacklig samordning

Att samordning sker redan på ett tidigt stadium av projekteringen är väsentligt för att erhålla en optimal funktion i byggnaden. Ofta är optimala lösningar av delsystemen svåra att sammanjämka. I avvägningsprocessen för att uppnå ett gott slutresultat är det av stor vikt att alla faktorer beaktas och dikteras av ett gemensamt kostnads- och funktionsansvar.

Byggherren (beställaren) är den drivande kraften i ett projekt. Initiativen kommer från honom och därmed kraven. Han kan dessutom även ha funktionen av projektledare och längre fram även byggleddare.

Följande punkter är av väsentlig betydelse för byggherren:

- | | |
|--------------------------|----------------------------------|
| EKONOMI | - Projekteringskostnad |
| | - Produktionskostnad (kalkyler) |
| | - Underhåll |
| TIDEN | - För projekteringen |
| | - För produktionen |
| MYNDIGHETS-
KONTAKTER | - Direkta |
| | - Via arkitekt och konstruktörer |
| PERSONAL-
KONTAKTER | - Skyddsombud |
| | - Samrådsgrupper |
| | - Driftpersonal |

Samordnad projektering av elenergianläggningar

Projekteringen av elenergianläggningar kräver samordning av ett flertal arbetsaktiviteter och upptar en stor arbetsvolym, som blir än större när man lägger energihushållningssynpunkter på projekteringen.

Andra projektörer påverkar projekteringen av elenergianläggningarna, exempelvis inrednings- resp. landskapsarkitekterna. Dessa kan bl.a. påverka ljusarmatureringen såväl inom- som utomhus. Med hänsyn till energihushållningen är det viktigt att valet av ljusarmaturer inte enbart sker efter estetiska värderingar utan också efter ställda krav på funktion och ljuskvalitet samt på skötsel och underhåll. En god belysningsteknisk funktion utesluter inte tilltalande estetiska lösningar.

Installationerna inom en större byggnad har under senare år blivit alltmer omfattande och komplicerade. Tyvärr har detta även medfört att anläggningarna inte alltid fyller de krav som ställts på dem. Detta gäller inte minst VVS-anläggningar och anläggningar för fastighetsövervakning och driftkontroll. Härtill kommer nu energibesparingsaspekten. Samordningen mellan styr- och övervakningsutrustningen och installationer i övrigt är därför väsentlig. Dessa utrustningar har en fundamental uppgift att fylla när det gäller byggnadens energihushållning, funktion och driftekonomi. I fig. 4.1 visas ett informationsflöde som är hämtat ur byggforskningens rapport R6:1976 "Styranläggningar i byggnader". Det åskådliggör översiktligt samarbetet mellan el- och VVS-konstruktörerna vid framtagande av en speciell beskrivning för upphandling av samordnade styr- och övervakningsanläggningar inom byggnader.

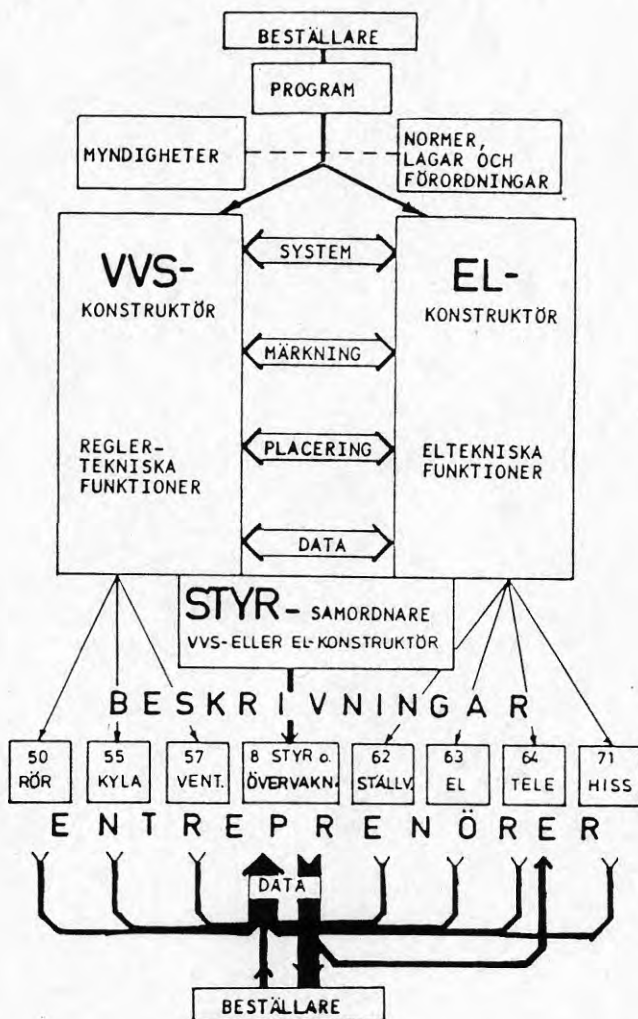


FIG. 4.1 Översiktligt informationsflöde för projektering av styranläggningar (Hedberg, Käll 1976)

Detaljsynpunkter

En väl samordnad planering under projekteringen betyder inte bara att optimeringar och energihushållningsåtgärder tillgodoses utan också att dyrbara ändringar och kompletteringar i efterhand undviks. Det finns en rad detaljer i projekteringsarbetet som måste uppmärksammas för att ett tillfredsställande resultat skall uppnås. Några av dessa som har anknytning till elenergianläggningarna specificeras nedan. Härutöver finns i bilaga 1 redovisad en checklista för anläggningsplanering omfattande allmänna krav, belysningsplanering, planering av elvärme, planering av motordrifter samt uppföljning, kontroll och underhåll.

Projekteringsförutsättningar

- Krav och principiella synpunkter från myndigheter, energileverantör och beställare på olika energimedia.
- Krav från skyddsombud och samrådsinstanser.
- Kvalitet och kvantitetskrav på elanläggningarna.

Utrymmen

- Servisledningens anslutning i fastigheten.
- Storlek och placering av ställverksrum, lågspänningsrum och ev. reservkraftsrum.
- Storlek och placering av utrymmen för växlar och stativ för teletekniska anläggningar.
- Elschakt och elcentralutrymmen. Rör och kanalisationssystem för ledningsförläggningar.
- Volymen ovan undertak för ledningsstegar, rännor och ljusarmaturer.
- Fönsterbröstningars utformning för optimal placering av elradiatorer.
- Fönsters storlek och placering med hänsyn till solinstrålning, dagsljusbelysning inomhus och den artificiella belysningens utformning.

Uppgifter till sidobeskrivare

- Till byggbeskrivaren lämnas en sammanställning avseende ingjutnings- och infästningsgods, byggnadsentreprenörens åliggande vid ingjutning av värmekabel, krav på isoleringar etc.
- Till beskrivaren av VVS-anläggningarna lämnas uppgifter rörande spänning, av energiverket tillåtna eller begränsade anslutningseffekter, samordning av märkning etc.

Att uppmärksamma

- Optimal lösning fordrar att byggherrens målsättning är känd och att delresultat allt eftersom de är framtagna underställs honom för bedömning.
- Byggherrens medverkan med fakta om väntade driftförhållanden såsom utnyttjningstider, variationer i belastning krävs för lönsamhetskalkyler och taxebestämningar.
- Takvärme påverkar undertakkonstruktionen och kräver samordning med ljusarmaturplaceringen.
- Golvvärme - värmekabel - kräver utrymme i t.ex. bjälklag och överbetong.
- Utformning av fasad och fönsterbröstning kan om inte hänsyn tas till SIS-normerna för elradiatorer försvåra valet av typer och ge en högre anläggningskostnad.
- Energiverkets krav på utrymmen och utrymningsvägar.
- Separata huvudledningar för värme och belysning gör att ledningsstegar och ledningsrännor tar mer plats än vanligt. Erforderlig volym i korridorers tak skall beaktas.
- Vid elvärmeanläggningar bör där så är möjligt anordnas separata huvudledningar för olika väderstreck.
- För tyristorstyrda reglersystem bör med hänsyn till störningsrisken ledningar vara skärmade eller förläggas i rör av typ SP.
- Systemfrågor såsom val av belysningssystem, värmesystem, styr- och övervakningssystem, återvinningssystem m.m.
- Inventering av miljöproblem som har betydelse för belysningen.
- Inventering av energikrävande och värmealstrande elutrustningar. Uppgifterna skall bl.a. ingå i underlaget för värmebalansberäkningen.
- Utredningar och analyser med lönsamhetskalkyler för föreslagna eller tänkta energibesparande åtgärder.

4.3 Kraftförsörjning

Kraftförsörjningssystem inom ett bebyggt område omfattar som regel en mottagningsstation, ett yttre högspänningskabelnät och ett antal transformatorstationer vilka normalt placeras i olika byggnader. Kraftförsörjningen i en större byggnad med högspänningsabonnemang omfattar en transformator- och ställverksanläggning. Vid lågspänningsabonnemang består den av en huvudfördelningscentral och ett huvudledningssystem alternativt kanalskenor för vertikal strömförsörjning. Kraftförsörjningssystemet kan även innehålla en reservkraftanläggning, ev. för avbrottsfri kraft.

Dimensionering och utformning av distributionsanläggningen är beroende av ett flertal faktorer såsom kraftbehovet under planeringsperioden, framtida belastnings- och prisutveckling, ekonomiska krav, driftsäkerhet, anpassningsbarhet, maximalt spänningsfall och spänningsfluktuationer, förluster och kortslutningssäkerhet. Val av hög- eller lågspänningsabonnemang styrs av en avvägning mellan totala elkraftkostnader för olika typer av eltaxor. Eltaxans konstruktion kan även påverka valet av uppvärmningssystem (elvärme, värmepump) och därmed även byggnadens distributionssystem.

Energihushållningsåtgärder i byggnaden påverkar även utformning av distributionsanläggningen. Som ett exempel kan nämnas att en energibesparande värmepumpanläggning med elektrisk tillsatsuppvärmning har ett betydligt högre effektuttag i förhållande till en anläggning med oljeuppvärmning och konventionell ventilation. I detta fall gäller helt skilda kriterier för dimensionering av distributionssystemet i byggnaden och elverkets eldistributionsnät.

Inverkan av eldistributionsanläggningens utformning på de totala energikostnaderna i en eluppvärmd byggnad med värmeåtervinning genom värmeväxlare och med högspänningsabonnemang förklaras schematiskt i fig. 4.2. De totala årliga energikostnaderna består av dels årsmerkostnader för installationer och byggnadstekniska åtgärder, dels årliga elkraftkostnader. De senare kostnaderna utgörs av kostnader för eldistributionsanläggning samt effekt- och energikostnader. Det framgår klart att genom lämplig avvägning mellan distributionsanläggningens utformning och val av eltaxa kan elkraftkostnaden optimeras.

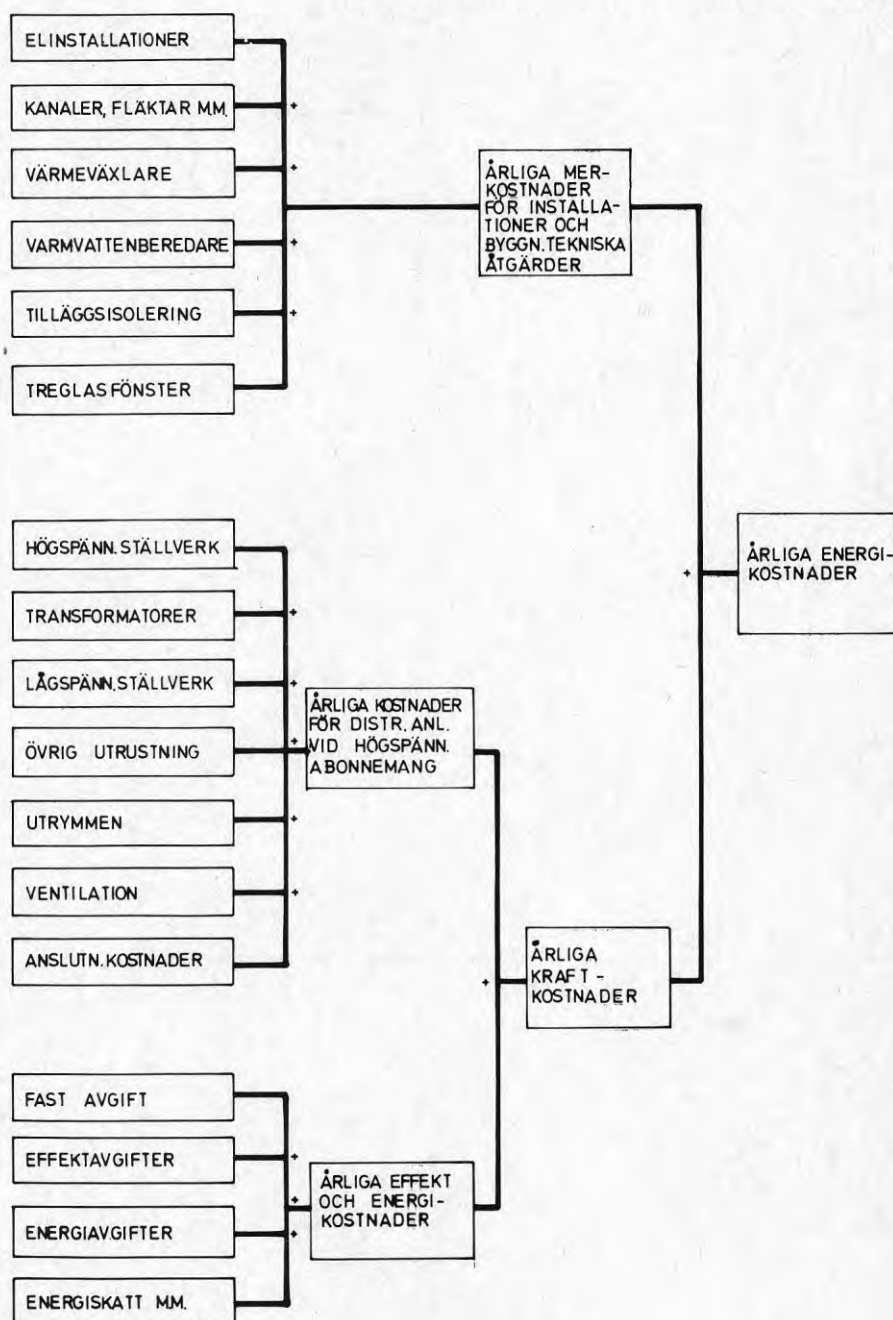


FIG. 4.2 Inverkan av eldistributionsanläggningens utformning på den totala energikostnaden

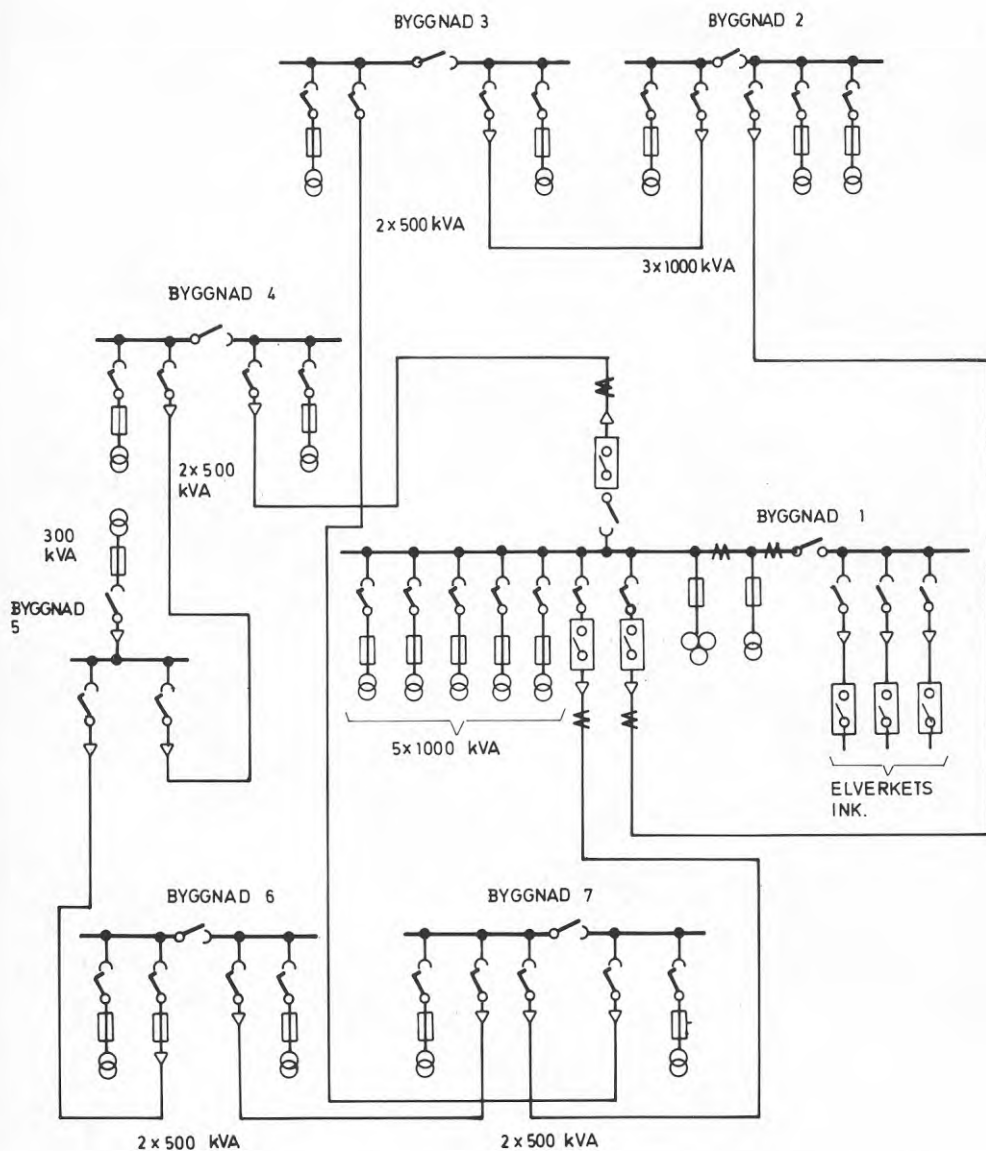


FIG. 4.3 Typexempel på kraftförsörjning inom ett byggnadsområde. Enlinjeschema för fullt utbyggt högspänningsnät

I de årliga kostnaderna för transformator- och ställverksanläggningarna ingår årliga avskrivningar av investerat kapital, kostnader för effekt- och energiförluster i transformatorer och kablar, drift av ventilationsanläggning, underhållskostnader m.m. Dessa kostnader kan delvis minskas genom ekonomisk dimensionering av anläggningarna med hänsyn till reservkapacitet och gradvis utbyggnad i takt med framtida utveckling samt tillvaratagande av förlustvärmen.

Yttre ledningsnät

Dimensionering av yttre kabelnät inom ett byggnadsområde (typexempel fig. 4.3) är beroende av belastningsstorlek och dess framtida utveckling, tekniska villkor såsom utlösning av skyddsutrustningar vid inträffade fel, krav på elleverans kvalitet (spänningsnivå m.m.), krav på leveranssäkerhet (d.v.s. antal avbrott och reparationstid per år). Dessa krav ställs på anläggningarna även om inga energihushållningsåtgärder vidtages.

De energiekonomiska aspekterna på ledningsnäten omfattar dimensionering av ledararean och val av ledningstyp, för att begränsa förlusterna och upprätthålla spänningsnivån. Från driftsynpunkt är det viktigt att avbrottsfrekvensen hålls nere och att nätkonfigurationen är flexibel, så att man kan göra en snabb omkoppling vid avbrott.

Transformator- och ställverksanläggningar

De åtgärder för energihushållning som kan vidtas i transformator- och ställverksanläggningar begränsas till att gälla minskning av (värme-) förluster (energikostnad) och effektstyrning för att undvika effekttoppar (effekt- och anläggningskostnader).

Förlustbegränsning:	Driftskostn.	Anl.kostn.
Rätt storlek på transformatorn	+	+
Utnyttjande av överbelastningsförmågan		+
Utnyttjande av förlustvärme för uppvärmning av andra lokaler	+	-
Faskompensering	+	-
Geografisk placering	+	+

Principiell utformning av en transformator-, ställverks- och reservkraftanläggning för en större kontorsbyggnad framgår av fig. 4.4.

I de flesta distributionsanläggningar i större byggnader installeras numera torrisolerade transformatorer. Anledningen härtill är att transformatorerna kan placeras så nära ställverken som det är praktiskt möjligt och att transformator- och ställverksrummet då kan placeras var som helst i byggnaden.

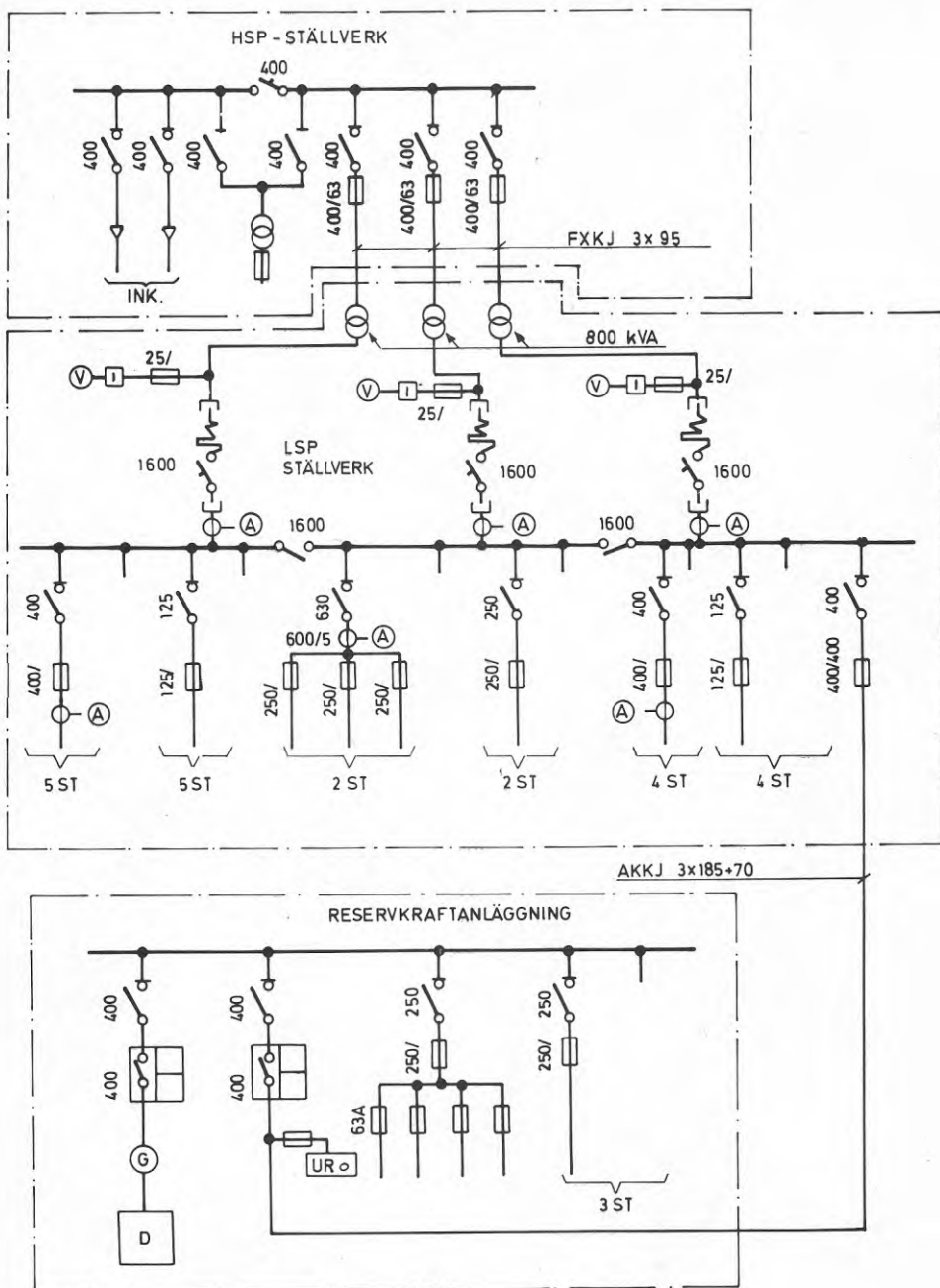


FIG. 4.4 Transformator-, ställverks- och reservkraftanläggning för en större kontorsbyggnad

Hur lågspänningsnätets utformning och procentuella reservkapacitet inverkar på transformatorernas storlek kan förklaras av dimensioneringsregeln enligt tabell 4.2 och beräkningsexemplet enligt tabell 4.3. I dessa beräkningar antas att varje utgående grupp från transformatorn kan belastas till 100% men att en viss belastningssammanlagring förekommer mellan olika grupper. Beräkningsresultatet visar hur den maximalt anslutna effekten kan variera mellan 415 och 710 kVA beroende på val av storlek på utgående grupper under det att den uttagna effekten alltid understiger transformatorns märkeffekt (500 kVA). Antal utgående grupper påverkar utformning av lågspänningsställverk och utrymmesbehov men även kanalisation såsom elschakt, kabelstegar m.m

TAB. 4.2. Dimensionering av transformatorers storlek

Transformatorns märkeffekt i kVA

$$P_m = \frac{n \times K_s \times P_g}{(1 - \frac{r}{100})}$$

- där
- n = Antal abonnenter (eller utgående grupper)
 - K_s = Sammanlagringsfaktor för n abonnenter
 - P_g = Icke sammanlagrad belastning per abonnent i kVA
 - r = Procentuell reservkapacitet

TAB. 4.3 Maximalt antal utgående grupper och ansluten effekt per 500 kVA transformator vid maximal belastning (dvs $r = 0$)

Max ström per utg. grupp A	Effekt 1/ kVA vid 380 V	N	2/ Antagen K_s	n	Max ansl. effekt ca kVA	Uttagen effekt ca kVA
25	16,45	30,40	0,70	43	710	497
63	41,46	12,06	0,70	17	705	494
125	82,27	6,08	0,75	8	660	495
250	164,54	3,04	0,80	3	494	395
400	263,26	1,90	0,90	2	530	477
630	414,64	1,21	1,00	1	415	415

1/ Effekt = $\sqrt{3} \times I \times V$

2/ N = Antalet utgående grupper vid maxbelastning = 500 kVA/max ström per utg. grupp. Med sammanlagringen K_s mellan dem fås antalet grupper per transformator $n = N/K_s$

Som framgår av tabell 4.3 är transformatoreffekten direkt beroende av sammanlagring mellan olika utgående grupper och reservbehov. Felbedömning av dessa förhållanden och behov kan bidra till oekonomisk dimensionering av anläggningen. En riktig dimensionering av transformatorstorlek har även betydelse från energihushållningssynpunkt. Den begränsar dels kostnader, dels energiförbrukning p.g.a. transformatorns tomgångs- och belastningsförluster (tabell 4.4).

TAB. 4.4. Torrisolerade transformatorers tomgångs- (P_o) och belastningsförluster (P_b) samt relativa kortslutningsspänningar (e_k) vid 10 kV

Transformatorstorlek	kVA								
	200	300	400	500	600	800	1000	1500	2000
P_o kW	0,73	1,02	1,15	1,55	1,65	1,95	2,10	3,25	3,25
P_b kW, 75°C	2,70	2,90	3,60	3,60	4,20	6,10	7,40	8,80	15,10
e_k %	4,2	4,3	4,3	4,3	4,8	5,1	5,4	5,4	7,2

Transformator- och ställverksanläggningar dimensioneras i många fall för effektuttag som ej blir aktuella under ett antal år. Denna överdimensionering bidrar till onödigt höga investeringskostnader samt ökade tomgångsförluster. Speciellt i de fall där två transformatorer används i parallell drift blir under vissa perioder transformatorerna belastade mindre än 50% av sin märkkapacitet. Detta förhållande uppstår bl.a. i eluppvärmda byggnader under sommartid då hela elvärmelasten är bortkopplad. Ur såväl ekonomisk som energihushållningssynpunkt kan det vara motiverat att i första hand välja sådan transformatorstorlek att vid fel på den ena transformatorn hela effektbehovet täcks genom den andra transformatorns märkkapacitet och maximala överbelastningsförmåga. Driften bör därvid anpassas till belastningsvariationer under olika säsonger och andra perioder med extremt låga effektuttag (exv. nattetid, veckoslut, längre perioder under vilka ingen arbetsaktivitet förekommer i byggnaden).

Genom lämplig belastningsstyrning och andra åtgärder såsom god ventilation kan transformatorerna överbelastas utan att någon skada uppstår på isoleringen. Exv. kan torrisolerade transformatorer av visst fabrikat efter kontinuerlig drift med 70% last belastas med 140% av märkeffekten under 3 timmar vid 20°C omgivningstemperatur utan någon skadlig inverkan på isoleringen. Svenska Elverksföreningens nätplaneringskommitté analyserade i en rapport (kommittérapport, 1972) dygnsbelastningskurvans inverkan på temperaturstegringen hos en oljeisolerad transfor-

mator. Jämförelse mellan en transformatorstation i betong utan fläkt och en med fläkt och 100% last visade att insättandet av fläkten innebar att sluttemperaturen hos toppolja och lindningar sjönk genomgående med ca 20°C , d.v.s. transformatorn kunde i detta fall överbelastas kontinuerligt med c:a 20%. Det är uppenbart att genom en lämplig kombination av ventilation och belastningsstyrning kan ekonomisk och energisnål drift av transformator- och ställverksanläggningen uppnås.

Apparater och utrustningar i transformator- och ställverksutrymmen dimensioneras med hänsyn till bl.a. isolationsmaterial och kontakttemperaturer för en maximaltemperatur av $+40^{\circ}\text{C}$ och ett temperaturmedelvärde av $+35^{\circ}\text{C}$ under 24 timmar. Dessa utrymmen förses med ventilation så att temperaturen normalt ej överstiger $+30^{\circ}\text{C}$ eller understiger $+10^{\circ}\text{C}$. Luften skall vara så torr, att i utrustningen ingående apparater ej skadas eller deras funktion omöjliggörs eller försvåras.

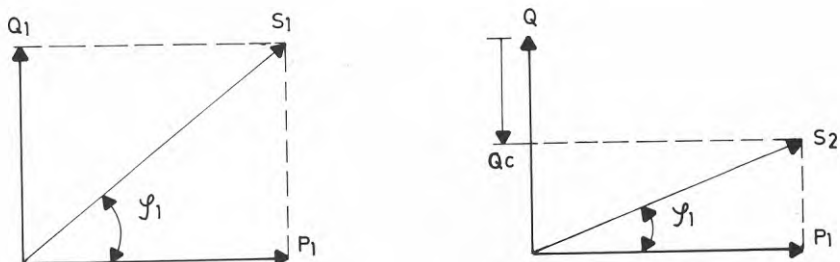
Ur energihushållningssynpunkt bör transformatorernas egna förluster tillvaratas för uppvärmning av transformator- och ställverksrummen under den kalla årstiden. Samtidigt bör omgivningstemperaturen i dessa lokaler sänkas så att uppvärmningsbehovet täcks med den tillgängliga förlustvärmen. Denna värme kan även i viss utsträckning användas för uppvärmning av andra byggnadsdelar. Under sommartid är det väsentligt att dels styra belastningarna så att transformatorernas förlustvärme minimeras, dels åstadkomma värmeåtervinning från transformator- och ställverksrummens frånluft och försöka utnyttja denna värme för andra ändamål såsom uppvärmning av byggnadszoner, varmvattenberedning o.dyl.

Faskompensering

Varje motor, transformator eller annan induktiv belastning förbrukar reaktiv effekt. För kraftleverantörerna innebär detta en onödig belastning på kablar, ledningar, transformatorer o.dyl. De har därför i sina leveransvillkor satt en begränsning av det reaktiva effektuttaget och överförbrukning debiteras med straffavgifter. För konsumenten (abbonnten) innebär en faskompensering

- att han slipper straffavgifter
- att fullastade egna anläggningsdelar avlastas
- att nyinstallationer eller kapacitetsökningar kanske kan göras utan byte till grövre kablar och större transformatorer

Ur såväl kraftleverantörers, abonnenters som allmän energisparsynpunkt är det därför angeläget att i varje anläggning förbättra effektfaktorn ($\cos \varphi$). Faskompensering utförs med kondensatorer vilka begränsar den reaktiva effektförbrukningen. Se fig. 4.5.



Före kompensering

Q_1 = Reaktiv effektförbrukning

P_1 = Aktiv " "

Q_c = Kondensatoreffekt

Efter kompensering

S_1 = Skenbar effektförbrukning före kompensering

S_2 = Skenbar effektförbrukning efter kompensering

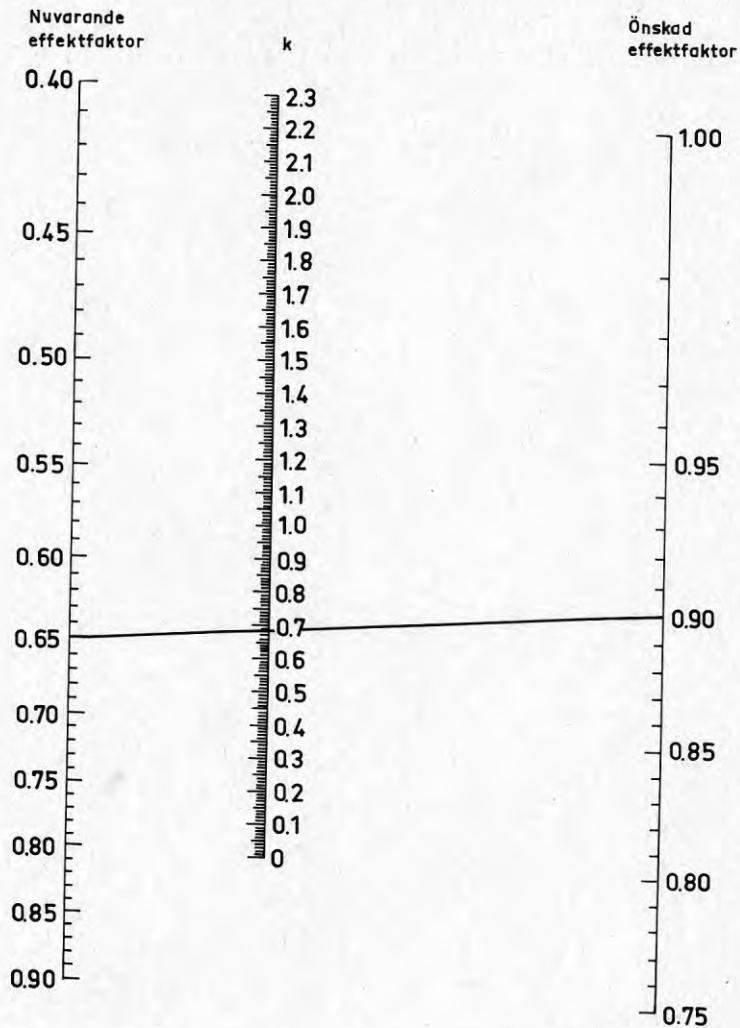
$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

FIG. 4.5 Princip för faskompensering

Kondensatorer bör inkopplas så nära som möjligt in till förbrukarna av reaktiv effekt. Överföringsförlusterna blir då minsta möjliga och för samma kondensatoreffekt får man även något högre kompensering.

Större anläggningar, med ett flertal motorer av varierande effekt och drifttid, kan vara dyrbara att direktkompensera. Ett alternativ är då en centralkompensering. Vid centralkompensering utnyttjar man dessutom motordriftenas sammanlagring. Central kompensering kan göras med fasta eller automatiskt reglerade enheter. En automatisk enhet har den fördelen att den hela tiden kompenserar optimalt upp till sin maximala effekt. En skadlig överkompensering kan därigenom aldrig ske oavsett om belastningen varierar kraftigt. En kombination av direkt- och centralkompensering är naturligtvis möjlig och är många gånger den ekonomiskt riktiga lösningen.

För val av lämplig kondensatoreffekt kan nomogrammet enligt fig 4.6 användas. Gäller det direktkompensering av enskilda motorer eller transformatorer kan tabellerna 4.5 resp. 4.6 användas som riktvärden.



Exempel: Belastningen är 100 kW och effektfaktorn skall ökas från 0,65 till 0,90.
 Vilken kondensatoreffekt kräver detta?
 Nomogrammet ger att $k = 0,68$.
 Erforderlig kondensatoreffekt $Q_c = k \cdot P = 0,68 \cdot 100 = 68$ kVAr

FIG. 4.6. Nomogram för beräkning av lämplig kondensatoreffekt.

En korrekt kompensering bör dock göras från de data som gäller för apparaten i tomgång. Tabellerna och nomogrammet är hämtade ur en Siemensbroschyr.

TAB. 4.5. Riktvärden för direktkompensering av motorer

Motoreffekt kW	Kondensatoreffekt kVAr
4	2
5,5	2
7,5	3
11	3
15	4
18,5	7,5
22	7,5
30	10

TAB. 4.6. Riktvärden för direktkompensering av transformatorer

Transformatorns märkeffekt kVA	Rekommenderad kondensatoreffekt kVAr
100	4
160	6
250	15
400	25
630	40
1000	60
1600	100

Om de kondensatorer som direktanslutits till motorer inte ger tillräcklig totalkompensering anslutes ytterligare kondensatorer, i första hand till fördelningscentraler ute i anläggningen och i sista hand till transformatorns lågspänningssida. I det sista fallet erhålls ingen förlustminskning i kablarna utan endast i transformatorn.

Med hänsyn till resonansfaran bör den totala kondensatoreffekten inte överskrida ca 40% av transformatoreffekten. De kondensatorer som är direktanslutna till motorer behöver härvid inte medräknas eftersom utpräglad resonans inte kan inträffa så länge motorerna är i drift.

Elschakt och huvudledningar

Elschakt i en byggnad utnyttjas för vertikal ledningsförläggning och uppsättning av centraler och utrustning för teletekniska anläggningar. Val av antal elschakt och dessas dimensioner (d.v.s. bredd, djup och höjd) är beroende av belastningstäthet (W/m^2) i de olika våningsplan och våningsytor som skall strömförsörjas från respektive elschakt. Ett olämpligt antal elschakt kan leda till oekonomisk dimensionering av huvudledningssystemet. Denna problemställning kan exemplifieras enligt följande.

Antag att ett 9-våningshus har en bruttoyta av $4000m^2$ ($B=40m$, $L=100m$) per våningsplan och att den sammanlagrade belastningen per plan antages vara $50W/m^2$. Totalbelastning per våningsplan blir då 200 kW. Kraftförsörjning av ett våningsplan kan ske på olika sätt beroende på huvudledningsstorlek. Maximalt uttagen effekt för öppet förlagda huvudledningar i byggnader vid $\cos \phi = 0,9$ resp. 1,0 framgår av tabell 4.7. Typexempel på del av huvudledningssystem för en större byggnad framgår av fig. 4.7. I fig. 4.8 visas alternativa utformningar av huvudledningssystem för det ovannämnda huset. Tre olika utförande studeras enligt nedan:

- Alt. 1: Centralstorlek för schakt = 100 kW (168 A vid $\cos \phi = 0,9$)
- Huvudledningsstorlek till centralen (200 A) FKKJ 3x95+50 alt.
AKKJ 3x150+50
- Sammanlagrad effekt per elschakt ($K_s = 0,9$) = 810 kW (1367 A vid $\cos \phi = 0,9$)
-
- Alt. 2: Centralstorlek per schakt = 67 kW (113 A)
- Huvudledningsstorlek till centraler (125A) FKKJ 3x50+35 alt.
AKKJ 3x70+25
- Sammanlagrad effekt per elschakt ($K_s = 0,9$) = 543 kW (917 A vid $\cos \phi = 0,9$)
-
- Alt. 3: Centralstorlek per schakt = 50 kW (84 A)
- Huvudledningsstorlek till centraler (100A) FKKJ 3x35+25 alt.
AKKJ 3x50+16
- Sammanlagrad effekt per elschakt ($K_s = 0,9$) = 405 kW (684 A vid $\cos \phi = 0,9$)

TAB. 4.7. Maximalt uttagen effekt för öppet förlagda huvudledningar i byggnader vid $\cos \phi_i = 0,9$ resp. $1,0$ och 380 V

Kabeltyp	Area mm ²	Säkring A	Maximalt uttagen effekt kW	
			$\cos \phi_i = 0,9$	$\cos \phi_i = 1,0$
EKKJ	3x6+6	25	14,80	16,45
	3x10+10	35	20,74	23,04
FKKJ	3x16+16	63	37,31	41,46
	3x25+16	80	47,39	52,65
	3x35+25	100	59,24	65,82
	3x50+35	125	74,04	82,27
	3x70+35	160	94,77	105,30
	3x95+50	200	118,47	131,63
	3x120+70	250	148,09	164,54
	3x150+95	250	148,09	164,54
	3x185+95	315	186,59	207,32
	3x240+120	315	186,59	207,32
AKKJ	3x50+16	100	59,24	65,82
	3x70+25	125	74,04	82,27
	3x95+35	125	74,04	82,27
	3x120+50	160	94,77	105,30
	3x150+50	200	118,47	131,63
	3x185+70	200	118,47	131,63
	3x240+95	250	148,09	164,54
	3x300+95	250	148,09	164,54

Den vertikala försörjningen blir också olika för de olika alternativen och är beroende av antal centraler som läggs på en matande huvudledning. Denna dimensionering illustreras i tabell 4.8 där olika utformningar av huvudledningar för alt. 3 har sammanställts.

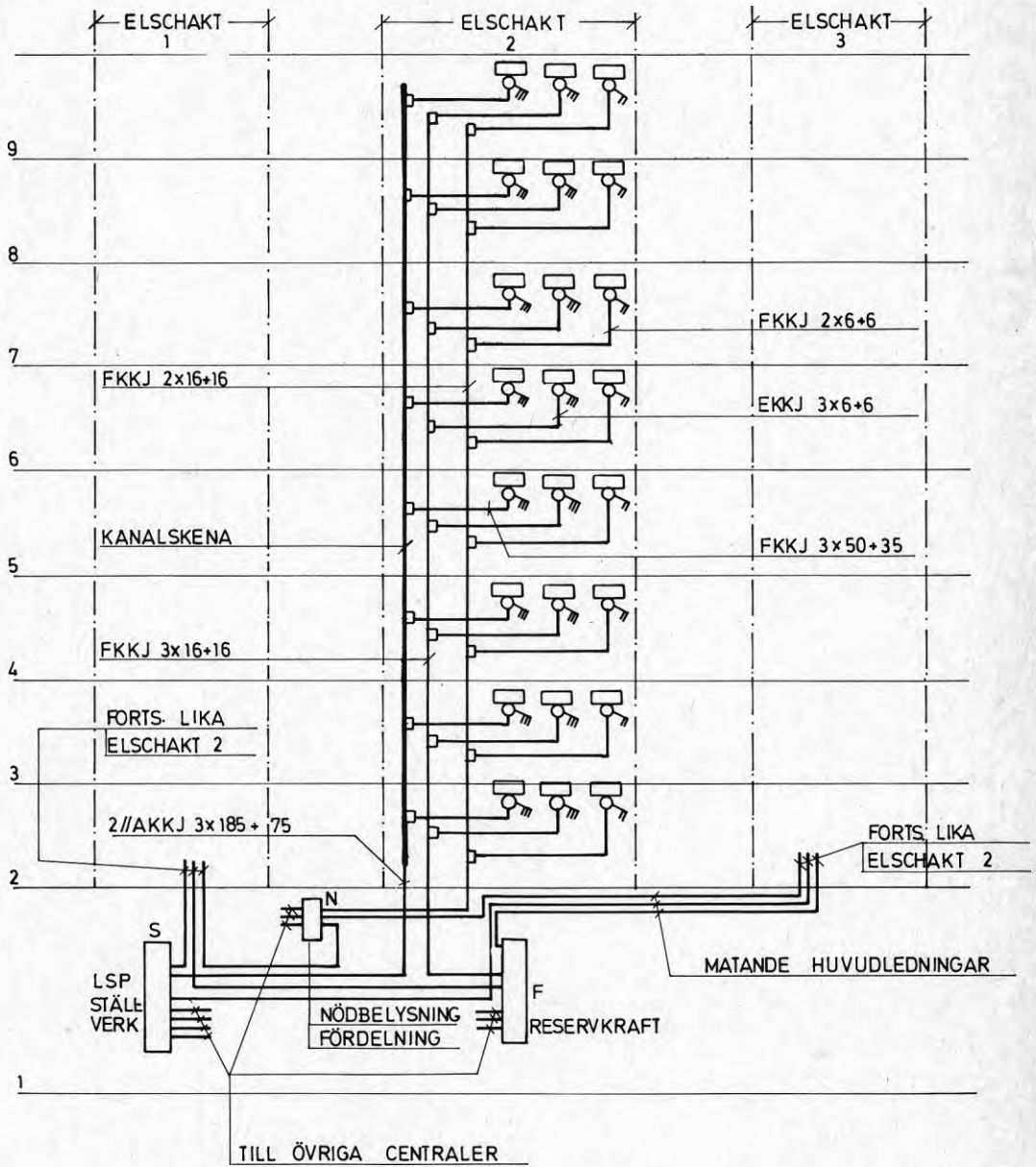
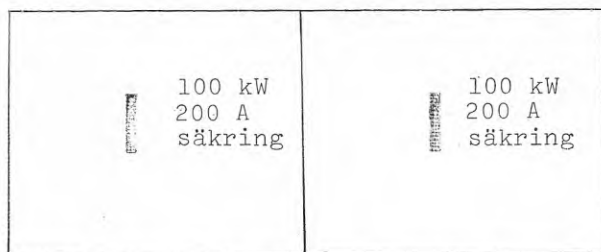


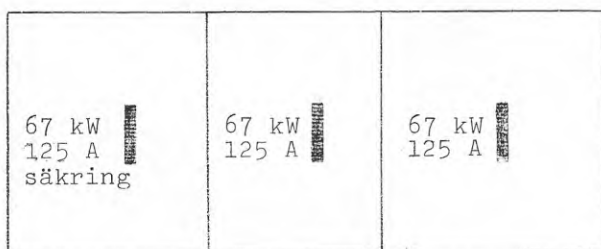
FIG. 4.7 Huvudledningssystem för en större byggnad



Elschakt 1

Elschakt 2

(a) Alt. 1

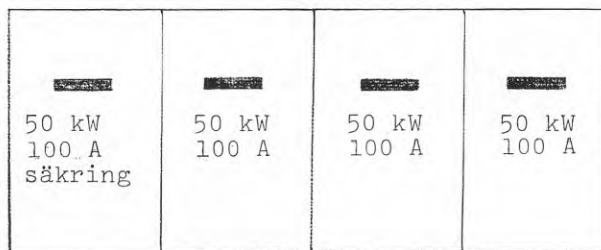


Elschakt 1

Elschakt 2

Elschakt 3

(b) Alt. 2



Elschakt 1

2

3

4

(c) Alt. 3

FIG. 4.8 Alternativa utformningar av huvudlednings-system beroende av antal elschakt

(a) Två elschakt för våningsplan

(b) Tre " " "

(c) Fyra " " "

TAB. 4.8. Alternativa utformningar av vertikal strömförsörjning i ett elschakt i ett 9-våningshus vid en central per plan med max. effekt 50 kW

Antal centraler per matande huvudledning	Antagen sammanlagringsfaktor	Ansluten effekt per matande huvudledning kW	Sammanlagrad effekt kW	Matande huvudlednings storlek vid $\cos(\phi) = 1,0$
1	1,0	50	50	9 st FKKJ 3x25+16 alt. AKKJ 3x50+16
2	0,98	100	98	5 st FKKJ 3x70+35 alt. AKKJ 3x120+50
3	0,97	150	146	3 st FKKJ 3x120+70 alt. AKKJ 3x240+95
5	0,95	250	238	4 st FKKJ 3x95+50 alt. AKKJ 3x150+50
9	0,90	450	405	4 st FKKJ 3x70+35 alt. 3 st FKKJ 3x95+50 alt. 2 st FKKJ 3x185+95 alt. 3 st AKKJ 3x150+50

Det framgår av ovanstående framställning att dimensionering av elschakt och uppläggning av huvudledningssystem påverkar varandra.

Placering av transformator- och ställverksrummen påverkar även dimensionering och utformning av elschakt huvudledningar och centraler i en byggnad. Oftast placeras dessa utrymmen i närheten av en yttervägg främst ur brandskydds-, ventilations- och åtkomstsynpunkt för transport av transformatorer och dragning av elverkets inkommande kablar. Därigenom ökar omfattningen av huvudledningssystemet. Både kabelkostnader och belastningsförluster blir också större. Optimal placering av transformator- och ställverksrummen är av betydelse för totala energikostnader av byggnaden och bör närmare analyseras.

I fig. 4.9 visas ett exempel på hur transformator- och ställverksutrymmen kan ges alternativ placering. Genom att placera dessa utrymmen centralt minskas kostnader för huvudledningar och kabelstegar (p.g.a. mindre ledningslängder) men samtidigt ökar kostnader för förläggning av elverkets inkommande kablar och ventilation. Utrymmen måste ges ett bättre brandskydd vilket också förorsakar vissa merkostnader. Avvägning mellan dessa besparingar och merkostnader styr optimal placering av transformator- och ställverksrummen.

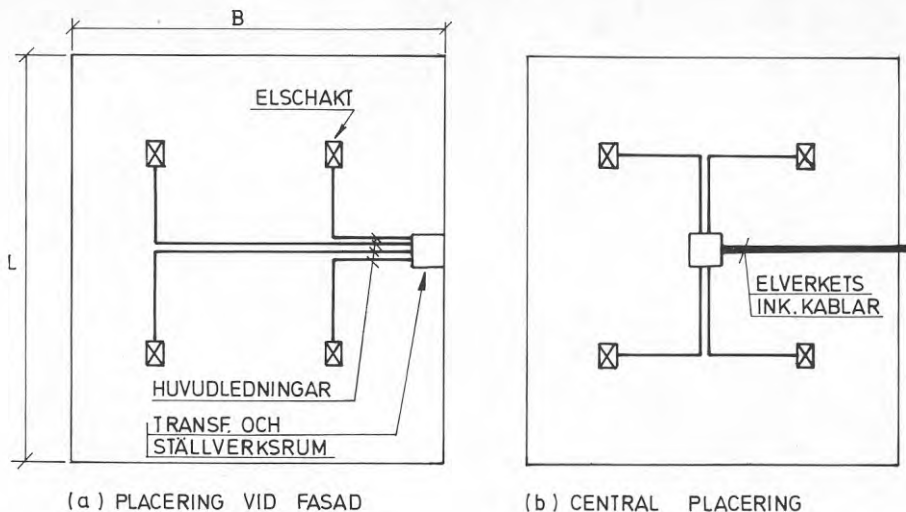


FIG. 4.9. Exempel på alternativ placering av transformator- och ställverksrum

Från energihushållningssynpunkt är det motiverat med optimal dimensionering och uppläggning av huvudledningssystem. Hänsyn skall då tagas till sammanlagring mellan olika delbelastningar, uppdelning av våningsplan i ett ur kabeldimensioneringssynpunkt lämpligt antal elschakt, spänningsfall och förluster samt uppdelning i grupper som underlättar belastningsavkoppling i effektutjämnings syfte.

Centraler och mätutrustningar

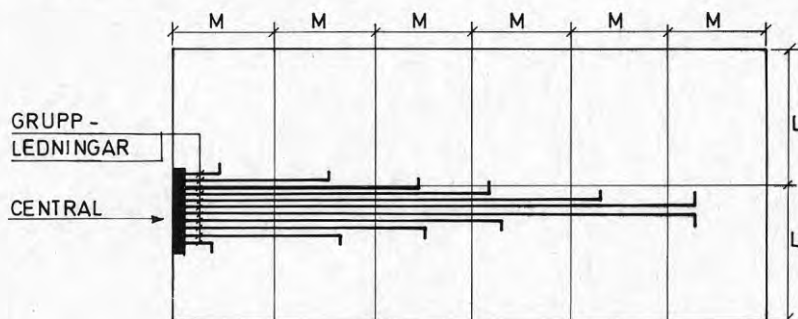
I större byggnader ansluts inkommande serviskablar till lågspänningsställverk i de fall där den maximalt uttagna belastningsströmmen överstiger 600 A, alternativt huvudledningscentral. Inom byggnaden förekommer härutöver fördelningscentraler vilka utnyttjas för huvudledningsförläggning till undercentraler och centraler för lokal strömförsörjning till vilka gruppledningar av olika slag ansluts. För strömförsörjning, manövrering och övervakning av VVS-anläggningar utförs ofta speciella apparatskåp.

Det är önskvärt att centralerna dimensioneras med hänsyn till ekonomisk storlek vilken bestäms av dels den maximalt uttagna strömmen (som blir bestämmande för huvudbrytarens storlek) dels antal utgående gruppledningar. Alltför dålig utnyttjning av gruppledningarna innebär större antal säkringsgrupper och därmed sämre ekonomi räknat per uttagen effekt/m².

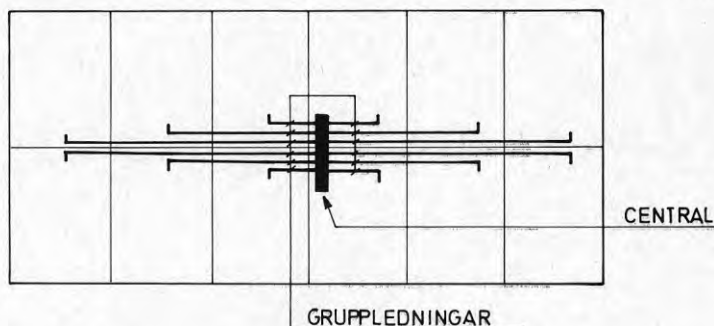
Optimal placering av centraler i förhållande till belastningarna har också en energiekonomisk betydelse.

Betydelsen av optimal placering av centraler i förhållande till belastningarna illustreras i fig. 4.10 genom att studera ett våningsplan med en totalyta av $12 M \times L m^2$. Antag att en modul \acute{a} $M \times L m^2$ skall matas med en separat gruppleddning. Två alternativ jämförs. I det ena fallet (alt. 1) placeras centralen i den ena ändan av våningsplanet medan i det andra fallet (alt. 2) centralen placeras i mitten av lokalen. Den senare placeringen ger 50% besparing i installation för gruppleddningar medan huvudledningslängden i det sämsta fallet (då elschaktet ligger i ändan av lokalen) kan öka med 3 M meter. Längre gruppleddningar innebär högre installationskostnader, spänningsfall, kabelförluster samt extra kostnader för kanalisation.

Eftersom den övervägande delen av centralerna placeras i elschakt och elnischer är det från optimeringssynpunkt värt att lägga större vikt än hittills vid lokalisering, antal och utformning av elschakt. Det bör påpekas att ekonomisk strömförsörjning i många fall inte behöver betyda en vertikal huvudledningsförläggning och en central i varje elschakt. Det kan vara motiverat att i vissa fall ha gemensamma



(a) ALI. 1 ANTAL METER GRUPPLEDNINGAR = 36 M



(b) ALI. 2 ANTAL METER GRUPPLEDNINGAR = 18 M

FIG. 4.10. Optimal placering av en central i förhållande till belastningar

centraler för mer än ett våningsplan. Vidare är det att föredraga att gruppledningarna belastas så långt det är möjligt för att minska antalet säkringsgrupper.

I flera anläggningar är det vanligt att uppsätta särskilda centraler för olika typer av belastningar såsom allmän kraft, belysning, laboratoriekraft, favoriserad kraft, elvärme o.s.v. En sådan uppdelning görs oftast för att underlätta manöver av respektive anläggning och för att skaffa möjligheter för individuell avstängning. Emellertid innebär en sådan planering att både huvudledningssystemets och centralernas (och eventuellt lågspänningsställverkets) omfattning blir större samtidigt som möjligheter för sammanlagring mellan olika belastningar inte tillvaratas på ett effektivt sätt. Det kan ifrågasättas om inte önskade funktioner även erhålls genom val av gemensamma centraler för olika anläggningstyper men med automatisk bortkoppling av vissa anläggningsdelar. Detta kan ske genom att utföra centraler med kontaktormanövrerade delar. I fig. 4.11 redovisas hur liknande funktioner kan erhållas med olika system för centraluppbyggnad och huvudledning. Val av ett visst alternativ styrs av den totala ekonomin.

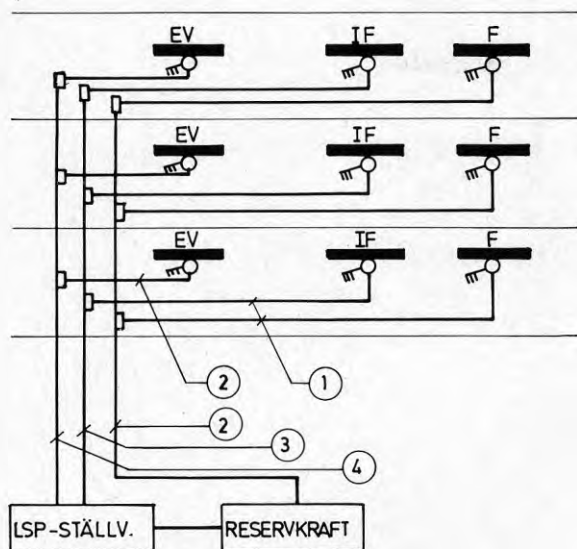
Vissa ekonomiska och energibesparingar kan göras genom att utnyttja sammanlagring mellan olika typer av belastningar. Erfarenheterna har dock visat att uppgifter om sammanlagringsförhållanden mellan olika typer av belastningar i större byggnader är mycket bristfälliga. Detta beror främst på att det i de flesta anläggningarna inte förekommer statistikmätning av effektuttag och energiförbrukning, som skulle kunna medge analys av dels olika anläggningar, dels förhållanden mellan olika typer av delbelastningar.

De flesta befintliga byggnader har sådan uppläggning av huvudledningar och centraler att införande av statistikmätning skulle innebära avsevärda kostnadsökningar p.g.a. ändringar i installationen. Ekonomisk dimensionering av huvudledningar och centraler samt möjligheter till statistikmätning av olika typer av belastningar skulle gynna energihushållningen.

4.4 Belysning

Ljuskällor

En god utformning av belysningsanläggningen till måttlig installerad effekt är till stor del beroende av ljuskällornas egenskaper. Den idag mest effektiva ljuskällan, om hänsyn även tas till färgegenskaper, är högtrycksnatriumlampan, med ett ljusutbyte på över 100 lumen/watt.



F = CENTRAL FÖR FAVORISERAD
KRAFT
MAX UTTAGEN EFFEKT=5KW

IF = CENTRAL FÖR ICKE
FAVORISERAD KRAFT
MAX UTTAGEN EFFEKT=15KW

EV = CENTRAL FÖR ELVÄRME
MAX UTTAGEN EFFEKT=30KW

① = FKKJ 3x6+6

② — " — 3x16+16

③ — " — 3x 25+16

④ — " — 3x 70+35

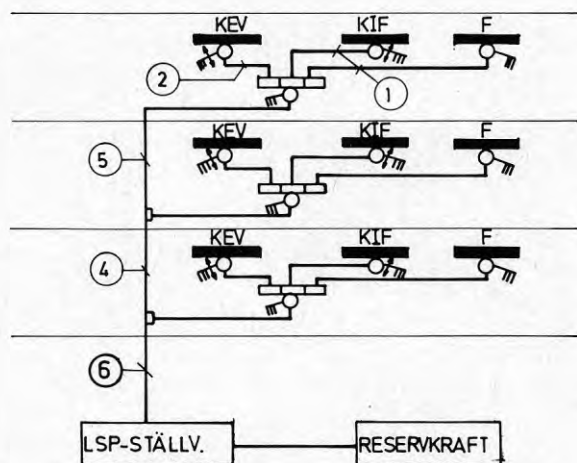
⑤ — " — 3x 35+ 25

⑥ — " — 3x120+ 70

KIF = KONTAKTORMANÖVRERAD
CENTRAL FÖR ICKE
FAVORISERAD KRAFT

KEV = KONTAKTORMANÖVRERAD
CENTRAL FÖR ELVÄRME

(a) ALT. 1



(b) ALT. 2

FIG. 4.11 Alternativa system för uppbyggnad av huvudledningssystem

Ljuskällorna för allmänna belysningsändamål är glödlampor och urladdningslampor. I den senare gruppen ingår lysrör, blandljuslampor, kvicksilverlampor, metallhalogenlampor, lågtrycks- och högtrycksnatriumlampor.

De olika ljuskällorna skiljer sig ifråga om effekt, elektriska egenskaper, ljusutbyte, färgåtergivningsegenskaper samt form och mått. Det kan inte generellt sägas att den ena ljuskällan är bättre eller sämre än den andra, däremot att en viss ljuskälla lämpar sig bättre för vissa belysningsuppgifter än en annan. Eftersom det är tekniskt möjligt att samtidigt erhålla högre ljusutbyte och längre livslängd vid användning av urladdningslampor än med glödlampor, har urladdningslamporna i allt större omfattning kommit till bruk.

Föreligger ej speciella krav på färgåtergivning vid inomhusbelysning, bör man välja ljuskällor som har ett ljusutbyte av min. 50 lumen/watt.

Vid dimensionering och jämförelser mellan olika belysningsystem togs hänsyn till hur ljusminskningen varierar för olika typer av ljuskällor (se tabell i del I av rapportserien).

Hur effektiviteten, ljusutbytet, varierar för olika typer av ljuskällor framgår av diagram enl. fig. 4.12.

W/1000 Lumen

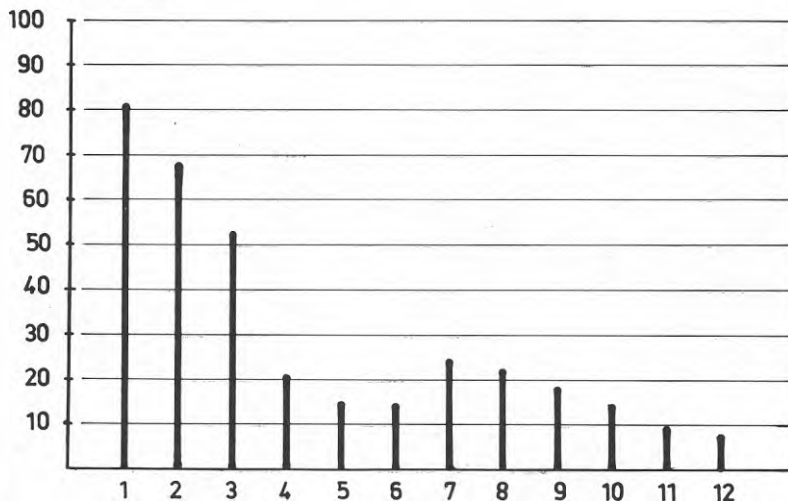


FIG. 4.12 Visar hur många watt som behövs för att producera ett ljusflöde av 1000 lumen för olika typer av ljuskällor

- | | |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1 = Glödlampa 60 W | 7 = Lysrör 40 W, varmvit de luxe |
| 2 = Glödlampa 150 W | 8 = Kvicksilverlampa 125 W |
| 3 = Blandljuslampa 60 W | 9 = Kvicksilverlampa 400 W |
| 4 = Lysrör 20 W, vit | 10 = Metallhalogenlampa 375 W |
| 5 = Lysrör 40 W, vit | 11 = Högtrycksnatriumlampa 400 W |
| 6 = Lysrör 65 W, vit | 12 = Lågtrycksnatriumlampa 135 W |

Ljusarmaturer

Armaturkonstruktioner förekommer i olika utföranden beroende på armaturens material, form, storlek och ljus tekniska egenskaper. När man väljer ljusarmatur har man att ta hänsyn till en hel del olika krav, varav de viktigaste är:

- Ljustekniska
- Miljö-föreskriftsmässiga
- Installationsmässiga
- Underhålls- och servicemässiga

Armaturens ljus tekniska egenskaper är ljusfördelning, verkningsgrad och avbländning. Verkningsgraden, alltså armaturens förmåga att utsända det ljus som ljuskällan producerat, säger endast lite om ljuskvalitén. Armaturer kan därför endast delvis värderas efter verkningsgraden då denna varierar inom olika ljusfördelningsgrupper. Verkningsgraden bör ställas i relation till armaturens ljusfördelning och avbländning.

Ljusfördelningen är den viktigaste egenskapen hos armaturen. Genom att använda reflektorer som fördelar ljusflödet till det huvudsakliga arbetsområdet kan man begränsa energiförbrukningen. Fig. 4.13 ger ett exempel på alternativa lösningar med samma belysningsstyrka på arbetsbordet.

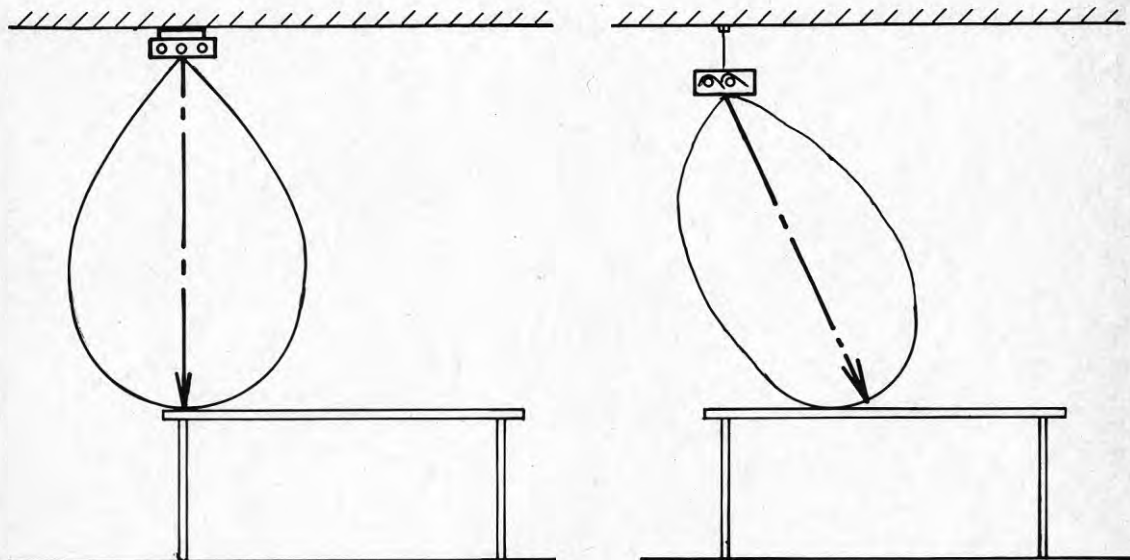


FIG. 4.13 Två olika belysningslösningar

I = 3x40 W, symmetrisk ljusfördelning
 II = 2x40 W, asymmetrisk "

Lösning enl. II ger en energireducering av
 c:a 100 kWh per år och arbetsplats.

Hur olika armaturkonstruktioner fungerar i olika miljöer med avseende på ljusförluster och bibehållning saknas idag uppgifter om. Att få fram sådana underlag, som bl.a. är betydelsefulla vid dimensionering av anläggningar, är en angelägen FoU-uppgift.

Vid beräkning av installerad belysningseffekt är armaturens totala effektförbrukning av intresse. Den totala effektförbrukningen för armaturer med urladdningslampor är summan av lampeffekten och förkopplingsdonens förlusteffekt.

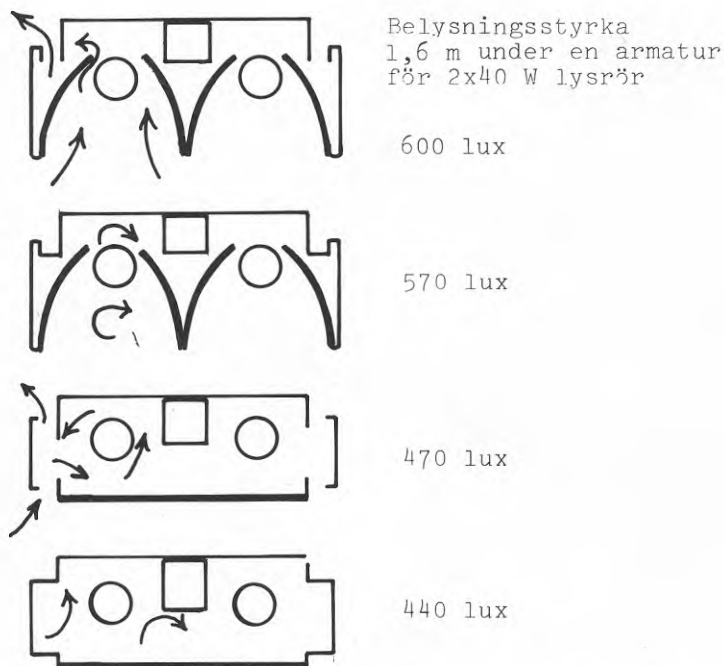


FIG. 4.14 Hur armaturens konstruktion kan påverka belysningsresultatet

Vid val av ljusarmaturer bör bl.a. följande synpunkter beaktas:

- Lämplig ljusfördelning och optisk kontroll av ljuset med hänsyn till användningsområde.
- Hög verkningsgrad och lämplig armaturutformning (med hänsyn till att t.ex. lysrörens ljusflöde varierar med omgivningstemperaturen)
- Låga effektförluster i förkopplingsdon.
- Tillfredsställande elektrisk funktion hos komponenter med avseende på tändning och driftvärden.

- Lämplig mekanisk stabilitet och hållfasthet.
- Lämplig material och ytbehandling med hänsyn till användningsområde (miljö)
- Elektrisk hållbarhet
- Erforderlig termisk hållfasthet
- Enkel uppbyggnad med hänsyn till montering, rengöring och lampbyte
- Utförande enligt gällande föreskrifter och bestämmelser.

System

Belysning i inomhusanläggningar brukar kunna delas upp i stort sett tre olika system, vilka i praktiken ofta förekommer tillsammans, nämligen allmänbelysning, arbetsplatsorienterad belysning och platsbelysning.

Allmänbelysning

innebär att armaturer placerats mer eller mindre symmetriskt och mera med hänsyn till moduler, takbalkar eller undertakssystem än till arbetsplatser och synuppgifter.

Ett rent allmänbelysningsystem med god belysningskvalitet och låg energiförbrukning är svårt att erhålla. Ljuset fördelas jämnt över lokalen. Kommunikationsytor med lägre krav får lika mycket ljus som arbetsplatser.

Lokaliserad allmänbelysning eller arbetsplatsorienterad belysning

innebär att armaturer i första hand placerats med hänsyn till arbetsplatser och synuppgifter.

System med arbetsplatsorienterade armaturer kan bestå av en grundbelysning, allmänbelysning och ett installationssystem så utformat att armaturer lätt kan orienteras till de olika arbetsplatserna. Med användning av skensystem o.likn. monteringsanordningar kan kraven på flexibilitet tillgodoses. Genom att vid projekteringen ta hänsyn till sådana system kan de armaturer som är avsedda för arbetsplatser placeras ut under det relativt sett sena skede när layouten över arbetsplats- och maskinuppställningar är definitiv. Resultatet blir bättre belysningsegenskaper för de enskilda arbetsplatserna och samtidigt anläggningar med lägre energiförbrukning.

Platsbelysning

innebär att armaturer placerats på, eller i direkt anslutning till själva arbetsplatsen.

Platsbelysningen är det belysningsssystem som är avsett komplettera allmänbelysningen eller den arbetsplatsorienterade belysningen. Behov av platsbelysning finns:

- vid svåra arbetsuppgifter med dåliga kontraster och fina detaljer.
- när synförmågan är nedsatt hos den som skall utföra arbetet
- när arbetsuppgiften kräver att ljusets riktning behöver ändras under arbetsoperationen.
- när t.ex. maskiner skymmer delar av ljuset från allmänbelysning.

För att kunna välja lämpligt belysningsssystem krävs utförliga uppgifter om och ritningsunderlag över bl.a. förekommande arbetsuppgifter, arbetsmaterial, rutiner, arbetsplatsernas utformning och placering, dagsljusförhållanden m.m. I det tidiga projekteringskedet finns i regel inte svar på alla dessa frågor. Att så många av dagens belysningsanläggningar uppvisar dåligt resultat, trots hög energiförbrukning, beror bl.a. på att ritningar över armaturplaceringar och framställande av definitiva handlingar utförts i ett för tidigt skede av projektet.

En nyare syn på projekteringsrutinerna behövs för att vi skall komma ifrån de idag alltför vanliga schablonlösningarna, typ allmänbelysning som sällan tar hänsyn till verkligt belysningsbehov.

Integrerade lösningar

Ljuskällorna omvandlar större delen av den elektriska energin till värme och en mindre del till ljus. Men även ljuset övergår så småningom till värme eftersom det höjer temperaturen på de ytor som absorberar det. Variationerna mellan olika ljuskällors ljusutbyten är mycket stora. För en given belysningsstyrka krävs alltså olika stora lampeffekter beroende på vilken ljuskälla som väljs. För glödlampor krävs t.ex. c:a 4 gånger så stor elektrisk effekt som lysrör för att ge samma belysningsnivå. Detta ger en klar antydning om att glödlampsbelysning är avsevärt besvärligare än lysrörsbelysning när det gäller värmestrålning. Vilka belysningsnivåer, eller installerade effekter kan tillåtas utan risk för att belysningsanläggningen skall ge obehag p.g.a. strålningsvärme? Något exakt svar kan ej ges på en sådan fråga då så många olika faktorer spelar in. Så har t.ex. individuell känslighet och rumstemperatur ett klart inflytande på vilken värmestrålning som kan accepteras och givetvis också vald systemlösning, typ av ljuskälla, armaturkonstruktion, undertak, isolering etc. Belysningseffekter på uppåt $25-30 \text{ W/m}^2$ brukar dock inte utgöra något allvarigare värmeproblem. I rum där högre belysningseffekter av olika anledningar är nödvändiga kan man tekniskt lösa värmeproblemet genom att integrera belysning och ventilation. Det förutsätter givetvis att någon form av luftbehandlings- och ventilationsanläggning finns. I sådana fall sammanbyggs belysningsanläggningen konstruktivt med ventilationsanläggningen varvid frånluften vanligtvis tas genom armaturerna. Från ljusteknisk synpunkt är detta en fördel då frånluftens kylande effekt ger bättre driftförhållande för lysrören som därmed avger ett större ljusflöde. Även system med tilluft via armaturerna förekommer.

Genom ventilationsanläggningen kan rummets över-skottsvärme bortföras. Strålningsvärmens däremot är betydligt svårare att komma åt. Det går dock att minska dess verkan genom olika insatser. Ljusarmaturer fungerar som direkta strålningskällor därför att temperaturen är för hög. Genom sammankoppling med ventilationsanläggningen kan armaturerna kylas med frånluften så att temperaturen minskar och därmed också värmestrålningen. Armaturens bländskydd har också inverkan på effektfördelningen. En armatur med öppet bländskydd ger större andel värmestrålning till lokalen än en med tätt bländskydd.

Bland de faktorer som påverkar ljusvärmebelastningen kan nämnas armaturens effektfördelning (andel värme direkt till rummet resp. till utrymmet ovanför armaturen), armaturens placering (tak- armatur förhållandet), undertakets och luftkanalernas isolering samt bjälklagets isolering och värmeackumuleringsförmåga.

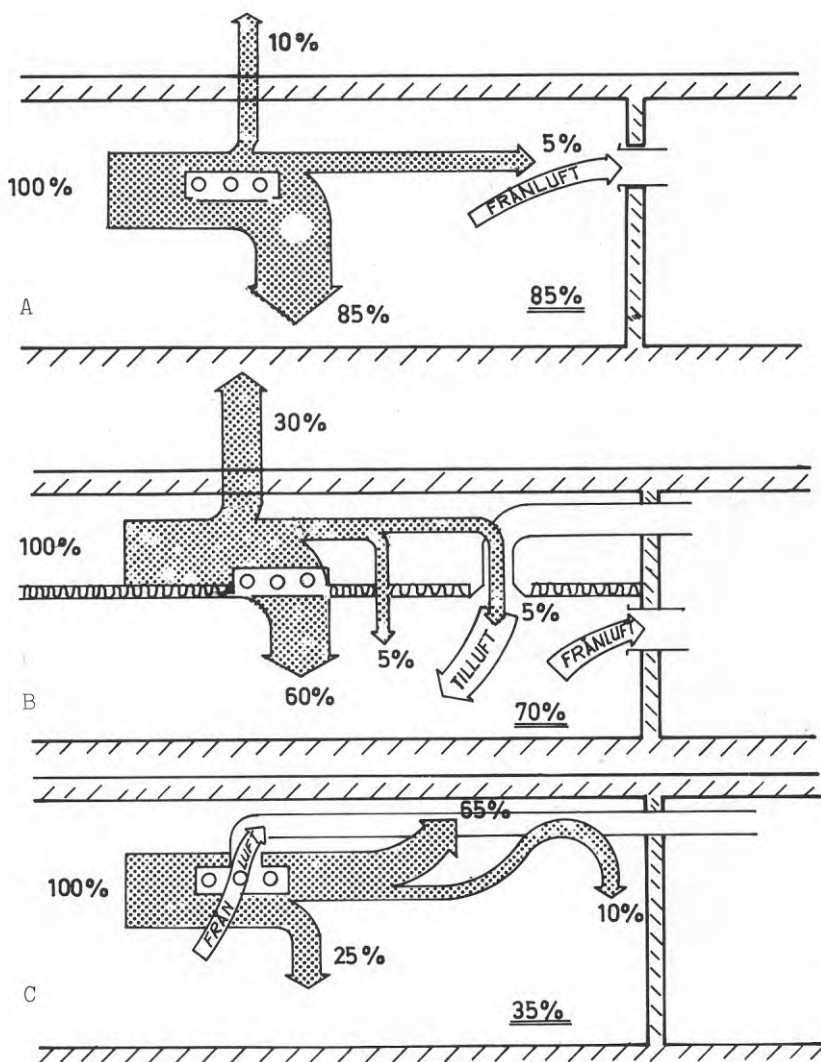


FIG. 4.14 Hur armaturens konstruktion kan påverka belysningsresultatet

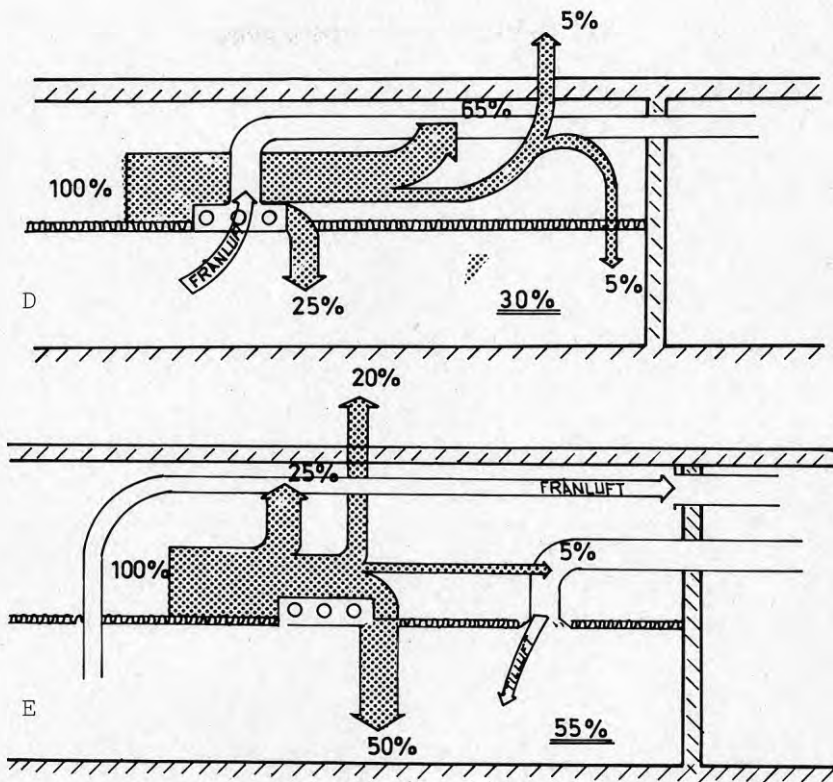


FIG. 4.15 Exempel på fördelning av tillförd eleffekt vid lysrörsarmaturer

- A = Frihängande lysrörsarmatur
- B = Lysrörsarmatur infälld i undertak. Tilluft från kanalanslutna tilluftdon. Frånluft genom frånluftöppning under undertak.
- C = Lysrörsarmatur frihängande och med frånluftanslutning
- D = Lysrörsarmatur infälld i undertak med frånluftanslutning
- E = Lysrörsarmatur infälld i undertak. Tilluft från kanalanslutna tilluftdon. Frånluft via undertak.

Armaturer integreras med ventilationsanläggningar vanligtvis enligt något av följande alternativ:

- Infällning i tak för genomventilation av frånluft direkt till undertaksutrymme, vilket då utnyttjas som sugkammare.
- Infällning i tak för genomventilation av frånluft och anslutning till frånluftkanal
- Infällning i tak för genomventilation och dessutom för tilluft i form av spaltluftspridare som sammanbyggs med armaturen (som regel utmed armaturens ena långsida.)
- Infällning i tak för transport av tilluft varvid undertaksutrymmet utnyttjas som "luftkanal".
- Utvändigt montage, i lokaler som helst saknar undertak, för till- eller frånluft och ansluten till kanal. I detta fall monteras armaturerna direkt mot kanalen eller hänges under denna och ihopkopplas medelst slang eller liknande.

Hur mycket värme som kan föras bort i en anläggning beror bl.a. på luftflödet genom armaturen och armaturens konstruktion. Den mest effektiva värmebortförelsen erhålls med system där ljusarmaturer ansluts, sammankopplas till ventilationskanaler. Med sådana system kan uppåt 3/4 av den i ljusarmaturen förbrukade energin föras bort med ventilationsluften. (se fig.4.15)

F.n. utförs inte i Sverige så många integrerade anläggningar som för en del år sedan. En av anledningarna till detta kan vara en viss övergång från allmänbelysningsssystem på c:a 50 W/m² till arbetsplatsorienterade belysningsssystem på 20-30 W/m².

System, exempel

- Återluftförling
Den uppvärmda frånluften kan transporteras till ett centralt aggregat där den blandas med den inkommande luften. Vintertid kan då frånluften användas till att förvärma den inkommande luften.
- Sekundär användning av frånluft
Ofta finns i byggnader lokaler med andra krav på ventilation än för huvudparten av lokalerna. Sådana lokaler kan t.ex. vara garage och lagerutrymmen. Dessa kan uppvärmas och ventileras med den från belysningsanläggningen uppvärmda frånluften.
- Värmeväxlare
Belysningsvärmen tillvaratags genom att låta frånluften passera en värmeväxlare för värmeåtervinning. Detta görs speciellt då återföring av frånluft av hygieniska skäl är otänkbar som t.ex. i sjukhus.

TAB. 4.9 Armatur- och rumskategorier
(Se även FIG. 4.15.)
(IES Technical Report No 9)

	Indirekt kornisch	B C/D E F/G G	B/C D/E F G H	- - - - -
	Infälld med plastskiva eller raster eller lystak	A A/B B B/C C	B B/C C C/D D	C C/D D D/E E
	Öppen nedåt med lysande sidor eller rasterbländskydd	A/B B B/C C C/D	B/C C C/D D D/E	C/D D D/E E E/F
	Reflektor tät uppåt, öppen nedåt eller t.ex. plastkupa	A/B B C C/D D	C C/D D D/E E	D D/E E E/F F
	Damntät, dammsäker eller armatur med reflektorlampa	A A/B B B/C B/C	A B B B/C C	A/B B B/C B/C C
	Ventilerad reflektor, öppen nedåt	A A/B B B/C C	A A/B B B/C C	A/B B/C C C/D D
	S.k. lysrörsränna	A A/B B B/C C	A/B B B/C C C/D	B C C/D D D/E
	Rumskategori 1/	X X Y Y Y	X Y Y Y Z	X Y Y Z Z
Lokal	Belägenhet/plats			
Kontor, butiker, varuhus, sjukhus, skolor, laboratorier och "rena" fabriker och industrilokaler	Luftkonditionerade byggnader "Ren" landsbygd Mindre städer Storstäder Smutsiga industriområden			
Fabriker, industrilokaler, maskinverkstäder, laboratorier etc	Luftkonditionerade byggnader "Ren" landsbygd Mindre städer Storstäder Smutsiga industriområden			
Stålverk, gjuterier, svetsverkstäder, gruvor etc	Luftkonditionerade byggnader "Ren" landsbygd Mindre städer Storstäder Smutsiga industriområden			
I/ Belägenhet	Rumskategori			
Speciellt ren	X			
Ren	Y			
Speciellt smutsig	Z			

Föreskrifter, rekommendationer m m

Kvantitativa och kvalitativa krav på belysningen för olika lokal- och arbetsfunktioner finns angivna i "Belysning inomhus. Riktlinjer och rekommendationer" (Ljuskultur 1974). Dessutom har en del myndigheter och organisationer utgivit egna anvisningar och rekommendationer för mera begränsade användningsområden, som exempelvis Byggnadsstyrelsens KBS-rapport nr 40 "Belysning i kontor", KBS-anvisning nr 27 "Energiekonomi" och Byggnadsstyrelsen/Poststyrelsens "Normer för utformning av postlokaler.

För vägbelysning finns anvisningar från Statens vägverk "Riktlinjer för stationär trafikbelysning". I Svensk Byggnorm anges krav på nödbelysningsanläggningar och reservkraft.

I de statliga starkströmsföreskrifterna anges den skyddsform som krävs på armaturer för användning i olika lokaler/miljöer. SEMKO:s provningsbestämmelser specificerar närmare armaturens utförande och provning.

I de olika rekommendationer för belysning som finns anges värden på bl.a. belysningsstyrka och bländtal för olika belysningsuppgifter. Det saknas däremot rekommendationer som tar fasta på energibesparande lösningar på belysningen och dessutom saknas idag anvisningar om belysningsunderhåll. Det är viktigt att inom en snar framtid få fram anvisningar och rekommendationer för dessa områden. Byggforskningens informationsblad B9:1976 Dagsljus utomhus tar upp beräkningar av belysningen inomhus p.g.a. dagsljusinsläppet.

Underhåll

För att förhindra en försämring av belysningsstyrkan måste man underhålla belysningsanläggningen. Ljusnedgången beror på följande faktorer:

- Slocknade ljuskällor
- Ljusflödesnedgång hos de ljuskällor som fortfarande är hela.
- Damm och smuts på ljuskällor och armaturytor, speciellt reflektor och bländskydd
- Damm och smuts på rumsytor
- Felaktig nätspänning
- Olämplig drifttemperatur

Storleken av ljusnedgången beror på armaturens konstruktion, dess ventilation eller dammtätet, på ytbehandlingens kvalitet, på hur den monteras (lutad, uppåtvänd etc.) och på dammhalten i den aktuella anläggningen (se fig. 4.18). Hur ljusnedgången varierar för några olika armaturtyper, i relation till lokalens funktion och belägenhet framgår av figur 4.16 och tabell 4.19.

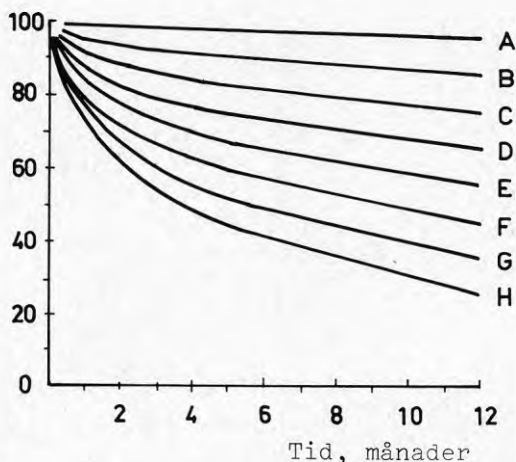


FIG. 4.16 Kurvor visande ljusminskning för olika armaturtyper i relation till lokalens funktion och belägenhet (A, B, C o.s.v. se tabell 4.9)

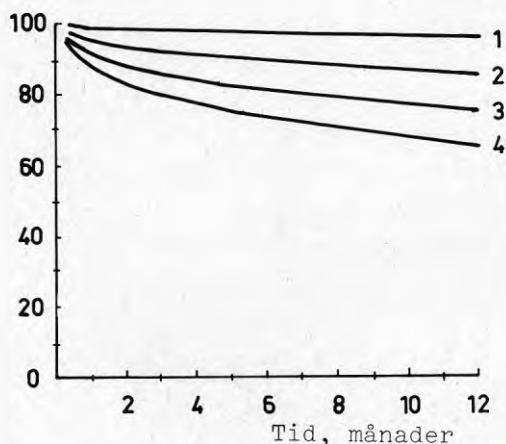


FIG. 4.17 Ljusnedgång p.g.a smuts och damm för olika armaturtyper i samma miljö.

- Kurva 1 Reflektor, ventilerad
 " 2 Diffuserande material, med öppning i botten
 " 3 Reflektor tät uppåt
 " 4 Indirekt typ kornisch

Ljusnedgången, eller anläggningens bibehållning, måste bedömas från fall till fall där hänsyn skall tas till de aktuella driftförhållandena och till vilka rengöringsterminer som skall komma ifråga.

Belysningsunderhåll bör i första hand omfatta:

- Rengöring av armaturer och ljuskällor
- Byte av ljuskällor
- Service, reparation av armaturer

Genom att projektera för belysningsunderhåll kan man minska överdimensioneringen, ofta mer än 50% högre än som erfordras av anläggningen. Resultatet blir lägre anläggningskostnad och lägre energiförbrukning. Istället får man en högre skötselkostnad. Se fig. 4.19. I del III av rapportserien behandlas detta mer utförligt.

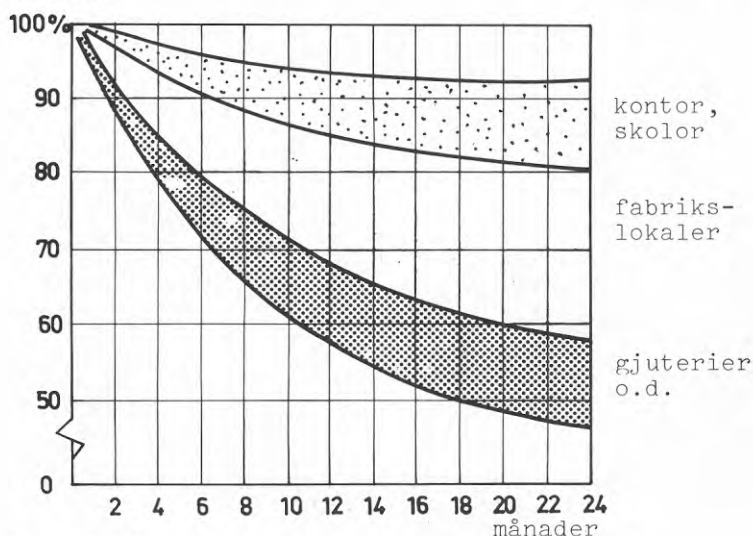


FIG. 4.18 Ljusflödets minskning p.g.a. smuts och damm för olika miljöer.

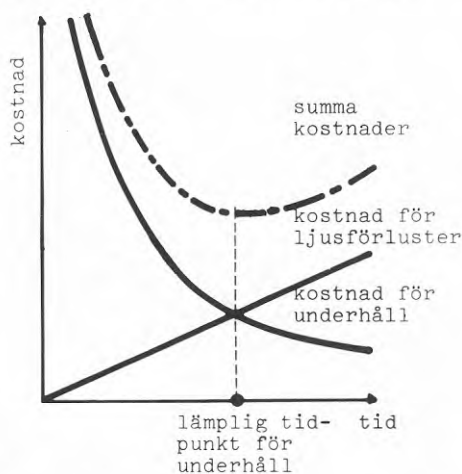


FIG. 4.19 Ekonomiskt rengöringsintervall (tid för underhåll)

Genom att anpassa och begränsa drifttiderna för belysning till verksamhet, personbeläggning och dagsljusförhållanden, kan betydande energibesparingar göras.

För dagsljusbelysta utrymmen kan manövrering av belysningen ordnas så att vissa armaturer släcks automatiskt, via t.ex. ljusrelä, när dagsljusbelysningen räcker till.

Dagsljusstudier och beräkningar bör ligga till grund för planering av hur elbelysningen skall styras och manövreras. Genom att först beräkna dagsljusfaktorn för olika punkter i rummet kan man sedan med hjälp av speciella diagram räkna ut hur stor del av den totala arbetstiden som dagsljuset räcker och hur stor del som elbelysningen måste vara tänd. Byggforskningens informationsblad B9:1976 "Dagsljus utomhus" redogör för dagsljusets inverkan och hur man kan utnyttja det.

Dagsljusfaktorn D i en punkt P i ett rum beskriver hur stor del av belysningsstyrkan utomhus som kan förväntas i punkten P . Om utomhusbelysningen är E_H blir belysningsstyrkan E_p i punkten P .

$$E_p = \frac{D \times E_H}{100} \quad (D \text{ uttrycks då i } \%)$$

Exempel: Om man antar att belysningen på en arbetsplats 3 m från ett fönster ej skall understiga 500 lux och dagsljusfaktorn där beräknats till 2,5% behövs belysningsstyrkan 20 klux utomhus.

I diagram, enl. fig. 4.20 ritas arbetsåret in och kurvan för beräknad utomhusbelysning E_H . Ytan innanför E_H jämförs med ytan innanför "arbetsåret". Kvoten mellan dem ger vilken andel av arbetsåret som dagsljuset kan förväntas ge minst den önskade belysningsstyrkan. Ytor na kan mätas direkt med en planimeter.

Med denna metod kan hänsyn tas till avbrott i arbetsåret t.ex. p.g.a. julleddigheter, semester o.dyl.

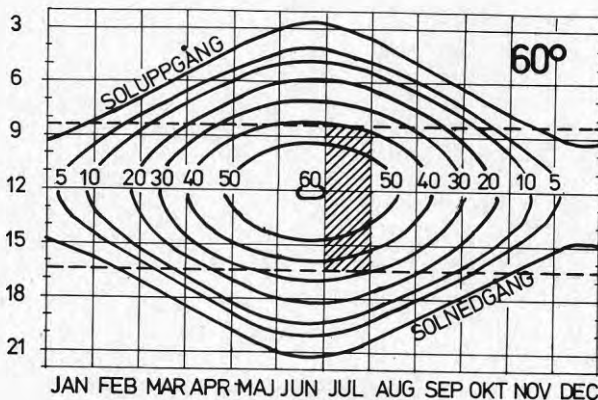


FIG. 4.20
Belysningsstyrkan på ett horisontalplan utomhus vid medelmolnigt väder. Enhet: Kilolux
Streckade linjer är den inritade arbetstiden. Skuggat område är semestertid

I stora utrymmen som kontorslandskap o.likn. bör belysningen manövreras i ett stort antal mindre delområden, zoner. I mindre utrymmen bör armaturer närmast fönsterväggar manövreras för sig.

Ett steg ytterligare är att ordna släckning och tändning av armaturerna var för sig för resp. arbetsplats eller rum. Genom att införa dragströmställare i varje armatur ges möjlighet till en sådan individuell manövrering.

Med antagandet att armaturerna då är släckta 2 h/dag utöver vad de normalt är, minskas den årliga energiförbrukningen för t.ex. en 3x40 W lysrörsarmatur med c:a 75 kWh.

I varuhus o.likn. lokaler bör huvuddelen av belysningen automatiskt släckas strax efter stängning. Där- efter bör endast armaturer för ledbelysnings- och städfunktioner vara tända.

I utrymmen som helt saknar dagsljus, s.k. mörka utrymmen som korridorer, hallar, kapprum m.fl. begränsas belysningen lämpligen till arbetstid och styrs därefter med timer. Exempel på belysningsstyrningar se schema fig. 4.21.

Utomhusbelysningen skall manövreras efter det artificioella ljusets belysningsnivå. Således bör armaturer släckas automatiskt t.ex. under ljusa nätter.

För industrigårdar, lastkajer, bangårdar o.likn. utomhusanläggningar bör belysningen efter arbetstid inskränkas till erforderlig led- och bevakningsbelysning. Omkoppling från "arbetsbelysning" till bevakningsbelysning bör ske automatiskt.

Manövreringen av gatu- och vägbelysning kan givetvis också ske efter t.ex. högfrekvent resp. lågfrekvent trafik, alltså lägre luminansnivå och större olikformighet vid lågfrekvent trafik. Från fall till fall måste dock sådana åtgärder bedömas till de lokala förhållandena och till trafiksäkerhetskraven.

Den närmaste utveckling, vad gäller reglerutrustningar för belysningsändamål, bör inriktas på att få fram bättre konstruktioner på ljusreläer och kopplingsur. Kanske kan rörelsedetektorer vara en framtida lösning när det gäller styrning av ljus i en del större inomhusbelysningsanläggningar.

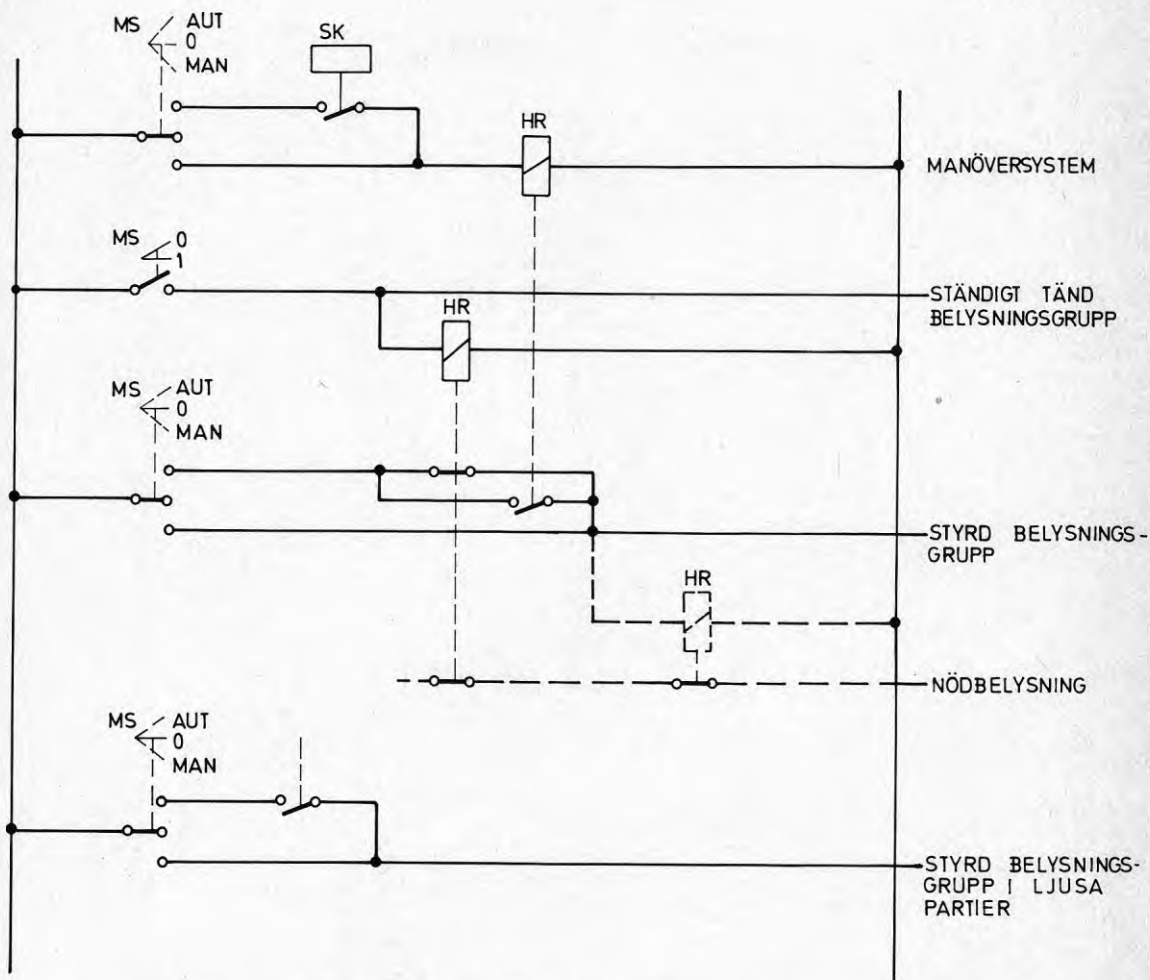


FIG. 4.21 Exempel på styrning av belysning

4.5 Elektrisk rumsuppvärmning

Projekteringsförutsättningar

I ett tidigt skede måste förutsättningarna för projekteringen ingående analyseras. Följande frågor bör utredas:

- Byggherrens och energiverkets principiella inställning till olika klimatanläggningar.

- Byggnadens utformning. Värmeisolering, utrymmen för värmeanläggningen, anläggningens anpassning till byggnadskonstruktionen.
- Byggnadens lokalisering. Solinstrålning, vindpåverkan och utetemperaturen.
- Byggnadens användning. Antalet personer som vistas i byggnaden, arbetstider, levnadsvanor (t.ex. väd-ringsfrekvens).
- Kraven på ljus-, värme- och ventilationsanläggningarna. Innetemperatur, luftomsättning, vattenförbrukning, be-lysningsstandard.
- Alternativa principlösningar för klimatiseringen.
- Olika klimatanläggningars ekonomi och drift. Ekono-miska utvärderingsgrunder som livslängd, energipriser, drifttid, tillförliglighet, dimensioneringsreserv, belastningsstyrning.
- Mätsystem, styr och övervakningssystem.

När man behandlat dessa frågor kan man välja en lämplig klimatanläggning.

Dessutom ingår också i förutsättningarna samordning mellan de olika projektörerna och en samplanering av klimatan-läggningen.

Alternativa systemlösningar för elektrisk uppvärmning

Elektrisk uppvärmning förekommer i samband med olika systemlösningar för rumsuppvärmning, varmvattenbe-beredning och ventilation. En översikt av tänkbara kombinationer mellan olika typer av delsystem för klimatisering framgår av tabell 4.10. Ett visst system för rumsuppvärmning kan kombineras med olika system för varmvattenberedning, ventilation och effektstyrning. I samband med värmepumpanläggningar och solvärme kan olika typer av tillsatsvärme före-komma. Genom att det existerar olika valmöjligheter kan för ett särskilt rumsuppvärmningssystem ett fler-tal alternativa lösningar för det kombinerade rums-uppvärmnings-, varmvattenberednings- och ventilations-systemet bli aktuella. Som ett exempel kan vid ett luft/vatten värmepumpsystem följande alternativa lösningar väljas.

Huvudalternativ: Rumsuppvärmning medelst vatten-cirkulationssystem och luft/vatten värmepump

Delalternativ typ 1: Varmvattenberedning sker med värmepump.

Delalternativ typ 2: Tillsatsvärme består av
- elpanna

TAB. 4. 10. Alternativa systemlösningar med elektrisk uppvärmning i större byggnader

System för rums- uppvärmning (grundvärme)	Varmvatten- beredning		Tillsats- värme		Venti- lation		Eff.- styrn.							
	Elektrisk varmvatten- beredare	Elektrisk panna	Solvärme	Värmepump	Elbatterier, elpanna	Oljepanna	Annat system såsom upp- värmning med gas, ved etc	Ingen värmeväxlare	Aterluftförling till lo- kalen	Aterluft till värmepump	Regenerativa värme- växlare	Rekuperativa värme- växlare	Akkumulering i media	Utnyttjande av byggnaders värmelagring
Elradiatorer, direkt- verkande	•							•	•					•
Elektrisk panna		•						•	•				•	•
Värmekabel														
- Golvvärme	•							•	•				xx	•
- Takvärme	•							•	•					•
Elluftvärmare	•							•						xxx
Värmepump														
- Luft-till-luft	•				•			•	•	•	•	•	•	•
- Luft-till-vatten		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
- Vatten-till-luft	•				•			•	•	•	•	•	•	•
- Vatten-till-vatten		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	x	•
- Jord-till-luft	•				•			•	•	•	•	•		•
- Jord-till-vatten		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	x	•
Integrerad ljus, vär- me och ventilation														
- Ventilerade armaturer	•				•	•		•	•	•	•	•		•
- Vattenkylda armaturer		•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Solvärme		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

x/ Akkumulering gäller tillsatsvärmen

xx/ Medium utgörs av sand eller dylikt

xxx/ Tänkbart alternativ vid specialfall

- elpanna + solvärme
- oljepanna
- oljepanna + solvärme
- annat system exv. torvbränning
- annat system + solvärme

Delalternativ typ 3: Ventilationssystemet utförs enligt något av följande alternativ

- Ingen värmeväxling
- 100% återluftföring till lokalen
- Viss återluftföring till lokalen, resterande luft till värmepumpens utebatteri
- Ingen återluftföring. Värmeåtervinning med regenerativ värmeväxlare
- Ingen återluftföring. Värmeåtervinning med rekuperativa värmeväxlare

Delalternativ typ 4: Effektstyrning kan ske med

- Värmeackumulering i vatten
- Frånkoppling av värmen under vissa perioder
- Värmeackumulering i vatten i kombination med frånkoppling av värmen under vissa perioder.

Ett helt system kan bestå av lämpliga kombinationer mellan huvudalternativet och delalternativen. Flera av delalternativen är ömsesidigt uteslutande och förekommer dessutom enbart i vissa sammanhang. Genom anpassning till aktuella situationer kan lämpliga alternativa systemlösningar föreslås för närmare analyser och ekonomisk utvärdering.

Metodikerna för beräkning av värmebalans i byggnaden och anläggningsdimensionering är välkänd och har utförligt behandlats i ett flertal andra publikationer under de senaste åren och skall därför inte redovisas här. Det är emellertid viktigt att poängtera att ur energihushållningssynvinkel bör större vikt läggas vid dimensioneringen av dessa anläggningar. Det innebär att bl.a. beräkningsnoggrannheten måste ökas genom att utveckla förbättrade beräkningsmetoder och simuleringsprogram. Vidare bör man eftersträva att överdimensionering av anläggningarna undviks i möjligaste mån.

Energihushållningsåtgärder i anläggningar för elektrisk rumsuppvärmning

Vad man speciellt bör beakta vid projekteringen av uppvärmningsanläggningarna är avvägningen mellan byggnadstekniska och installationstekniska åtgärder.

Som exempel kan nämnas:

- Utnyttjande av byggnadens värmelagringsförmåga dels för utjämnning av temperaturvariationer, dels för ackumulering av värme nattetid för att minska effektbehovet under dagtid.
- Zonindelning av byggnadens värmeanläggning efter likartade klimatförhållanden, t.ex. kan söder- och norrfasaderna i en byggnad ha olika uppvärmnings- resp. kylbehov.
- Värmeåtervinning från frånluften i byggnader med mekanisk ventilation. I byggnader med ren frånluft behöver man inte gå över en värmeväxlare utan kan direkt blanda en del av frånluften i tilluften.
- Installation av integrerade ljus-, värme- och ventilationsanläggningar för att utnyttja ljusvärmen och ge ljusarmaturen bättre driftförhållanden. Se även tidigare kapitel om belysning.
- Installation av värmepump ger en lägre energiförbrukning men kan ge lika stort effektbehov som konventionell elvärme.
- Utjämnning av effektuttaget genom att välja flera mindre effektsteg i kombination med en styrutrustning.

4.6 Elektrisk varmvattenberedning

Energiförbrukningen för varmvattenberedningen i flerfamiljshus är beroende av hur många personer som bor i lägenheterna. För en lägenhet med p personer gäller följande empiriska formel för energiåtgången:

$$4000 + (p-3)700 \text{ kWh/lgh, år}$$

Varmvattenberedningen svarar för ungefär 25% av den totala energiåtgången. I ett kontorshus har man ett annat förhållande. Där är motsvarande siffra 1-2%.

Energibesparingsåtgärder avseende tappvarmvatten reducerar inte det totala energibehovet i större grad endast 2%. Sänkning av temperaturen på varmvattnet är den enklaste åtgärden. För de flesta tillämpningarna är vatten av 45°C temperatur fullt tillräckligt. 50-60 gradigt vatten måste man oftast blanda med kallvatten för att få lagom brukstemperatur på. Andra åtgärder är att installera en cirkulationspump för varmvattnet (VVC-pump) eller termostatblandare. Med hjälp av VVC-pumpen undviker man borttappning av vatten innan man får rätt temperatur vid tappstället. Termostatblandarna ger rätt temperatur vid tappstället och man slipper förluster p.g.a. svårigheter att ställa in rätt blandning.

4.7 Hiss- och transportanläggningar

Hissarna förbrukar en obetydlig del av den energi som förbrukas i en byggnad. Det står då klart att energibesparingarna i hissaneläggningen också blir små i förhållande till andra anläggningar. Verkan av de möjliga besparingar som kan göras genom ingrepp i manöver-systemen, bedöms genom en avvägning mellan besparingarna och den försämrade servicen (d.v.s. antalet besvarade anrop inom en viss tidsperiod).

Manöver- och styrsystemen för moderna hissar kan utföras så att omläggning av drift från ett större till ett mindre antal hissar lätt kan göras. Innan ett visst manöversystem väljs är det viktigt att utvärdera antalet besvarade anrop under en given väntetid. Vissa hissfabrikanter har färdiga datorprogram för utvärdering av olika manöver- och styrsystem.

I fig. 4.22 redovisas resultat från en undersökning av anläggning av hisstrafiken i Michigan Bell H.Q. Building i USA (Cleminson & Rogers, 1974). I denna byggnad studerades drift med 3 alternativt 4 hissar. Avsikten var att fastställa erhållen energibesparing genom denna styrning. Resultaten (fig. 4.22) visar att servicen försämrades drastiskt. Inom 45 sekunder kunde 3 hissar besvara 51,5% av anropen medan fyra hissar kunde besvara 81,5% av anropen under samma tid. För att besvara 81,5% av anropen behövde väntetiden ökas för 3 hissar från 45 sekunder till 95 sekunder. Tre hissar behövde med andra ord arbeta dubbelt så mycket för att klara samma trafik som fyra hissar.

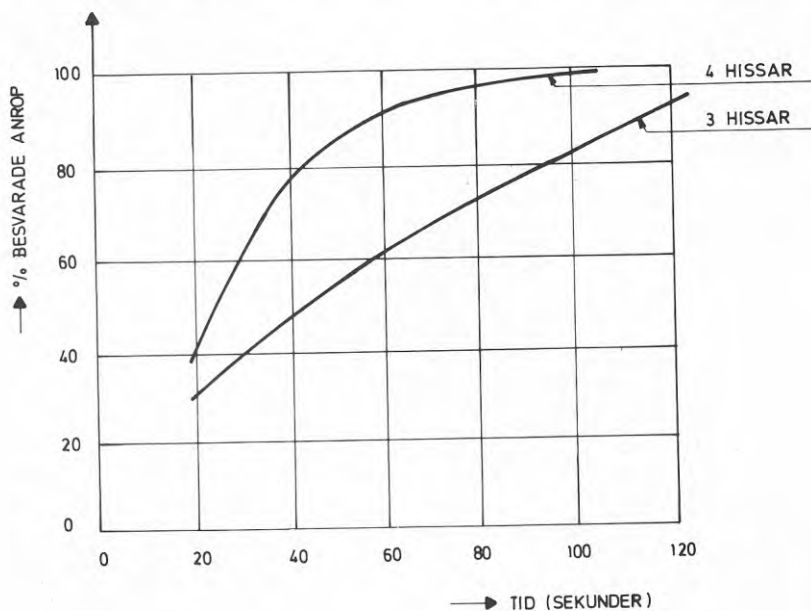


FIG. 4.22 Besvarade anrop som funktion av tiden i en byggnad med 4 resp. 3 hissar i trafik

Förhållandet mellan förluster av ovannämnda alternativa hissgrupper vid 81,5% besvarade anropen beräknades enligt följande:

4 hissar: Tid = 4 x 45 = 180 sek

3 " : Tid = 3 x 95 = 285 sek

Förhållande mellan förluster av 3 och 4 hissar

$$= \frac{3}{4} (\text{förluster}) \times \frac{285}{180} (\text{tidsenheter})$$

$$= 1,19$$

Det innebär att i detta fall förbrukar 3 hissar mer energi än 4 hissar samtidigt som tiden för att besvara motsvarande anrop fördubblas.

Genom omläggning av manöversystem för hissanläggningarna är vissa energibesparingar möjliga. Den erhållna energibesparingen kan emellertid uppgå till högst 5% av hissanläggningarnas energiförbrukning. Samtidigt bör det påpekas att hissanläggningarnas energiförbrukning endast utgör 0,5-2,5% av byggnadens totala energiförbrukning.

En idé som framgångsrikt har tillämpats i vissa byggnader är att uppmana folk att istället för att ta hissen mellan två våningsplan gå i trappan. Genom denna enkla omläggning kan hissarnas energiförbrukning reduceras med 10-15%.

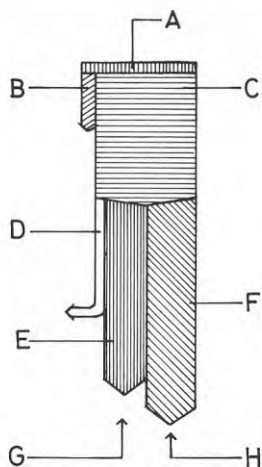
En annan energihushållningsåtgärd av betydelse för distributionsanläggningen är ekonomisk dimensionering av huvudledningar till hissanläggningarna. Man kan begränsa effekttoppar genom att installera en fördröjningsautomatik som omöjliggör samtidig start av flera hissmotorer. Vidare bör förluster i hissmaskinrummet tillvaratagas och utnyttjas för rumsuppvärmning i dessa utrymmen eller i andra lokaler.

4.8 Övriga installationer

I övriga installationer ingår allmän och speciell kraft, elinstallationer för VVS-anläggningar, gruppledningar till belastningsobjekt såsom belysningsarmaturer, motorer m.m, startapparater samt väggapparater av olika slag såsom strömställare, vägggutttag m.m. Energihushållningsåtgärder i dessa installationer avser i huvudsak optimal dimensionering genom behovsanpassning till verksamheter och ekonomisk drift.

Allmän och speciell kraft

I den allmänna kraftanläggningen igår elanslutna utrustningar såsom kontorsmaskiner, kopieringsapparater, dupliceringsapparater, kaffeautomater, köksmaskiner m.m. Ur energihushållningssynvinkel är det lämpligt att



- A Totala driftkostnader hos en byggnad 4,3-8,5% per år av den totala byggkostnaden.
- B Allmänna driftkostnader 0,3-0,5% per år (0,4% per år i genomsnitt)
- C Tekniska driftkostnader 4,0-8,0% per år (6,0% per år i genomsnitt) av den totala byggkostnaden, detta motsvarar ca 12,0-24,0% per år av investeringarna för tekniska installationer (VVS- och el-anläggningar)
- D 1,8% vatten, smörjmedel
- E Personalkostnader ca 8,1% per år av tekniska installationer
- F Energikostnader ca 8% per år av tekniska installationer
- G Automatisk övervakning, Automatisk styrning, Informationssystem (datorer)
- H Energiminskning, energiåtervinning, förbättring av verkningsgraden för de olika anläggningarna, minskning av mätfel i automatiken, programmerad funktioncykel

FIG. 4.23 Sammanställning av de tekniska driftkostnaderna samt möjliga motåtgärder i en förvaltningsbyggnad (Västtyskland) (Klaus Daniels, München)

i möjligaste mån anordna automatisk urkoppling efter den normala arbetstiden av dessa utrustningar och övriga ständigt anslutna energiförbrukande elapparater.

Kraft till VVS-anläggningar

Elanläggningarna för VVS utgör ofta en stor del av en byggnads hela elanläggning och består av motorer och ledningar för bl.a. fläktar och pumpar.

I elinstallationen för VVS-anläggningarna kan ett flertal åtgärder vidtas för att begränsa energiförlusterna.

De viktigaste åtgärderna är optimal dimensionering och ekonomisk drift. (se även del II av rapportserien). Fig. 4.23 ger en sammanställning av de tekniska driftskostnaderna. Överdimensionerade motorer vilket ofta förekommer, ger en försämrad effektfaktor.

För driften gäller att den anpassas till de tider anläggningen behövs och efter den verksamhet som bedrivs i de betjänade lokalerna.

Anläggningen kan även uppdelas i ett större antal mindre enheter vilka inkopplas i olika kombinationer allt efter behov. Kontroll av större fläktars verkningsgrad bör göras genom mätning av varvtal, tryckuppsättning samt motoreffekt. En annan energihushållningsåtgärd av betydelse är att sommartid köra tilluftsfläktarna på natten så att husstommen blir kyld och kylbehovet minskas.

Installationsledningar och väggapparater

Energihushållningsåtgärder i detta fall omfattar i första hand ekonomisk dimensionering och förläggning av gruppledningar, behovsanpassning av väggapparater till verksamheten (d.v.s. undvikande av slöseri med överdrivet flexibla apparatplaceringar samt ersättande av strömställare för bl.a. belysningsanläggning med centralt styrda tidur m.m.)

4.9 Styr- och övervakningssystem

Styr- och övervakningsanläggningarnas (definition enligt tabell 4.11) kostnad utgör en liten del av byggnadens totala kostnad. År 1970 utgjorde kostnader för styr- och övervakningsanläggningar c:a 2% av den totala byggnadskostnaden och den del av elinstallationen som betjänar VVS-anläggningar c:a 3,5 % av byggnadskostnaden (se fig. 4.24). Det är dock helt klart att styr- och övervakningssystem har en mycket viktig uppgift att fylla när det gäller byggnadens funktion och driftekonomi.

TAB. 4.11 Definition av styrning och övervakning enligt SEN 01 03 01

Benämning	Definition
STYRNING	Påverkan av ett objekt genom yttre åtgärder och förhållanden.
MANÖVRERING	Manuell styrning av ett konkret objekt.
AUTOMATISK STYRNING	Styrning utan mänskligt ingripande genom i förväg för viss funktion inställt styrdon.
REGLERING	Automatisk styrning där på grundval av mätning av en styrd storhet och jämförelse av dess värde med ett referensvärde, den styrda storheten bringas till överenskommelse med referensvärdet.
ÖVERVAKNING	Observation utsträckt över längre tid, av anläggning eller anläggningsdel ev. med hjälp av indikering eller mätning.
MÄTNING	Bestämning utförd med särskilda don, mätton, av en storhets värde (uttryckt i mätetal och måttenhet).
INDIKERING	Utpekande, åstadskomet med särskilda don, av läge eller riktning, eller ett eller flera av ett begränsat antal alternativ.

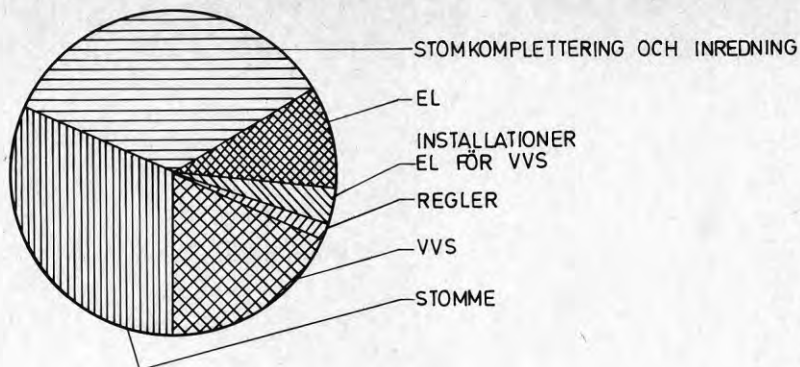


FIG. 4.24 Fördelning av totala byggkostnaden år 1970 för kontors-, affärs- och skolbyggnader (Hedberg 1971)

För att erhålla en god energiekonomi och ett gott reglerresultat erfordras att de olika delarna i ett regler-system är rätt dimensionerade och rätt konstruerade. En schematisk bild av olika delar i en reglerutrustning framgår av fig. 4.25.

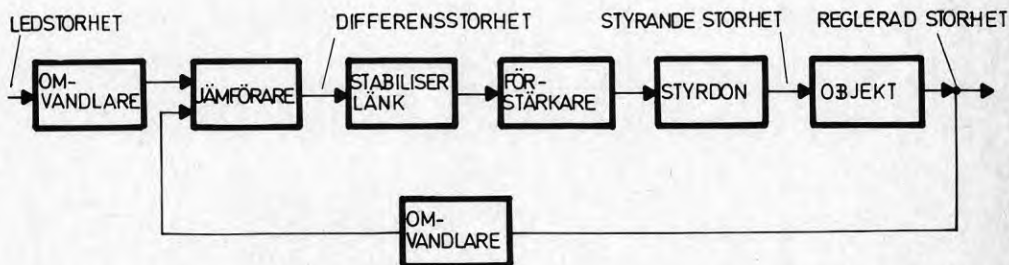


FIG. 4.25 Reglerutrustningens delar (Enfors, 1964)

Ett komplett regler-system består av en eller flera givare (eller omvandlare), en jämförare, förstärkare (för att avpassa tillförseln av hjälpenergi), ett styrdon och ett reglerobjekt. För att uppnå optimal drift är det nödvändigt att integrera den valda reglerutrustningen med reglerobjektet på ett sådant sätt att uppställda funktionskrav uppfylls samtidigt som en över- eller underdimensionering av reglerobjektet undviks.

Gemensamma styrsystem i större byggnader utförs i första hand för anläggningar för belysning, rumsuppvärmning, tappvarmvattenberedning och ventilation. Hiss- och transportanläggningar resp. kraftförsörjningsanläggningar utförs med separata styr- och övervakningssystem. Med hänsyn till de krav som ställs på energisnål drift av olika elenergianläggningar i en byggnad är det viktigt att totaloptimera funktioner av samtliga dessa anläggningar. Gemensamma styrsystem för olika energianläggningar och andra anläggningstyper såsom tele-tekniska anläggningar är en viktig del av denna optimering.

Anläggningar för kraftförsörjning

Olika energibesparingsåtgärder i anläggningar för kraftförsörjning har behandlats tidigare. De åtgärder som påverkar dimensionering och utformning av styr- och reglersystem omfattar tillvaratagande och begränsning av förlustvärme från transformatorer och ställverk, styrning av maximalt uttagen effekt genom rundstyrningsutrustning och/eller spetsvakt respektive ekonomisk drift av parallella transformatorer.

Förlustvärmen från transformator- och ställverksrummen kan tillvaratagas genom en god värmereglering som känner den varierande tillskottsenergin och reglerar det egentliga uppvärmningssystemet på ett sådant sätt att temperautren hålls konstant. Termostatreglerad uppvärmning med snabba radiatortermostater erbjuder stora möjligheter att ta tillvara tillskottsvärmen. I fig. 4.26 visas principen för god värmereglering i ett bostadshus där tillskottsvärmen utgörs av värmen från solinstrålning, tillslagen TV-apparat, personer i rörelse, matlagning o.s.v. Det framgår av figuren att den totala tillskottseffekten P_m varierar kraftigt under dygnet. P_R är den effekt som fordras för att hålla en konstant inomhustemperatur av 21°C enligt idealkurvan A som ernås med känsliga och snabba termostater i ett system med liten värmetröghet. Kurvan B avser temperaturvariationer i rummet om radiatorer saknar termostater eller termostater har stor värmetröghet.

I byggnader där kraftförsörjning sker vid högspänningsabonnemang och med egna parallella transformatorer kan vissa energibesparingar erhållas genom att anpassa inkopplingen av varje transformator efter belastningsvariationerna. I affärs- och kontorsbyggnader är el-effektuttaget avsevärt lägre efter arbetstid, veckoslut, semesterperioder och övriga tider då ingen arbetsaktivitet förekommer i byggnaden. Parallelldrift av transformatorer under dessa perioder, bidrar till högre energiförbrukning genom tomgångsförluster i båda transformatorerna. Genom analys av belastningens dygnsvariation under olika perioder kan lämpliga planer för parallelldrift av transformatorer utarbetas. Styrnings-

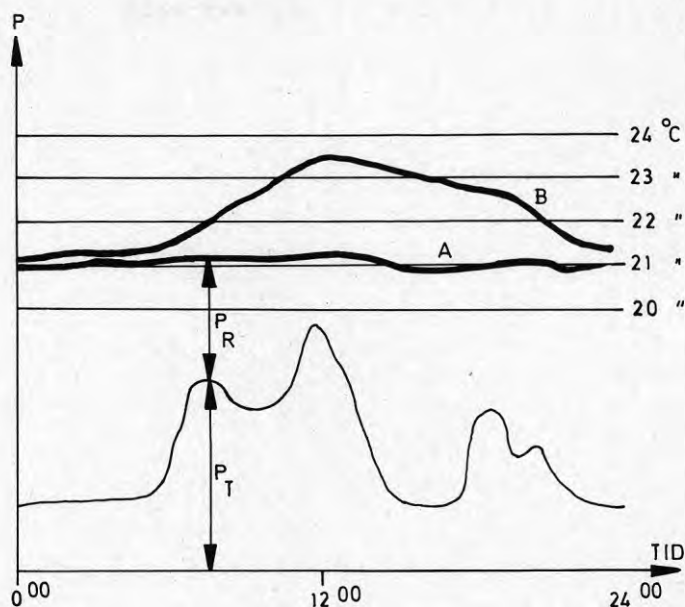


FIG. 4.26 Rummets effektbehov P med dygnsvariationer. P_T = tillskottsvärme, P_R = radiatorvärme. Kurva A = idealkurva för regleringsutrustning som utnyttjar all tillskottseffekt för att minska radiatoreffekten. Kurva B = trög regleringsutrustning (Lindholm, 1975).

och övervakningssystem för transformatoranläggningen kan utformas så att under perioder då belastningen kan täckas med hjälp av en transformator (med hänsyn tagen till tillåten belastning) urkopplas en av transformatorerna.

Effektavgifter kan i vissa fall utgöra en betydande del av totala elkraftkostnader i större (speciellt eluppvärmda) byggnader.

Genom periodisk fränkoppling av vissa belastningar såsom elektrisk rumsuppvärmning och varmvattenberedning kan en minskning i byggnadens debiteringsgrundande eleffektuttag uppnås. Därigenom kan även elkraftkostnaderna bli lägre. Energibesparingar genom periodvis fränkoppling av värmebelastningar och sänkning av temperaturen behandlas ytterligare i avsnitt 4.9.

Belysningsanläggning

Energibesparande belysningsmanövrering har redan behandlats i kapitel 4.4. Åtgärder i styr- och regler-system för energibesparing i belysningsanläggning har sammanställts i bilaga 4 tabell B4.7.

Uppvärmningssystem

De mest förekommande uppvärmningssystemen i Sverige omfattar radiatorer under fönster matade med vatten för ett- eller tvårörssystem, elvärmeradiatorer, varma slingor i golv (värmemedium: varmvatten), takvärme (värmemedium: varmvatten resp. elvärmekabel-värmefolie) och varmluftuppvärmning. För varje uppvärmningssystem erfordras särskilt anpassad reglerutrustning. För att erhålla en god värmeekonomi och ett gott reglerresultat erfordras att både reglerutrustning och värmesystem är riktigt dimensionerade och konstruerade.

De krav som ställs på värmesystemet omfattar bl.a. följande:

- Riktig dimensionering med hänsyn till maximalbelastning.
- Karakteristiken för avgiven värme vid varierande belastning skall vara anpassad till reglerutrustningen.
- Systemet skall utformas så att jämn värmefördelning mellan olika utrymmen erhålls.
- Riktig temperaturfördelning skall erhållas i varje rum.

För reglerutrustningen gäller bl.a. följande:

- Reglerutrustningen skall styra efter ett förutbestämt program eller temperatur, där de tillåtna avvikelserna läggs på en lämplig nivå.
- Att anläggningar regleras efter rätt reglerkurva.
- Att placering av utegivare utförs med hänsyn till solstrålning och vind.

Om för liten temperaturavvikelse (mindre än c:a $\pm 1^{\circ}\text{C}$) tillåts innebär detta att regler-systemet måste ha hög känslighet vilket är olämpligt ur slitagesynpunkt. Större avvikelser ($\pm 1,5 - 2^{\circ}\text{C}$) bör inte heller tillåtas beroende på att då erhålls en för hög temperatur och därmed högre energiförbrukning. Detta innebär att det ställs mycket stora krav såväl på reglerutrustningen som på val av regler-system.

Förekommande typer av reglerutrustningar och deras utförande har sammanställts i tabell 4.12. Överförings-egenskaper hos ideala reglerutrustningar redovisas i fig. 4.27

TAB. 4.12. Olika typer av reglerutrustningar (Hedberg 1971)

Utrustning	Utförande
Självverkande	Proportionalverkan. Begränsad inställning av P-område bestäms normalt av anläggningen. Temperaturinställning sker oftast vid ventil. Begränsat avstånd givare-ventil. Automatisk tvångsstyrning ej möjlig Oftast stor tidkonstant.
Elektromekanisk	Proportional- alt. flytande verkan P-område inställbart. Begränsad känslighet Temperaturinställning endast vid givare.
Elektronisk	P- och I-verkan inställbara. Temperaturinställning från valfri plats. Givare med liten tidskonstant. Ställdonet stannar normalt i sitt läge vid spänningsbortfall Enkelt att förse ställdon-ventil med handmanöverdon.
Pneumatisk	P- och i vissa fall I-verkan inställbara. Temperaturinställning vid givare, alt. valfri plats. Temperaturindikering möjlig Ställdonet går normalt till ett ändläge vid tryckbortfall

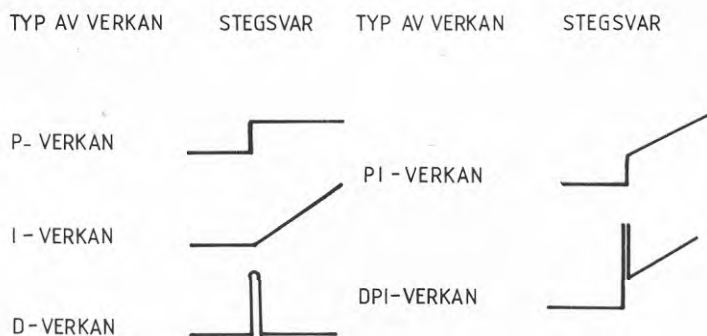


FIG. 4.27. Överföringsegenskaper hos ideala reglerutrustningar (Enfors, 1964)

Genom att välja ett olämpligt system kan en under- eller övertemperatur erhållas vid olika belastningsfall. I tabell 4.13 redovisas en grov uppskattning av den stationära avvikelsen som erhålls vid användning av olika regulatorformer för några typiska system

TAB. 4.13 Olika reglersystems temperaturavdrifter (Ribbefjord, 1975)

Konstruktivt utförande	Verkningssätt				Uppskattad min. °C-avvikelse vid reglering av:		
	2- eller fler läges	Flytande	Proportional P	Proportional Integral	Radiorer Rum	Ventilation Tilluft	Ventilation Rum
Elektromekaniska	X				5		5
"		X			2	10	4
"			X		2	10	4
Elektroniska			X		2	10	4
"				X	1	1	1
Pneumatiska			X		2	10	4
"				X	1	1	1
Självverkande			X		2	10	4

Reglerkurva

De flesta vattenburna värmesystem i Sverige regleras i huvudsak med elektroniska regulatorer. Värmereglering sker genom mätning av såväl utetemperaturen som framledningstemperaturen (till radiatorerna) som styrs efter en förutbestämd reglerkurva (fig. 4.28)

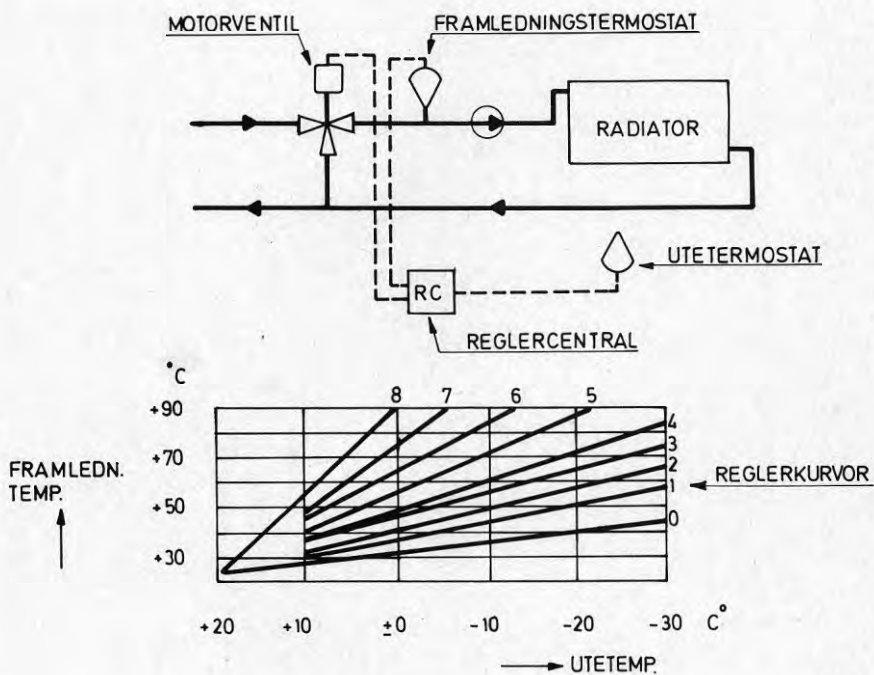


FIG. 4.28. Reglerkurva för en radiatorkrets

I ett flertal fastigheter körs värmeanläggningen med en felaktig reglerkurva vilket innebär att vid låga utetemperaturer är värmen tillfredställande men vid högre utetemperaturer (kring $+5^{\circ}\text{C}$) är inomhustemperaturen för hög. Oftast är det frågan om fel lutning och läge på reglerkurvan. Från energibesparingssynpunkt är det viktigt att välja rätt reglerkurva.

Konstanthållning av temperatur

Konstanthållning av inomhustemperatur inom olika delar av en byggnad resulterar också i vissa energibesparingar. I centralvärmeanläggningar med vatten som värmemedium kan temperaturen hållas konstant antingen genom att instrypa rörsystemet på rätt sätt och/eller sätta in termostatventiler. I elvärmeanläggningar med direktverkande radiatorer är det nästan standard numera att ha inbyggda termos-tater i radiatorer för värmereglering. Under åren 1964-67 användes i huvudsak bimetalltermostater i kombination med effektstegväljare och så kallad grundvärme som var kontinuerligt inkopplad medan den resterande effekten styrdes av termostaten. Produktutveckling av olika termostater ledde dock till känsligare termostater med kopplingscykler på 5-10 minuter. Vid så snabba termostater har grundvärmen blivit överflödig

Periodiska temperatursänkningar

Rumstemperaturnivån har stor inverkan på värmeförbrukningen i en byggnad. Genom periodiska temperatursänkningar kan i flera fall betydande energibesparingar göras utan att inomhuskomforten försämras. Temperatursänkning är av speciell betydelse under perioder då ingen vistas i lokalerna. Under sådana perioder kan en betydligt lägre temperatur väljas. Den inkopplas automatiskt av styrsystemet.

I fig. 4.29 visas samband mellan procentuell minskning av värmebehovet vid en grads sänkning av rumstemperaturen. Exempelvis medför en sänkning av rumstemperatur från 21°C till 20°C (se streckade linjer i fig. 4.29) en minskning av värmebehovet med 5,8%. I fig. 4.30 redovisas motsvarande resultat vid 1, 2 resp. 3°C temperatursänkning. Det framgår att exempelvis vid en sänkning av rumstemperaturen från 23°C till 20°C (se streckade linjer i fig. 4.30) erhålls en värmebesparing med 15,7% (Lövgren, 1975)

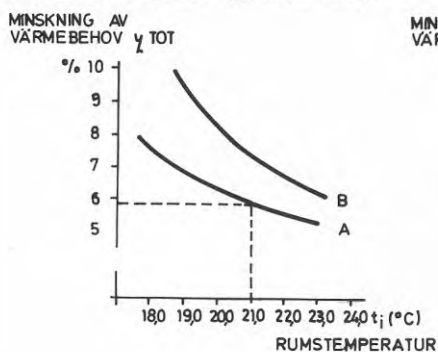


FIG. 4.29 . Minskningen av värmebehovet under eldnings-säsongen vid en grads sänkning av rumstemperaturen (t_i) under hela säsongen. Kurva A gäller när gränsen för eldningsperioden slutar vid en dygnsmedeltemperatur av 12°C i Stockholm. Kurva B dito men vid 17°C dygnsmedeltemperatur.

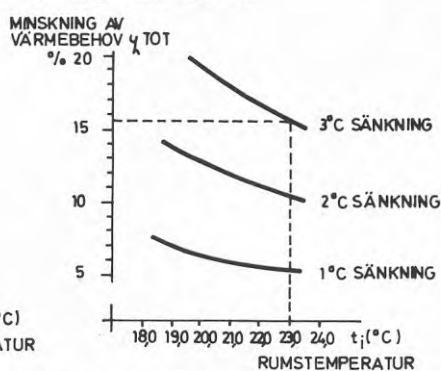


FIG. 4.30 . Minskningen av värmebehovet under eldnings-säsongen vid en sänkning av rumstemperaturen med 1, 2 resp. 3°C under hela säsongen. Diagrammet gäller när gränsen för eldningsperioden börjar resp. slutar vid en dygnsmedeltemperatur av 12°C i Stockholm

Tabell 4.14 redovisar resultatet av en amerikansk undersökning vilken baserades på datorsimulering av 8 timmars sänkning av nattemperaturen (från kl. 22 till kl. 6) under hela eldningsssäsongen i åtta olika orter i USA.

TAB 4.14 Procentuella besparingar genom nattnedläggning av temperaturen enligt en studie i USA

ORT	DIMENSIONERANDE UTETEMPERATUR °C	BESPARING VID SÄNKNING	
		2,8°C	5,6°C %
CHICAGO	-23	7	11
ST LOUIS	-20	8	12
PITTSBURG	-19	7	11
DALLAS	-10	11	15
ATLANTA	-10	11	15
LOS ANGELES	2	12	16
SEATTLE	-10	8	12
MINNEAPOLIS	-26	5	9

Beräkningarna utfördes en gång med nattnedläggning på 2,8°C och en gång med 5,6°C. Följande slutsatser kunde dragas från beräkningsresultaten:

- Ju större temperatursänkning desto större besparing.
- Den relativa besparingen blir mindre när värmebehovet ökar.
- Vid temperaturer nära den dimensionerade utetemperaturen kan det vara önskvärt att reducera temperatursänkningen.

Periodisk fränkoppling av elvärmebelastningar

Undersökningar med periodisk fränkoppling av elvärmebelastningar i bostadshus har utförts i Sverige och Finland.

De svenska undersökningarna visade att vid en utomhus-temperatur av -7°C ledde 2 resp. 4 timmars fränkoppling av 50% av den totala värmeeffekten till en inomhus-temperatursänkning av 0,5°C resp. 0,6°C. De finska undersökningarna gav liknande resultat.

En viktig aspekt vid frånkoppling av värmeeffekten är den efter inkopplingen återvändande effekten. Storlek av den återvändande effekttoppen är beroende av typ av frånkoppling enligt följande:

Frånkoppling och inkoppling av hela värmeeffekten.

Storlek av den resulterande toppen blir större än den normalt förekommande maximeffekten. En tvåtimmars frånkoppling kan resultera i 25-35% högre maximeffekt, medan en åtta timmars frånkoppling ger nästan 60% högre effekt.

Frånkoppling och inkoppling i flera steg

Om värmeeffekten uppdelas i ett antal steg och frånkoppling resp. inkoppling sker gradvis reduceras den efter inkopplingen återvändande maximeffekten kraftigt.

Periodisk frånkoppling och inkoppling av belastning

Enligt denna metod är storleken av den resulterande maximeffekten nästan jämförbar med den återvändande effekten vid frånkoppling och inkoppling av hela värmeeffekten. Efter ett antal cykler (pulser) ernås emellertid ett jämviktstillstånd och storleken av den resulterande maximeffekten förblir oförändrad.

Genom periodisk frånkoppling av olika belastningar i en byggnad (speciellt elektrisk rumsuppvärmning och varmvattenberedning) är det möjligt att dels eliminera icke önskvärda effekttoppar dels öka anläggningarnas utnyttjningstider.

Tidsprogrammerad temperaturreglering

Nattsänkning eller periodisk nedsättning av temperatur i centralvärmeanläggningen med vatten som värmemedium kan utföras med hjälp av en timer i kombination med en masterventil för varje radiatorgrupp. I elvärmeanläggningar kan samma resultat uppnås genom frånkoppling av hela eller vissa delar av värmeeffekten.

Typ av termostater och reglersystem

För närvarande förekommer tre typer av termostater i marknaden, nämligen bimetalltermostater, kapillärrörstermostater resp. elektroniska termostater. Bimetalltermostater är de mest förekommande. Elektroniska termostater är mycket känsliga för temperaturvariationer men är relativt dyrbara jämfört med övriga typer. Av förekommande typer av reglerutrustningar ger elektroniska system (bestående av elektroniska centraler och termistorer) den största reglernoggrannheten. I dessa system förvandlas temperaturobservationer till proportionellt varierande spänningsimpulser vilka jämförs med i förväg inställda börvärden för styrning av systemet. Genom att det elektroniska reglersystemet arbetar med ett snabbare svar för temperaturvariationer erhålls en snålare reglering och energibesparing.

Luftbehandlingsystem

Alla energibesparande åtgärder för luftbehandlingen påverkar styrsystemet på något sätt. Speciellt bör man tänka på placeringen temperatur- och tryckkännande givare.

Styrning av drifttider

Installation av utrustningar för styrning av drifttider innebär att ventilationsanläggningen kan avstängas helt efter arbetstid speciellt under veckoslut, helgdagar och semesterperioder. Denna typ av styrning sker med hjälp av kopplingsur och är vanlig i större byggnader. I vissa andra typer av utrymmen såsom konferensrum, arkiv m.m. som används sparsamt kan ventilationen avstängas under en stor del av kontorstiden.

Behovsanpassad zonindelning

I ett flertal större byggnader förekommer behov av värme i en del lokaler och kyla i andra. Vidare kan det aktuella behovet variera med tiden och omständigheterna. För optimal energiekonomi i sådana byggnader är det väsentligt att dels åstadkomma lämplig zonindelning med hänsyn till värme- och kylbehov dels utforma styr- och reglersystemet på ett sådant sätt att värmeöverskottet i vissa lokaler kan användas för uppvärmning i andra.

Typ av värmeåtervinning

Utformning av styr- och reglersystem påverkas också av typ av värmeåtervinningsutrustning. Tre typer av huvudsystem för att tillvarata värmeenergi ur frånluften förekommer, nämligen regenerativ och rekuperativ värmeåtervinning samt återluftförling. I fig. 4.31 visas ett exempel på ett sekvensreglerat luftbehandlingsystem med rekuperativ värmeåtervinning och återluftförling.

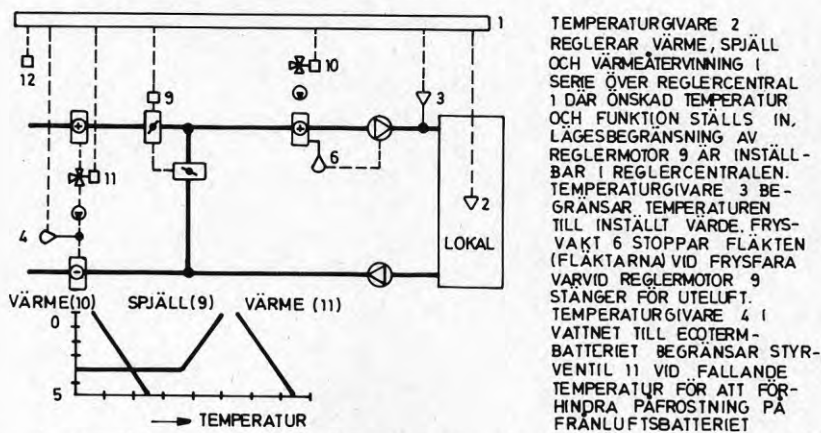


FIG. 4.31. Flödesschema över sekvensreglerat luftbehandlingsaggregat med återvinningsdel samt funktionsdiagram. (Friblad, 1975)

I fig. 4.32 visas flödesschema för ett system med återluftföring.

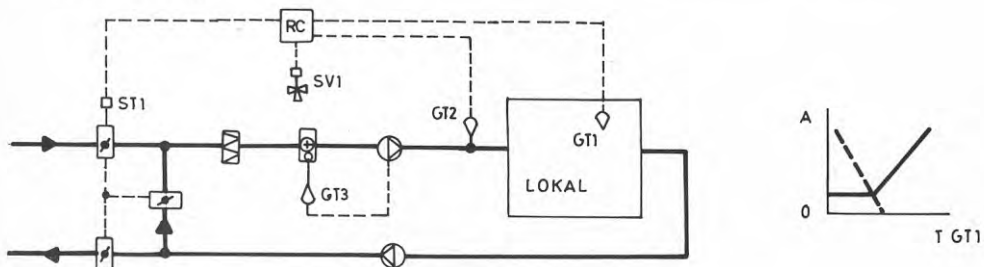


FIG. 4.32. Flödesschema för ett luftbehandlingssystem med återluftföring.

Styrkurvor för sommar- resp. vinterkompensering

För luftburna värmesystem går utvecklingen mot en standardisering av reglerutrustningarna till enkla bassystem. De proportionella regulatorerna (P-regulatorer) ersätts med PI-regulatorer. Även P + PI-regulatorer förekommer i olika tillämpningar. Dessa regulatorsystem kan förse med olika typer av sommar-/vinterkompensering (fig. 4.33) för att uppnå ännu mer ekonomisk värme-/kylreglering.

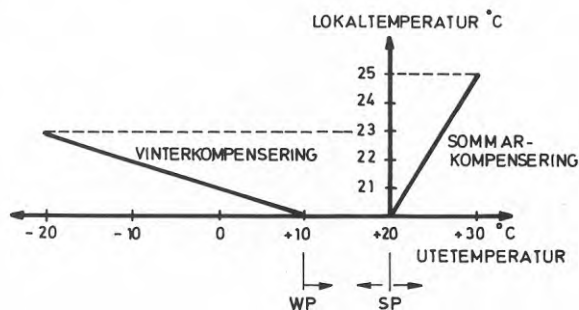


FIG. 4.33. Styrkurvor för sommar- resp. vinterkompensering vid luftkonditioneringsanläggningar (Ribbefjord, 1975)

System med optimal tidsprogrammering

I byggnader som endast används under dagtid kan betydande energibesparingar göras genom att sänka temperaturen under natten. Regleringen sker medelst ett kopplingsur som stänger av värmeanläggningen på kvällen och startar upp den på morgonen. Startpunkten är beräknad så att kortast möjliga uppvärmningstid krävs för att uppnå önskad rumstemperatur vid den lägsta dimensionerande temperaturen.

Genom att tidigarelägga startpunkten vid låg utetemperatur och senarelägga den vid högre utetemperaturer kan betydande energibesparingar göras i förhållande till konventionell tidurstyrning. Detta åstadkommes genom ett system för optimal tidsprogrammering med två tidskanaler varav den ena styrs av ett konventionellt kopplingsur med dygns- och veckoprogram för att starta och avstänga anläggningen efter arbetstidens slut och den andra styrs av en enhet som beräknar den vid varje tillfälle senast möjliga tidpunkten för start. Med optimal tidsprogrammering kan enligt uppgift uppnås en bränslebesparing på c:a 15% jämfört med ett konventionellt system (Lövgren, 1975). I fig. 4.34 visas flödesschema för ett luftbehandlings-system med optimal tidsprogrammering.

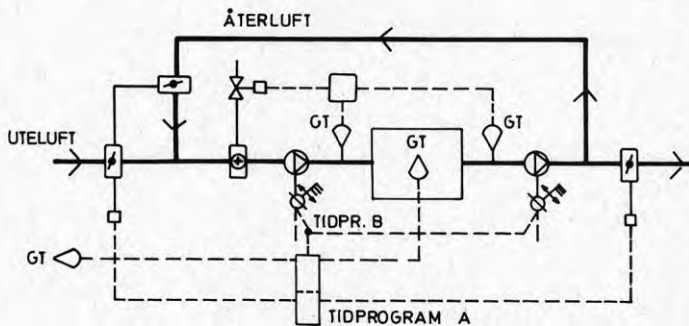


FIG. 4.34. Optimeringssystem för periodvis varierad rumstemperatur, med två tidkanaler i programmeringsenheten. -Tidprogram A ställer om spjällen till 100% återluft vid nattdrift. Tidprogram B stoppar fläktarna vid början av nattdriften och startar fläktarna vid en optimal tidpunkt så att kortast möjliga uppvärmningsperiod alltid erhålls. Uppvärmningsperiodens längd anpassas automatiskt av en elektronikenhet till vilken en rums- och en utomhustemperaturgivare är kopplade. Med ledning av signalerna från givarna beräknas min erforderlig uppvärmningsperiod och optimal driftsekonomi erhålls. (Lövgren, 1975).

I fig. 4.35 visas principen för optimering av startpunkten för uppvärmning efter det att anläggningen har varit avstängd.

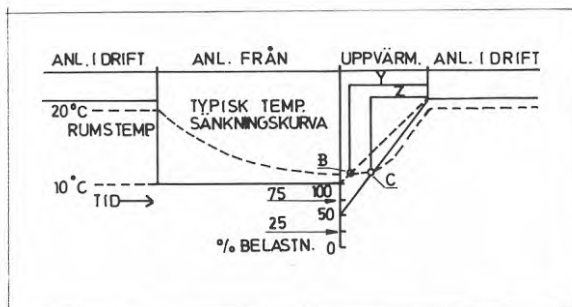


FIG. 4.35 Den optimerade startpunkten vid varierande belastning (Friblad, 1975)

Flödesreglering av ventilationsluft

En betydande del av energiförbrukningen i en byggnad sker i luftbehandlingsanläggningen. Åtskilliga anläggningar körs året runt med dimensionerande luftflödet fastän detta krävs endast under sommarmånader och några dagar under mars, april, september och oktober. Genom att antingen använda en hög och en låg flödesnivå eller anpassa luftmängden till belastningsvariationer kan stora energibesparingar göras.

De konventionella sätten att kompensera belastningsförändringar i en lokal är (1) att förändra den tillförda luftens temperatur antingen med hjälp av blandning av luft med olika temperaturer eller att värma eller kyla luften med vatten eller el samtidigt som det tillförda luftflödet är konstant och (2) att låta såväl den tillförda luftens temperatur som flöde vara konstant men påverka rumstemperaturen på annat sätt, t.ex. med radiatorer eller strålningsstak. Ett nyare sätt är de så kallade VAV-systemen ("variable air volume"-systemen) där den tillförda luften tillåts ha en konstant temperatur men luftflödet varieras i förhållande till belastningsvariationer i lokalen. I lokaler med värmeöverskott tillförs kall luft. Minskar värmeöverskottet minskas det tillförda luftflödet. Där värmebehov föreligger tillförs varm luft och regleringen sker analogt.

Fläktarnas totalluftflöde kan påverkas på olika sätt enligt följande:

- Varvtalsomkoppling. Vanligaste sättet för att ändra luftflödet är att utnyttja tvåhastighetsmotorer men det förekommer även fläktar med en motor för varje hastighet.

- Varvtalsreglering. Tänkbara metoder för varvtalsreglering omfattar tyristorreglering, användning av mekaniska remvariatorer, Leonordaggregat i kombination med likströmsmotor m.m.
- Axialfläkt med under drift omställbara skovlar. Standardfläktar av denna typ förekommer i marknaden och kräver små effekter vid dellaster.
- Ledskenereglering. En ledskenekrans i inloppet på enkelsugande radialfläktar ger ett acceptabelt effektbehov som varierar nästan proportionellt mot luftflödet.
- Strypreglning. Omfattar installation av ett strypspjäll på fläktens trycksida och stryper ned luftflödet till rätta värden men har relativt högt effektbehov vid dellast samt kan förorsaka ljudproblem och tryckpulsationer.
- By-pass-reglering innebär att luftöverskottet överförs direkt från fläktens trycksida till dess sug sida. Denna reglering har nackdelen att den kräver i stort sett samma effekt vid dellast som vid fullast.

Ur driftkostnadssynpunkt är varvtalsregleringen mest fördelaktig eftersom denna typ av reglering kräver lägsta effektuttag vid dellaster (fig. 4.36).

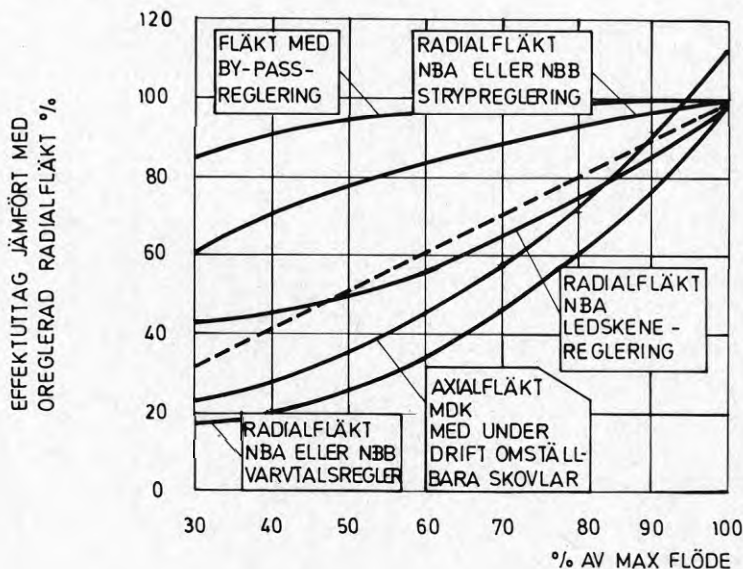


FIG. 4.36. Effektbehov vid olika arrangemang för variation av luftflöde (Lilja, 1974).

Relativa installationskostnader för 1974-års nivå för olika typer av reglering i förhållande till oreglerad radialfläkt anges i tabell 4.15. Det framgår klart att oberoende av anläggningens storlek ge bypass och strypreglering de lägsta installationskostnaderna, men de har höga driftkostnader och andra olägenheter vid drift. Varvtalsreglering med hjälp av remvariator och tyristorreglering är de andra ekonomiskt optimala alternativen. Val av en viss typ av reglering är beroende av motorstorleken.

TAB. 4.15 Relativ installationskostnad vid arrangemang för variation av luftflöde (Lilja, 1974)

Typ av reglering	Installationskostnad i förhållande till oreglerad radialfläkt		
	Anläggningsstorlek, m ³ /h		
	20 000	40 000	80 000
Varvtalsreglerad radialfläkt (remvariator)	2,0	1,5	-
Varvtalsreglerad radialfläkt (likströmsmotor)	7,3	4,6	2,4
Axialfläkt med under drift omställbara skovlar	4,0	2,3	1,3
Radialfläkt med ledskenereglering	2,3	1,8	1,3
Radialfläkt med by-pass-reglering	1,7	1,5	1,3
Radialfläkt med stryp-reglering	1,7	1,3	1,1
Oreglerad radialfläkt	1,0	1,0	1,0

Enligt uppgift (Lilja, 1974) är tyristorreglering att föredraga för motoreffekter under 5 kW. Varvtalsreglering med remvariator är ekonomisk upptill 30-40 kW motoreffekter. Tyristorstyrda magnetkopplingar resp. hydraulkopplingar väljs dock numera ganska ofta. För större motoreffekter är en axialfläkt med under drift omställbara skovlar den mest attraktiva varianten.

Flödesreglering genom varvtalsstyrning av pumpar

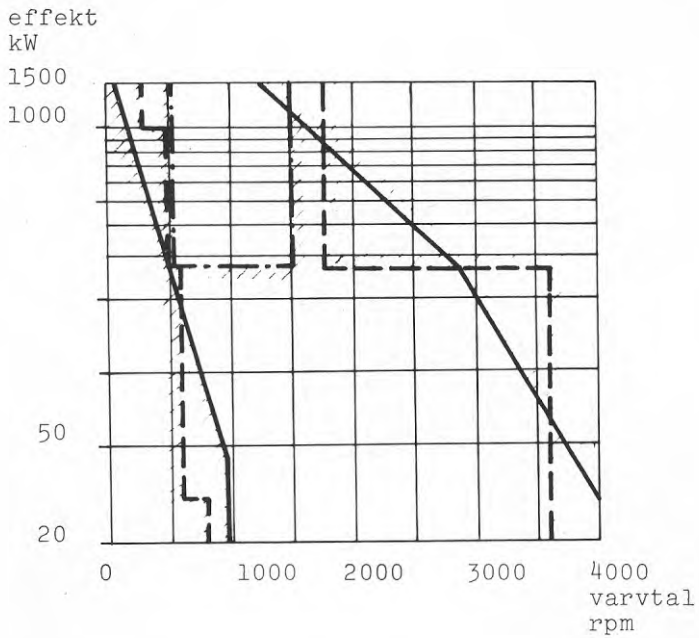
Styrning av ett flöde med hjälp av strypventiler kräver mycket effekt och energi, men anläggningen är enkel att trimma och har en relativt liten anskaffningskostnad. Ett energisnåla sätt att reglera flöden är genom att styra pumphotorernas varvtal. Anskaffningskostnaden är högre, men den täcks av de minskade energiförlusterna. Likströmsmotor drift med strömriktare är oftast det mest ekonomiska alternativet. Drivutrustningen omfattar strömriktare med inbyggd kontrollutrustning samt likströmsmotor. Motorernas varvtal ändras genom att dess spänning varieras. Om noggrann varvtalsreglering önskas, förses motorn med takometergenerator.

I speciellt hård och aggressiv miljö, där förhöjd säkerhet behövs eller där lågt motorunderhåll krävs, kan frekvensstyrning av kortsluten motor vara den bästa lösningen. Drivutrustningen omfattar kortsluten asynkronmotor och frekvensomriktare. Denna består av likriktare, glättningsinduktor och växelriktare. Frekvensomriktaren förser motorn med en spänning som är proportionell mot frekvensen. Varvtalet bestäms alltså av omriktarens frekvens. Om noggrann varvtalsreglering önskas, förses systemet med takometergenerator. Asynkronmotor drift med frekvensomriktare är lämplig för pumpar i utsatt miljö. Underhåll och service begränsar sig till smörjning.

Ett tredje alternativ är att använda en släpringad motor och strömriktarkaskad. Drivutrustningen omfattar släpringad asynkronmotor, startmotstånd, strömriktarkaskad samt nätanslutning till högspänning eller lågspänning. Omriktaren består av likriktare, glättningsinduktor, växelriktare samt styr- och kontrollutrustning.

Motorn startas med hjälp av startmotstånd. Vid ett inställt varvtal inkopplas omriktaren och motorerna efter släpning justeras genom kontroll av rotorströmmen. Efter släpningseffekten likriktas och återmatas till nätet via växelriktaren.

Kaskadmotordriften användes lämpligen för pumpeffekter från ca 300 kW upp till flera MW. Varvtalets reglerområde är avgörande för den installerade omriktareffekten och därmed för systemets anskaffningskostnad.



- Likströmsmotor med strömriktare
 - - Asynkronmotor med frekvensomvandlare
 -.- Asynkronmotor med strömriktarkaskad

FIG. 4.37 Effekt- och varvtalsvärden för de olika drifterna

Behovsuppvärmning av luft genom rumstermostater och eftervärmare

Energiförbrukning i luftbehandlingsanläggningar i större byggnader såsom kontor kan minskas genom behovsuppvärmning av luft i individuella lokaler med eftervärmningsbatterier i lufttrummor och rumstermostater. Även belysningen i lokalen kan samköras med ventilationsanläggningen (exv. avkopplas eftervärmaren vid tänd belysning och vice versa).

Elektrisk varmvattenberedning

De åtgärder som påverkar utformning av styr- och regler-system för elektrisk varmvattenberedning omfattar sänkning av vattentemperatur under perioder då igen arbetsaktivitet pågår i byggnaden, fråkoppling av varmvattenberedaren under dagtid i syftet att eliminera icke önskvärda effekttoppar, inkoppling av olika effektsteg med hänsyn till den totala maximala effekten, sänkning av börvärde dagtid samt värmeackumulering nattetid och under veckoslut.

Hiss- och transportanläggningar

Manöver-, styrnings- och övervakningssystem för hiss- och transportanläggningar utförs normalt så att vissa hissar kan avstängas under lågtrafikperioder. Emellertid ger sådana åtgärder inga större energibesparingar samtidigt som servicen försämras i stor utsträckning (för närmare beskrivning se avsnitt 4.7)

Övriga installationer

Systemuppläggning av styr- och regler-system för anläggningar för kraftförsörjning, belysning, uppvärmning och motordrift bör i förekommande fall samordnas med styrning av bl.a. teletekniska anläggningar. Oftast utförs en gemensam styrnings- och övervakningscentral och ett gemensamt signal- och manöverkabelnät. Central styrning och övervakning med hjälp av en dator förekommer också i större byggnader och byggnadsområden.

Klimatreglering med dator

I större klimatanläggningar med enheter spridda i skilda byggnadsdelar krävs centraliserad styrning och övervakning för att felen skall lokaliseras och avhjälpas snabbt. System för reglering och övervakning baserade på minidatorer är ett alternativ till konventionella styr- och reglersystem i större eller/och kvalificerade klimatanläggningar (fig. 4.38)

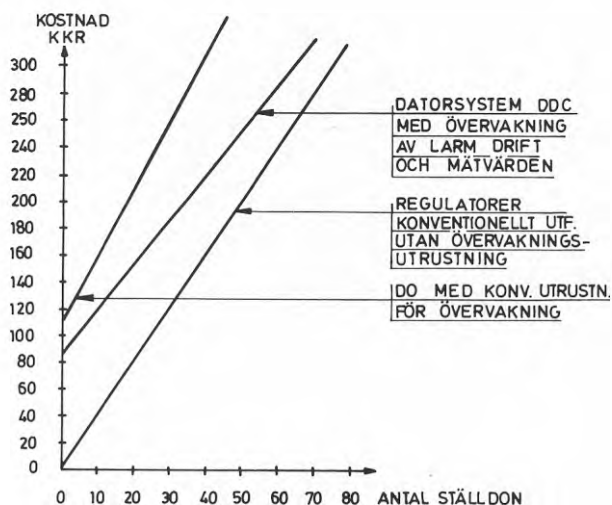


FIG. 4.38 Entreprenadkostnad som funktion av antal ställdon (Ekström, 1975)

Datorsystem för klimatreglering kallas DDC-system (Direct Digital Control Systems) och ersätter de vanliga regulatorerna. Med hjälp av en DDC-dator ernås större noggrannhet i klimatreglering. Samma dator kan användas även för styrning och övervakning av byggnadens övriga mekaniska och elektriska installationer såsom belysning, hissar, anläggningar för kraftförsörjning m.m. Exempel på några av de vanligaste förekommande utrustningar och variabler som kan övervakas med hjälp av en DDC-dator visas i tabell 4.16.

TAB. 4.16. Exempel på förekommande utrustningar och variabler som övervakas med en DDC-dator (Wendeln, 1975)

Utrustningar	Variabler
Kompressorer	Temperatur
Ventilationsaggregat	Relativ fuktighet
Generatorer	Flöde
Värmeväxlare	Tryck
Hissar	Ventillägen
Belysning	Vätskenivå
Transformatorer	Spänningsvariationer
Vätsketankar	Spänningsbortfall
Gastankar	Nätfrekvens
	Effektförbrukning
	Bränsletillgång
	Giftiga gaser
	Gasolymer
	Spetsvakt (el-energi)
	Start/stopp operationer

Systemuppbyggnad

Ett styr- och reglersystem med DDC-minidator består av en central enhet, minne, bildskärm, skrivmaskin, en "bus" för signalöverföring, omvandlare för mätcentraer resp. styrsignaler och en vakt (fig. 4.39).

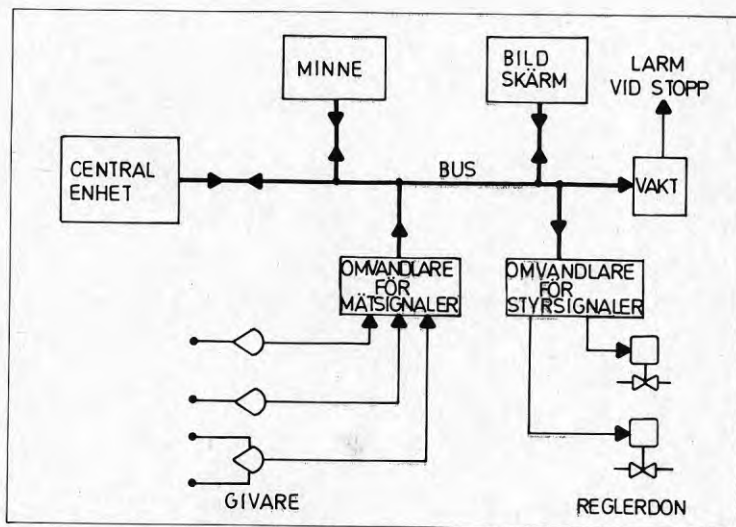


FIG. 4.39. Flödesschema för DDC-minidator (Ekström, 1975)

Datorprogram för styrning och reglering

De flesta minidatorer programmeras fortfarande för att utföra beräkningar som motsvarar de vanliga reglercentralernas P- och I-verkan. Reglernoggrannheten med datorer är dock långt större än med konventionella system (se tab. 4.17)

TAB. 4.17. Toleransavvikelser för lufttemperatur vid givare (Ekström, 1975)

Fall	Avvikelser vid fortfarighet
Enligt VVS AMA 72	$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$
Normala toleranskrav för vanliga reglercentraler	$\pm 1,0^{\circ}\text{C}$
Normala toleranskrav för VVS-DDC	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Praktiska erfarenhetsvärden för VVS-DDC	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$
Resultat vid experiment med alternativa former för datorreglering	$\pm 0,1^{\circ}\text{C}$

De flesta av minidatorsystemen är uppbyggda så att systemet kan växa i takt med byggnadens ökande komplexitet och användarens krav på vad systemet skall utföra. Olika tillverkare erbjuder både utrustningar och färdig programvara för styrning och övervakning av anläggningar.

Energibesparingar med hjälp av optimal tidsprogrammering

En elektronisk programcentral som använder samma metod som en minidator med optimalt tidsprogram används i ett stort antal anläggningar i Europa. Storleken på energibesparingen framgår av tabell 4.18.

4.10 Installation och skötsel

Efter det att anläggningarna har projekterats och installationsarbeten påbörjats återstår följande arbetsaktiviteter:

- Övervakning av samordnad installation och byggnation
- Anläggningarnas besiktning från funktionell och föreskriftssynpunkt
- Justering och intrimning för optimal drift
- Utvärdering av drifterfarenheter

TAB. 4.18. Storlek på energibesparingar vid optimal tidsprogrammering (Wendeln, 1975)

Anläggning	Energi- besparing
Landratsamt Fürstenfeldbruk, Tyskland	43%
300 st byggnader i Storbritannien (medeltal)	25%
Athénée Liège, Belgien	37%
St Georg court Carlewood House, Storbritannien	30-35%
Cellere Zürich, Schweiz	21%

- Eventuell översyn av lämplig tarriff
- Utarbetande av drift- och skötselinstruktioner

Produktionsskedet

En kontinuerlig kontakt under produktionsskedet mellan projektörsteamet å ena sidan och byggherre, kontrollanter och entreprenörer å andra sidan ger möjlighet att uppmärksamma avvikelser från bygghandlingens förutsättningar. Fel och misstag kan då rättas till i tid. Ett samarbete bör inledas med en ordentlig information och genomgång av bygghandlingar och förutsättningar för projektet. Det har visat sig att vetskapen om projektörernas förutsättningar och beställarens krav på olika funktioner givit kontrollanterna betydligt bättre grund för ställningstagande. Även entreprenörerna har efter en sådan information bättre kunnat planera sina arbeten.

Entreprenören skall leverera vissa namngivna handlingar för granskning. Det kan vara uppställningsritningar, uppbyggnadsritningar, scheman etc. Dessa handlingar skall vara kontrollanten tillhanda i god tid så att denne kan inhämta kompletterande upplysningar hos projektör och beställare.

Tillverkning får aldrig ske innan dessa handlingar godkänts. Det inträffar dock gång på gång att dessa handlingar föreligger för sent och tillverkning på-

går under granskningstiden, vilket många gånger gör att felaktigheter är svåra att rätta till. Dessa kan inverka menligt på bl.a. byggnadens driftekonomi.

Materialprov och funktionsprov skall vara inlagda i produktionstidplanen. Provmontage bör utföras om nya material används. Även montageföljden är många gånger lämplig att studera. Ett byggnadstekniskt optimalt utförande måste eftersträvas för att nå upp till ställda funktionskrav. Kontrollanten skall härvid "ligga före". Han skall med entreprenören gå igenom hur denna har tänkt sig utförandet av de skilda arbetsmomenten. Vid slutet av produktionsskedet skall en period av funktionsprov läggas in. I samråd med de olika entreprenörerna och kontrollanterna skall här varje driftfall kontrolleras och avprovats. Innan byggnaden i sin helhet är överlämnad och godkänd skall den tekniska dokumentationen vara tillgänglig oavsett om den utförs av projektörerna eller entreprenörerna. Godkännandet av en anläggning ligger hos besiktningsmannen. Denne skall endast behöva göra stickprov av funktionerna och besiktiga anläggningen i övrigt.

Vid utförandet bör tillsättas kontrollant som har att handlägga den tekniska kontrollen på arbetsplatsen, granska och följa upp projektörernas resp. entreprenörernas ritningar, scheman, m.m. Det kan även vara lämpligt att låta kontrollanten ha hand om den ekonomiska kontrollen.

- Förnyad kontakt med kraftleverantören om mätare och mätning, reläer för fjärrstyrning mm kan vara nödvändig. Bygghandlingen kan vara något år gammal och kraftleverantörens nät och taxebestämmelser kan ha ändrats.
- Inga ingrepp bör göras i anläggningen funktion utan att rådgöra med konstruktörerna.
- Innan besiktning sker är det önskvärt att kontrollanterna gemensamt anordnar ett funktionsprov varvid naturligtvis alla entreprenörer skall närvara.
- Besiktningen skall senare på motsvarande sätt vara samordnad och i princip endast utgöra en kontroll att vid funktionsprovet gjorda erinringar åtgärdats.

Förvaltningsskedet

En anläggnings driftsäkerhet, dess beständighet och säkerheten för personalen är i hög grad beroende av anläggningens skötsel och underhåll. Utan regelbunden skötsel löper anläggningen uppenbara risker för driftavbrott och dålig driftekonomi.

Skötsel bör framförallt innebära en förebyggande verksamhet, i stället för att vara inriktad på att rätta redan uppkomna fel.

De avsedda driftfunktionerna skall fortlöpande kontrolleras och erforderliga åtgärder vidtagas så att avsedd funktion erhålls och anläggningens bruksvärde bibehålls.

Driftpersonalen ska således när den tar över ansvaret för drift, skötsel och underhåll av installationerna ha tillgång till en ändamålsenlig driftinstruktion.

Driftinstruktionen bygger på den tekniska dokumentationen som består av dokument (ritningar, scheman), protokoll över inställningsvärden och anvisningar för handhavande.

Instruktionen utformas så att personal som ställs inför praktiska problem kan finna önskad information. Instruktionen skall vara överskådlig och bör endast innehålla sådana uppgifter som driftpersonalen har ett klart definierat behov av. Den skall således innehålla uppgifter om underhåll och skötsel av samtliga i anläggningen ingående komponenter samt data för injustering.

Byggnadsförvaltaren bör informera sig om bl.a. följande:

- Rapporter om fel via driftpersonalen.
- Synpunkter från hyresgäster och/eller de personer som har sin verksamhet inom lokalerna.
- Räkningar från energileverantörer (olja, gas, el).
- Den information om anläggningen som fås via inbyggda mätinstrument och kännande organ.
- Drifttidmätning, temperaturregistrering, energimätning, driftkort på vilka maskinens eller apparatens tillstånd noteras enligt uppjort schema.

För att kunna dra nytta av dessa informationer måste de systematiskt samlas in och sorteras. Därefter eller i anslutning till ett automatiskt registrerande system utvärderas informationen.

- Energiförbrukningen ställs t.ex. i relation till utomhustemperaturen, vindförhållanden m.m.
- Drifttider omvandlas till energimängder.
- Underhållskostnader jämförs med t.ex. förbättrade ljusvärden eller förväntade ändringar i energiförbrukningen.
- Energikostnader utvärderas mot energibesparande åtgärder och erfarenheter från tidigare säsonger.

Dessa informationer bör byggnadsförvaltaren dock inte behålla för sig själ. Många projektörer är intresserade av erfarenhetsåterföring. Även installatörerna har ett intresse härav.

Driftspersonalen eller fastighetsskötaren bör, när de tar över ansvaret för drift och underhåll av installationerna, få tillgång till ändamålsenlig driftinformation. Detta är nödvändigt om den avsedda driftsekonomi och livslängden för installationerna skall kunna uppnås.

Eftersom projektörsgruppen har ställt krav på anläggningen och entreprenören är det lämpligt att projekterarna utarbetar lämpliga driftsinstruktioner.

Detta torde kunna ske till rimlig kostnad i relation till dagens materielpriser, energipriser och den enskilde reparatörens löneläge, om ett för driftsinstruktioner anpassat underlag utarbetas såväl under projekteringskedet (anbudsunderlag) som entreprenörskedet (relationshandlingar).

Härutöver bör särskilda instruktioner eller råd utarbetas för dem som bor eller arbetar i byggnaden. Det bör utformas så att de ger den enskilda möjlighet att sköta sin del av fastigheten och medverka till ekonomisk drift. Detta måste särskilt betonas för fastigheter med kollektivmätning. Exempel på hur ett bostadsföretag utformat sina råd och anvisningar framgår av fig. 4.40.

Några råd till Er som bor i elvärmth hus

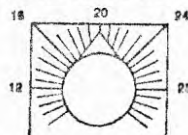
UPPVÄRMNINGSSYSTEMEN

Lägenheten uppvärms med elektriska radiatorer samt genom inblåsning av förvärmad friskluft.

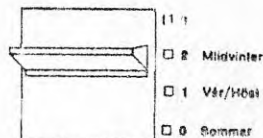
Varmvattnet uppvärms centralt med el.

ELRADIATORER

Termostaten: Med den ställer man in den temperatur man vill ha i rummet. Termostatvredet är graderat i grader. Graderingen är inte alltid helt exakt. Om Ni skulle finna att rumstemperaturen inte stämmer med siffran på skalan kan Ni justera inställningen något uppåt eller nedåt. Kontrollera rumstemperaturen med en termometer.



Effektväljaren: Med den ställer man in erforderlig effekt med hänsyn till årstiderna. Ställ vredet på så låg effekt som möjligt men ändå så att radiatorn orkar hålla önskad rumstemperatur. Det ger en jämnare värme. I läge 3 är 1/3 av radiatorns hela effekt ständigt inkopplad medan termostaten reglerar den övriga effekten. Detta läge används endast då uttemperaturen är låg och värmebehovet stort. Risk finns annars för att det blir för varmt i rummet och därmed onödigt hög oljeförbrukning.



VÄDRING M. M.

Eftersom friskluft tillföres och förorenad luft evakueras från lägenheten genom ventilationssystemet är behovet av vädring litet.

Vädra snabbt och effektivt när Ni vädrar. Låt fönstren inte stå öppna längre tid.

Utnyttja möjligheten till olika temperatur i olika rum genom att med radiatortermostaterna ställa in önskad rumstemperatur t ex lägre i sovrum.

Sänk temperaturen om Ni skall vara borta flera dagar.

Genom att följa dessa instruktioner kan uppvärmningskostnaderna hållas nere och därigenom direkt påverka Er egen hyreskostnad.

ÖSTERÅKERS BOSTADSSTIFTELSE

FIG. 4.40 Exempel på driftsinstruktioner för boende i flerfamiljshus.

4.11 Analys av total energiekonomi

Energisnåla anläggningar behöver inte alltid vara de mest ekonomiska anläggningarna. Vid energianalys i byggnader är det därför nödvändigt att lägga huvudvikten på analys av den totala energiekonomin. Även om tänkbara energihushållningsåtgärder i byggnader är motiverbara från nationalekonomisk synpunkt måste ur byggherrens synvinkel energianläggningar ges sådan utformning att den mest ekonomiska lösningen erhålls.

Den totala årliga energikostnaden erhålls efter sammanslagning av årliga anläggningskostnader, merkostnader för byggnadstekniska åtgärder såsom tilläggsisolering, treglasfönster, samt drift- och underhållskostnader.

Vid jämförelse av olika alternativa lösningar måste man medtaga merkostnader för en anläggning som förorsakas av alternativ utformning av en annan anläggning. För elenergianläggningar kan dessa merkostnader sammanställas enligt tabell 4.19. T.ex. kan högre belysningseffekt innebära att kostnader för gruppledningar, centraler, huvudledningar och transformatorstationer ökar. Ökad belysningseffekt bidrar till högre intern belastning varvid uppvärmningsbehov och kostnad för värmeanläggning minskar. Under sommartid bidrager emellertid den höga belysningseffekten till ökat behov av ventilation och kylning. Merkostnader för dessa anläggningar tillkommer.

TAB. 4.19 Merkostnader i olika anläggningar vid energibesparingsåtgärder

Anläggningen i vilken energibesparingsåtgärder vidtages	Anläggningsdelar och installationer som belastas av merkostnader
BELYSNING	<ul style="list-style-type: none"> - Gruppledningar - Centraler - Huvudledningar - Transformatorer och ställverk - Uppvärmnings- och ventilationsanläggning - Styr- och regleranläggning
ELVÄRME OCH EL FÖR VVS-ANLÄGGNINGAR	<ul style="list-style-type: none"> - Elutrymmen - Transformator- och ställverksanläggning - Huvudledningar - Centraler - Gruppledningar - Kanalisation - Styr- och reglersystem - Byggnadskonstruktion (isolering, fönstertyp, planlösning, orientering etc.)
STYR- OCH REGLERANLÄGGNING	<ul style="list-style-type: none"> - Kraftförsörjningsanläggning
KRAFTFÖRSÖRJNINGSANLÄGGNING	<ul style="list-style-type: none"> - Uppvärmnings- och ventilationsanläggning

Genom lämpligt styr- och reglersystem kan energiförbrukning för belysningsanläggningen för vissa lokaler inom en byggnad reduceras genom större utnyttjande av dagsljus resp. släckning av belysning under frånvaro från den enskilda arbetsplatsen. Därmed kan behov av uppvärmning öka i samma grad. Merkostnader i uppvärmningsanläggningens drift och styr- och regler-system blir samtidigt aktuella.

I hissanläggningar kan vissa energibesparingar göras genom lämplig omläggning av manöversystem. Någon speciell merkostnad för styr- och regleranläggning blir inte aktuell. Däremot kan förlustvärmen från motordriften minskas.

Dimensionering av uppvärmnings- och ventilationsanläggningar påverkar i hög grad behov av elutrymmen, dimensionering av transformatorer, ställverksrum, huvudledningssystem, centraler, gruppledningar, kanalisation och styr- och reglersystem, val av eltaxa samt byggnadskonstruktion. Om effektbehovet kan minskas blir investeringskostnaderna för flera av dessa anläggningar lägre.

Merkostnader för tillkommande styr- och reglerutrustningar p.g.a. energihushållningsåtgärder skall ställas mot besparingar i reducerad eleffekt och energiförbrukning.

Kraftförsörjningsanläggningen dimensioneras med hänsyn till maximalt uttagen effekt. Det innebär att vid jämförelse av olika systemlösningar för belysning, uppvärmning och ventilation samt styr- och reglersystem måste dessa anläggningars alternativa dimensionering och utformning studeras. I varje särskilt fall kan utredning om eltaxa bli aktuell.

När merkostnaderna för de olika anläggningsdelarna har sammanställts beräknas de årliga kostnaderna för anläggningarna på basis av fastställda avskrivningstider och räntor. Olika anläggningar har olika livslängder. Det är därför viktigt att vid noggranna beräkningar behandla varje anläggningsdel separat. Vid energikostnadsberäkning bör man även ta hänsyn till penningvärdeförsämringen. Till anläggnings- och energikostnader (elkraft- resp. bränslekostnader) måste läggas underhållskostnader vilka i vissa fall kan utgöra en betydande del av de totala kostnaderna.

Vid analys av speciella uppvärmnings- och ventilationsanläggningar såsom värmepumpanläggningar är det viktigt att även jämföra kostnader för sommarkylning med hjälp av värmepump resp. en konventionell kylanläggning. Förekommer sådana fall där kostnadsskillnader mellan olika alternativ ligger inom ramen för en felberäkning bör detaljerade kostnadsanalyser göras. Osäkerhet i dimensionerande utgångsdata, belastnings- och prisutveckling bör också medtagas i kostnadsanalysen. Vidare bör energianalysen göras från såväl byggherrens, kraftföretagens som landets synpunkt.

Analys från byggherrens synpunkt

Från byggherrens synpunkt måste energianläggningarna uppfylla krav på fullgod funktion och total energiekonomi. Samtidigt måste krav på optimal byggnadskonstruktion, systemtillförlitlighet och tillgång till kvalificerad service för underhåll av anläggningarna tillgodoses. Det är väsentligt att undersöka i vilken mån statliga bidrag för olika energihushållningsåtgärder kan utgå.

Omfattande energiutredningar kan för många uppdragsgivare tyckas bidra till förseningar och kostnadsfördyringar i projekteringen. Lämplig metodik måste därför utvecklas i syftet att redan under systemhandlingskedet fastställa en lämplig systemlösning för energianläggningarna. Förenklade beräkningsmetoder kan vara av stort värde under detta skede speciellt för mindre och medelstora projekt. För större projekt kan det vara ekonomiskt motiverbart att redan från början göra detaljerade analyser av tänkbara systemlösningar. Utveckling av lämpliga datorbaserade beräkningsrutiner kan vara av stort värde i detta avseende.

Stimuleringsåtgärder i form av statliga bidrag till olika energihushållningsåtgärder samt ökade möjligheter för finansiering av energibesparande anläggningar bör vidtagas i ännu större omfattning. Energiutredningar i samband med alla nya projekt bör uppmuntras genom lämpliga åtgärder.

Analys från kraftföretagens synpunkt

Energibesparingsåtgärder i byggnader inverkar på kraftsystemets utformning på flera olika sätt. Energi- och besparande anläggningar kan bidra till att kraftföretagens behov av primära energikällor och produktionskapacitet minskas. För vissa anläggningstyper såsom värmepumpanläggningar kan det bli aktuellt att produktionskapaciteten måste ökas för att täcka det ökade

effektutttaget. Vidare kan det bli nödvändigt att se över dimensioneringskriterier för eldistributionsnät i samband med värmepumptillämpning i större skala, att analysera startströmmar i värmepumpinstalleringar med hänsyn till deras inverkan på spänningskvalitet i distributionsnät och att kartlägga behov av faskompensering.

Genom att olika energihushållningsåtgärder i byggnader, dels kan bidra till kostnadsminskning i kraftsystemets drift, dels leda till ökade kostnader på grund av förstärkning av distributionsnät, måste kraftföretagen se över sina eltariffer. Från kraftföretagens synpunkt är det därför viktigt att kartlägga inverkan av energihushållningsåtgärder i byggnader på kraftsystemets utformning. Lämpliga metoder för dessa utvärderingar behöver utvecklas. För att påverka utvecklingen i en gynnsam riktning är det önskvärt att kraftföretagen utformar sina eltariffer på ett sådant sätt att energibesparande anläggningar får förmånligare villkor för elleveransen.

Analys från landets synpunkt

I samband med energiutredningar för olika projekt bör även redovisas hur den föreslagna energianläggningen kommer att inverka på kommunen, regionen och landets energibalans. I andra länder, såsom England och USA har redan vissa normförslag utarbetats enligt vilka energiredovisning för byggnader skall avse dels specifik energiförbrukning i byggnaden dels förbrukning i primära energikällor. Speciella beräkningsmetoder vilka bygger på energisystemens verkningsgrad från energikällan till konsumenten har utvecklats. Behov av en dylik redovisning föreligger även i Sverige. Lämplig redovisnings- och beräkningsmetodik bör utvecklas.

Utveckling av metoder för den nämnda energiredovisningen kan vara av värde även vid analys av tänkbara statliga stimulansåtgärder i energibesparande syfte och dessas inverkan på rikets energibalans. Denna analys kan bli aktuell vid varje tillfälle då nya beslut skall fattas och motiveras. Detta gäller speciellt för sådana åtgärder som ur abonnentens och kraftföretagens synpunkt inte är ekonomiskt motiverbara, men har en gynnsam inverkan på landets energibalans ur nationalekonomisk eller politisk synpunkt.

Behov föreligger också av metoder med vars hjälp inverkan från energihushållningsåtgärder i byggnader kan studeras på kommunal och regional energiförsörjning. Lämpliga och enkla regler för redovisning av energiekonomi i byggnader enligt ovannämnda principer bör utvecklas och utgöra en del av en svensk norm för energiredovisning.

Anläggningskostnadskalkylering

Anläggningskostnadskalkyleringen kan uppdelas i två typer av kalkyler, dels alternativkalkyl för att bestämma ekonomin för olika utföranden, dels avstämningkalkyl för att kontrollera kostnadsnivån i de olika projekteringsskedena. Bägge kalkylerna används i samma projekt och kompletterar varandra. Till bägge kalkylerna används samma underlag. Alternativkalkylen redovisar skillnaden mellan alternativ, men den byggs upp av samma kostnadsuppskattningar som gäller för avstämningkalkylen.

För närvarande använder man ofta som underlag en jämförelse med en tidigare projekterad byggnad av liknande utförande och utformning. Man gör vissa justeringar enligt de skillnader som finns mellan den nya och den äldre byggnaden. Detta förfarande är inte tillfredställande eftersom man inte kan ta tillräcklig hänsyn till skillnaderna och deras inverkan i kostnadskalkylen. Inte heller är det en tillfredställande metod att uppskatta kostnaderna efter en trolig teknisk lösning. På detta sätt kan man låsa fast utförandet redan i kalkylen. Inget av förfarandena tillåter den rörlighet man behöver för att kunna ta hänsyn till beslut under projekterings gång.

En kalkylmetod som är anpassad till olika specificeringsnivåer redovisas i del I av denna rapportserie.

Driftkostnadskalkylering

Genom tillämpning av lämpliga och systematiska drift- och underhållsrutiner kan man nedbringa energiförbrukningen i byggnaden. Ett förebyggande, lätt och välplanerat underhåll kan bidra till färre driftstörningar, kortare driftavbrott och lägre reparationskostnader.

I driftkostnader ingår årskostnader för anläggningar, årliga elkraft- resp. bränslekostnader, underhålls- och reparationskostnader samt kostnader för driftavbrott. En noggrann bedömning av samtliga dessa kostnader är av stor betydelse vid energianalyser. Erforderlig statistik och annan information resp. metoder för driftkostnadskalkylering behöver utvecklas.

Effekt- och energikostnader

Målsättningen för eltarifferna och deras utformning är samhällsekonomiskt baserad på självkostnad. Även andra målsättningar kan tänkas, t.ex. företagsekonomisk, socialpolitisk, miljöpolitisk. Energiskatten är också ett instrument att styra energiförbrukningen. För att få en så rättvis fördelning som möjligt av eldistributörens kostnader på abonnenterna, brukar de indelas i fyra grupper allt efter de anspråk de ställer på produktion och distribution. Grupperna är hyreslägenheter, småhus, rörelseidkare och industriförbrukare.

En kostnadsriktig tariff kan sammansättas av fyra poster:

Fast kostnad bestående av mättings-, debiterings- och administrativa kostnader (kr/år).

Total effektkostnad är den kostnad som abonnenten själv förorsakar genom sin anslutning till det centrala nätet (kr/kW och år).

Central effektkostnad delas av abonnenterna på samma centrala nät (kr/kW och år).

Energikostnaden bestäms av produktionskostnaden (öre/kWh).

För normalförbrukaren används en något förenklad tariff. Den består av en fast abonnemangsavgift som ökar med ökande avsäkring, d.v.s. större uttagbar effekt. Denna post är en sammanslagning av de tre första kostnaderna ovan. Sedan tillkommer en energivavgift som inte enbart är baserad på energiproduktionskostnaden.

I de fall man har en relativt stor del av förbrukningen under nattetid, t.ex. elvärme i en villa, kan dubbeltariff med en lägre energikostnad vara mer ekonomisk. I dessa fall kan man också styra varmvattenberedningen till nattetid. Denna tariff tar hänsyn till att man har en lång utnyttningstid, d.v.s. topeffekten blir förhållandevis låg i jämförelse med energiförbrukningen. En sådan tariff kan medföra att på längre sikt blir förbrukning på natten större än på dagen. För att förhindra detta kan man använda en tariff som har en hög effektkostnad och låg energikostnad.

Det är alltid toppkraften som är dyr att producera, man har kort utnyttningstid och ofta stora förluster. Det är därför önskvärt att leverera elkraften med stort energiinnehåll och låg effekt. I detta sammanhang kan påpekas att om elvärme väljs som tillsatsvärme vid en värmepumpanläggning, kan man under kalla dagar få en stor effekttopp som distributionsnätet måste dimensioneras för, trots att det totala energiuuttaget genom värmepumpens goda verkningsfaktor blir litet.

Taxornas konstruktion bör vara sådan att det för en storförbrukare inte ska bli någon skillnad mellan lågspänningsabonnemang eller högspänningsabonnemang. Kostnaden för nedtransformering och transformatorförluster skall alltså vara lika stora som anläggningskostnaderna. Detta förhållande uppnås sällan.

Från energihushållningssynpunkt är det av stor vikt att energikostnader för olika energislag bestäms med hänsyn till dels de kostnader som hänförs direkt till de olika energiproduktions- och distributionssystemen dels den besparing som görs i primära energiråvaror vid olika typer av konsumtion i de enskilda energianläggningarna.

4.12 Känslighetsanalys

Efter det att de totala årliga energikostnaderna för tänkbara systemlösningar har beräknats är det väsentligt att ingående analysera de parametrar som eventuellt kan påverka resultatet i verklig drift. Analys av de årliga driftkostnaderna för olika energianläggningar visar följande sammansättning av merkostnaderna för respektive alternativ:

- Kostnad för anläggningen
- Fast avgift för elabonnemang
- Eleffektavgift
- Energiförbrukning för vinter- resp. sommar drift
- Indextillägg
- Energiförbrukningstillägg
- Energiskatt
- Underhållskostnader

Fast avgift för elabonnemang utgår normalt för både låg- och högspänningsleveranser. Eleffektavgifter beräknas i vissa fall för både 1-timmes- och 6-timmars-effekt. Energiförbrukningen varierar beroende av val av eltariff (uppdelning av energin i perioder maj-aug. och övrig tid alternativt kl. 06.00-22.00 och kl. 22.00-06.00). Indextillägget är en funktion av konsumentindexet. Energiförbrukningstillägget varierar med medelpriset för de större kraftföretagens sammanlagda oljeinköp under kalenderåret. Samma energiskatt gäller för olika typer av elleveranser. Underhållskostnader avser normala serviceåtgärder och reparation vid inträffade fel i anläggningarna.

När olika systemlösningar jämförs betraktas enbart merkostnader för olika alternativ med hänsyn till det mest ekonomiska alternativet som kan betraktas som ett referensalternativ. Genom att studera fördelningen av merkostnader fastställs de delposter vilka bör ingående analyseras. Faktorer

vilka påverkar förekommande merkostnader i större omfattning kan för olika anläggningar sammanställas enligt följande.

- Förändringar i anläggningskostnader
- Ökning eller minskning av energikostnader
- Förändringar i energiskatt
- Avvikelse av erhållna energibesparingar i verklig drift från förväntade värden som ligger till grund för beräkningarna

Om tiden för byggnationen är kort kan dramatiska förändringar i anläggningskostnader uteslutas. Däremot kan framtida ändringar i energipriset påverka resultatet till fördel för vissa alternativ. Om anläggningarna ej motsvarar förväntningarna beträffande erhållna energibesparingar påverkas resultatet till nackdel för de alternativ som är ekonomiskt motiverbara främst från energibesparingssynpunkt.

Känslighetsanalysen är en avvägning mellan energibesparingsvinsterna och ökningen av utgifter p.g.a. förändringar i effekt-, energi- och underhållskostnader. Svårigheten ligger i att rätt kunna uppskatta de framtida förändringarna i de olika kostnaderna. Ett sätt är att anta en genomsnittlig procentuell ökning per år för kostnaderna för anläggning, underhåll, effekt, energi och skatt.

Genom att likställa merkostnaderna för anläggningsdriften och lägre vinster från en ev. sämre energibesparing i verklig drift, får man fram de totala merkostnaderna för energibesparingsåtgärderna. Dessa jämförs sedan med besparingsvinsterna och på så sätt kan man fastställa den gräns vid vilken energibesparingsåtgärderna fortfarande är ekonomiskt lönsamma. Med hjälp av en sådan analys kan säkerheten i bedömningen av grundläggande antaganden såsom procentuell energibesparing per år till stor del elimineras. Ett enkelt exempel på dessa beräkningar redovisas i bilaga 3.

Beräkningsexemplet visar hur inverkan av olika faktorer på den sammanlagda kostnadsbilden studeras med hjälp av den beskrivna metoden för känslighetsanalys. Ett behov av metodutveckling inom detta ämnesområde föreligger. Den beskrivna analysmetoden utgör en av flera beräkningsprocedurer som kan tillämpas för sådana analyser. Förutom redovisning av energiekonomi i kronor är det viktigt att analysera för- och nackdelar av olika systemlösningar. Denna redovisning bör utgöra en del av slutbedömningen. För- och nackdelar kan omfatta bl.a. följande:

- Servicemöjligheter
- Krav på omsorgsfull installation och inreglering
- Systemtillförlitlighet och säkerhet
- Okänd grad av energibesparing

- Reparations- och underhållskostnader
- Inverkan på kraftsystemen
- Inverkan på kommunal- och regional energiförsörjning
- Inverkan på rikets energibalans
- Driftekonomi vid ökande energipriser och inflation
- Ökade användningsmöjligheter i förhållande till andra system (exempelvis sommarkylning vid värme-pumpdrift)
- Statliga bidrag och finansieringsmöjligheter
- Miljöaspekter
- Fysiologiska aspekter vad beträffar komfortkänsla

Genom att göra en ekonomisk och kvalitativ bedömning av olika energihushållningsåtgärder kan fullgoda beslutsunderlag presenteras till beställaren för val av den mest lämpliga lösningen. Utredningar och bedömningar av denna typ är för närvarande ej en självklar del av det normala projekteringsarbetet. Beräknings- och utvärderingsmetoder för sådana lönsamhetskalkyler är önskvärda. FoU-insatser inom detta delområde bör ges hög prioritet.

Osäkerhet i framtida belastnings- och prisutveckling

Analys av energiekonomi i en byggnad görs oftast för en viss planeringsperiod vilken som regel omfattar anläggningarnas livslängd. Med hänsyn till de krav som ställts på energihushållningsåtgärder i byggnader är det tveksamt om den historiska belastningsutvecklingen kommer att fortsätta.

Uppskattning av förväntad belastning är emellertid nödvändig för dimensionering av elenergianläggningar såsom eldistributionsnät, transformator- och ställverksanläggningar, distributionssystem inom byggnader, centraler m.m. samt dimensionering av uppvärmnings- och ventilationsanläggning.

Osäkerheten för framtiden bör få uttryck i sannolikhetsbaserade belastningsprognoser. Lämpliga metoder för belastningsprognosering enligt dessa principer bör utvecklas. Se även del I och III av rapportserien för lämpliga metoder.

För kostnadsoptimering av elanläggningarna för planeringsperioden måste man kunna uppskatta framtidens energiprisutveckling och inflation. Dessa faktorer motiverar och avgör valet av anläggningar, t.ex. värmepumpanläggningar, vars lönsamhet till stor del är beroende av betydande energibesparingar.

Genom att kombinera liknande modeller för prognosering av både belastnings- och prisutveckling kan osäkerhet i planerings- och optimeringshänseende få kvantitativ representation och därigenom bidra till säkrare beslutsunderlag.

5 LITTERATUR OCH REFERENSER

- Abel, E & Allander, C: Den sist investerade kronans lönsamhet vid värmeåtervinning, Fläkten Energinummer 1975, p 17.
- Ackumulering av elvärme i nya KF-huset, VVS 12, 1974 p. 67.
- Adamson, B & Hämler, J & Mandorff, S: Energibesparing - En undersökning i två flerfamiljshus. BFR R23:1975, pp. 107.
- Automatisk reglering av elvärmerna i bodarna kan spara 30% energi. Byggnadsindustrin 11, 1976, p. 271.
- Bigélius, A & Taesler, R: Effekt- och energiberäkningar för luftbehandlings-, kyl- och värmeinstallationer. BFR R50:1976, pp. 134.
- Björklund, B: Totaloptimera klimatanläggningar, Fläkten, Energinummer 1975, p. 9.
- Boström, T & Södergren, D: Metod för värdeanalys av värme- och ventilationsanläggningar, BFR R2:1975, pp. 92.
- Brännström, H: Att temperaturreglera förbrukningsvarmvatten VVS 11, 1975, p. 11.
- Brännström, H: Drift-service-underhåll för bättre lönsamhet, VVS 3, 1975, p. 49.
- Byggnaders installationer, BFR T18:1973.
- Byggnadsstyrelsen: KBS-anvisning 7. Projekteringsanvisningar, 1975.
- Byggnadsstyrelsen. KBS-anvisning 26. El- och transportanläggningar, relationshandlingar, 1974.
- Byggnadsstyrelsen: KBS-anvisning 27. Energiekonomi 1975. Anvisningen är under omarbetande och komplettering.
- Byggnadsstyrelsen: KBS-rapport 40. Belysning i kontor.
- Bättre värmeekonomi i äldre hus är byggbranschens ansvarsområde, VVS 2, 1976, p. 11
- Cleminson, CA & Rogers, RL: Elevator power consumption, Elevator World, March 1974, p. 24.
- Dahlgren, B: Datateknik för VVS - ett konsultföretags erfarenheter och framtidsplaner, VVS 9, 1975, p. 51.
- Daniels, K: Betriebskostenreduzierung, Technik am Bau, TAB 3, 1975, p. 203.
- Effektivare energianvändning, Ingenjörsvetenskapsakademin 1974, meddelande 181, pp. 72.
- Ekström, L: Klimatreglering med datorer. En orientering om VVS-DDC, VVS 9, 1975, p. 29.
- Ekström, L: Om klimatreglering med datorer, VVS 1. 1976, p. 15.

- Elföreskrifter i SBN 1975. Elinstallatören 12, 1975, p. 14.
- Elinstallationer i Svensk Byggnorm 1975, ERA 11, 1975, p. 252.
- Eluppvärmningen fortsätter att öka. Nu tio procent av lägenhetsbeståndet, Byggnadsindustrin 4, 1976, p. 3.
- Energibesparing i existerande byggnader, BFR T7:1976, pp. 121.
- Energihushållning, Tekniska, Komersiella, Ekonomiska Fakta, AB Svenska Shell, 1976, pp. 11.
- Energisparkommittén & Kommunförbundet: Energihushållning-Drift och skötsel av fastigheter och andra anläggningar med tonvikt på att spara energi, Kommunförbundet 1975, pp. 120.
- Enfors, L: Reglerteknik och systemnomenklatur, WS 5, 1964.
- Eriksson, BE: Utbytet av investeringar i värme och ventilation, Byggmästaren 1, 1975, p. 14.
- Feras Elvärmekommitté, EVK, Faktorer som påverkar elförbrukningen i elvärmda flerfamiljshus, 1975.
- Fikri, Z: Heat pump applications in Sweden, BFR, D:1975, pp. 199.
- Franzén, Å: Lågenergibelysning i kontorsrum, Elinstallatören 6, 1975, p. 74.
- Friblad, B: Styr- och reglerutrustning för energisnåla luftbehandlingssystem, VVS 8, 1975, p. 47.
- Glas, L-O: Driftkostnadskalkyler för VVS-anläggningar, VVS 9, 1975, p. 57.
- Hallberg, I: Elsystem för flyttbara väggar, Elinstallatören 2, 1976, p. 26.
- Hammarlund, Y & Andreasson, S: Forskning för bättre materialhushållning, Byggmästaren 5, 1975, p. 11.
- Hedberg, P-O: Regler- och övervakningsanläggningarnas ekonomi, VVS 12, 1970, p. 586.
- Hedberg, P-O & Käll, G: Beskrivningsexempel. Styr- och övervakningsanläggningar, BFR. T3:1976.
- Hedberg, P-O & Käll, G: Styranläggningar inom byggnader, BFR, R6:1976.
- Hedley, S: Energibesparande larmanordning, Elinstallatören 6, 1975, p. 35.
- Hedlund, H & Holmberg, J: Integrerade anläggningar för ljus, värme och ventilation. Del I, BFR, R38:1969, pp. 68.
- Dito Del II, BFR, R5:1971, pp. 52.
- Holmberg, J: Även vatten är energi, Elinstallatören 2, 1975, p. 34
- Hultman, B: Vårt behov av vatten. Litteratur om vattenförbrukning fram till år 2000, VVS 12, 1974, p. 17.

Höglund, I & Johnsson, B: Byggnadstekniska och installationstekniska åtgärder för energibesparing i äldre byggnader, Väg- och vattenbyggaren 1-2, 1976, p. 41.

Höglund, I & Johnsson, B: Byggnadstekniska och installationstekniska åtgärder för energibesparing i äldre byggnader, Väg- och vattenbyggaren 3, 1976, p. 57.

Höglund, I & Johnsson, B: Byggnadstekniska och installationstekniska åtgärder för energibesparing i äldre byggnader, Meddelande 108, Inst. f. byggnadsteknik, KTH Sthlm 1976, pp. 40.

Information om riksdagens energipolitiska beslut våren 1975, Industridepartementet.

Instruktioner för förebyggande underhåll, Hedlund Kontroll AB
Investeringarna kan ge ett överskott på 10 kr per m²,
Byggnadsindustrin 10, 1976, p. 14.

Jensen, L: Driftoptimering av värmeåtervinning i en datorreglerad klimatanläggning, VVS 11, 1975, p. 81.

Johnson, H: Individuell mätning stimulerar energisparandet, Fläkten Energinummer 1975, p. 33.

Johnson, R: Energiekonomin inom industrin, Elteknik med aktuell elektronik 1, 1976, p. 30.

Jurén, T: Tilläggsisolering lönar sig, VVS 3, 1976, p. 71.

Järnefors, U: Lönsamhetskalkyler för energisparåtgärder, VVS 4, 1976, p. 37.

Järnefors, U: Lönsamhetskalkyler för energisparåtgärder, BFR R17:1976, pp. 136.

KAMP-gruppen: Kostnadsanalys och metodisk projektering T9:1974, BFR.

K-konsult: Projekteringsanvisning del I, Kommunförbundets förlag.

Lalander, S: Kommunal energiplanering från elförsörjningssynpunkt, ERA 3, 1976, p. 51.

Levin, S: Drifanpassning av VVS-installationer, VVS 12, 1974, p. 69.

Lilja, G: System med variabelt luftflöde - VAV, VVS 1 1974, p. 50.

Lindblom, H: Värmereglering, Elinstallatören 2, 1975, p. 30

Lindholm, H: Värmereglering, Elinstallatören 2, 1975, p. 30

Lindskoug, N-E: Elvärmefrågor, Utgåva nr 3, 1969, pp. 96.

Ljuskultur: Belysning inomhus

Ljuskultur: BZ-handboken

Lundén, L: Elvärmegrundande elavgifter, Elinstallatören 6, 1975, p. 49.

Lågenergisamhället kräver ekologiskt byggande, Byggnadsvärlden 9, 1975, p. 35.

Löfberg, HA: Dagsljus utomhus, BFR B9:1976, pp. 24.

Lövgren, H, Mundt, G & Ribbefjord, S: Energibesparande reglereteknik för värme och varmvatten, VVS 8, 1975, p. 53

Magdalinski, I & Wale, G & Wale, K: Energibesparing i husplanering och drift av byggnader under nya förutsättningar, BFR, R52:1975 Stockholm 1975, pp 96.

Massor av energi, Byggnadstidningen B3, 1976, p. 6.

Nordenström, H: Byggande, energi och ekologi. Rapport från en resa i USA, BFR T11:1975 pp. 305.

Nordström, B & Göthe, S: Elvärme och energihushållning, Väg- och vattenbyggaren 21, 1975, p. 49

Peterson F: Hundra sätt att minska energibehovet, Byggnadstidningen 33, 1976, p. 8 och nr 34 1976, p.8

Reglerade elektriska motordrifter, ASEA-information.

Reglerutrustningar för luftbehandlingsanläggningar, Billman regulator AB.

Ribbefjord, S: Styr- och reglersystem i energibesparandets tjänst, VVS 8, 1975, p. 29

Rudd, C-A & Westergren, F: Val av energisnåla luftbehandlings-system, Fläkten, Energinummer 1975, p. 22.

Räntilä, L: Datorsystem för VVS, VVS 6-7, 1975, p. 33.

Sandel, R: Drift- service-underhåll av styr- och regler-system, VVS 9, 1975, p. 33.

Sander, R: 10 W/m^2 , vad betyder det för vårt seende, Ljuskultur 2, 1974, p. 7.

Sjölander, I: Ljusvärmens spar energi, Elinstallatören 2, 1975 p. 32.

Sjölander, I: Morgondagens industrimiljö kräver ett nytt ljusänkande, Elinstallatören 3, 1975, p. 44.

SKIF:s checklista 13/74. Elkonsultens arbetsuppgifter.

Skolöverstyrelsen: Belysning i skolor

SOU 47:1974, Installationssektorn, Installationsbranschutredningen

SOU 48:1974, Installationssektorn, Installationsbranschutredningen. Bilagor.

SOU 64:1974, Energi 1985, 2000, Energiprognosutredningen

SOU 65:1974, Energi 1985, 2000, Energiprognosutredningen Bilagor

SOU 72:1974, Energiforskning. Program för forskning och utveckling

SOU 76:1974, Energiforskning. Program för forskning och utveckling. Avd. D lokalkomfort och hushåll

Byggsektorns energianvändning, särtryck ur SOU 74:1974 och SOU 76:1974

- Spar värme, BFR-informationsblad B1975 (Arbetshandling)
- Spara elvärme med sparcentral, Byggnadstidningen 33, 1976, p. 10.
- SPRI: Vårdrumsbelysning
- Springfeldt, B: Tillsyn, kontroll och förebyggande underhåll av klimatanläggningar, VVS 8, 1974, p. 87
- Starby, L: Belysningsteknik, Ljuskultur, pp. 200.
- Statens Planverk: Svensk Byggnorm 1975
- Stens Planverk: Svensk Byggnorm 1975, Supplement 1, Energihushållning m.m.
- Sterns, B: Behöver vi mera elkraft, Elinstallatören 2, 1976, p. 14.
- Strömblad, J: Värmepumpen i ventilations- och luftbehandlingsystem, Fläkten Energinummer 1975, p. 27.
- Tekniska kommittén: Fläktar verkningsgrad, VVS-EL Kontroll AB, Augusti 1972, pp. 4
- Tillämpad reglerteknik - Värmeanläggningar, Billman regulagor AB, 1974
- Wendeln, KEA: Systemet som sparar olja. Elteknik med aktuell elektronik 3, 1975, p. 55
- Wibom, R m.fl: Arbetsplatsens belysning. Artikelserie i Elinstallatören nr 3-12, 1976
- Wyan, DP: Behaglig inomhusmiljö - dagens och morgondagens kriterier, VVS 3, 1975, p. 29.
- Wählström, O. Förbättrad och rationaliserad projektering är dagens krav, Landstingets tidskrift 10, 1975, p. 52.
- Värmepumpar, Seleko AB, 1974, pp. 80.
- Värmepumpar, Symposium i Stockholm 26-27 november, 1974, BFR & CDL, 1975, pp. 311.
- Åström, L: Ta vara på energin i frånluften, Fläkten Energinummer 1975, p. 13.

BILAGA 1

CHECKLISTA FÖR ANLÄGGNINGSPLANERING

Denna checklista är uppdelad i 5 avsnitt, nämligen

- A Projektering och krav allmänt
- B Belysningsplanering
- C Planering av elvärme
- D Planering av motordrifter
- E Uppföljning, kontroll och underhåll

Checklistan gör inte anspråk att vara fullständig utan är mer att betrakta som ett utkast. Det skulle dock vara av värde att mer systematiskt vidareutveckla checklistan och där hänsyn tas såväl till projekteringsrutiner som till energihushållning.

A Projektering och krav allmänt

- A1 PROJEKTERING
- Har en projektorganisation som ska genomföra projektet byggts upp?
 - Hur kommer skyddsorganisationen/skyddskommittén/skyddsombuden in i planerings- och projekteringsarbetet?
 - Vilka möjligheter har övriga anställda att medverka i planeringsarbetet?
 - Har en inventering av arbetsmiljöproblemen gjorts?
 - Vilka utredningar kommer att ligga till grund för projekteringen?
 - Vilka utredningar skall utföras? (anslag härför)
 - Vilka verksamheter bedrivs?
- A2 KRAV
- Kvalitet.
 - Kvantitet.
 - Energibesparande åtgärder.
 - Volymbegränsningar.
 - Tillgång på energi.
 - Utnyttjande av vissa energityper.
 - Arbetsrutiner och materiel.
 - Kostnad.
- A3 VOLYMER, YTA
- Vilka utbyggnader kan förväntas?
 - Vilka tekniska system kan förväntas kräva ändrade volymer, yta?
 - Storlek på ställverken.
 - Typ av transformatorer?
 - Placering av ställverk och transformatorer.
 - Transportvägar för ställverk och transformatorer.
 - Placering av utrymmen för teletekniska anläggningar.
 - Placering och yta för elschakt, elnischer och elrum.
 - Volymer ovan undertak för ledningsstegar, ledningsrännor.
 - Fönsterbröstningens utformning.

- A4 STÄLLVERK
- Sammanlagringsfaktorer bedöms.
 - Utgående grupper fördelas.
 - Utrymme reserveras för eventuella kondensatorbatterier.
 - Mätningar förbereds.
 - Värmeavgivningars storlek beräknas.
- A5 TRANSFORMATORER
- Hur stora är effektförlusterna?
 - Ventilation.
 - Är värmeåtervinning lönsam?
 - Kan en transformator av två parallellarbetande transformatorer urkopplas under icke arbetstid eller låglasttid?
- A6 HUVUDLEDNINGAR
- Val av ledningstyp Cu-Al.
 - Beräkning av spänningsfall och effektförluster.
 - Direkt försörjning av centraler eller via fördelningscentraler studeras.
 - Hur stora utbyggnadsmöjligheter skall finnas?
 - Hur stort antal reservgrupper kan tillåtas?
 - Sammanlagring beräknas.
 - Avsäkringarna studeras med avseende på selektivitet.
 - Avsäkringar och dimensionering kontrolleras mot t.ex. startströmmen.
 - Kanalskenesystemens lönsamhet studeras.
- A7 CENTRALERNAS UPPBYGGNAD
- Skall centralen försörja belysningsanläggningen, värme-, ventilationsanläggningen eller annan kraftanläggning?
 - Kan vissa av ovan nämnda centraler anslutas till samma huvudledning?
 - Skall centraler förses med kontaktorer och tidrelä för selektiv återinkoppling efter strömavbrott?

B Belysningsplanering

- B1 UNDERLAG
- Ritningar med lay-out över arbetsplatser, maskiner och övrig inredning.
 - Bygg- och installationssystem från övriga konsulter m.m.
- B2 BELYSNINGSSYSTEM
- Allmänbelysning.
 - Lokaliserad eller s.k. anpassad allmänbelysning.
 - Platsbelysning.
 - Speciella effektbelysningar.
 - Nödbelysning m.m.
- B3 BELYSNINGSSTYRKA
- Vilka olika typer av arbete utförs i lokalen?
 - Vilken eller vilka belysningsstyrkor rekommenderas normalt för dessa arbeten?
 - Saknar lokalen dagsljus?
 - Är medelåldern bland de anställda hög?
 - Kan felaktigt beteende under arbetet medföra risk för allvarliga olycksfall?
 - Är arbetet speciellt besvärligt p.g.a. buller, värme, smuts etc.?
- B4 BLÄNDNING OCH KONTRASTER:
- Vilka krav finns på begränsning av direktbländningen från armaturerna? Bländtal.
 - Kan delar av byggnadskonstruktionen t.ex. balkar användas som avbländningselement?
 - Bör taket belysas så att för stora kontraster mellan armaturer och taket undviks?
 - Blir väggarna belysta så att luminansen ej blir för låg? Speciellt väggar med fönster.
 - Kan fönstren förses med avskärningsanordningar så att luminansen ej blir hög under dagtid.
 - Kan arbetsplatserna orienteras så att t.ex. bländning från fönster undviks?

- Kan tak och vägg färgsättas så att god luminansfördelning erhålls? (Använd även andra färger än vitt och grått).
 - Kan möbler och annan utrustning färgsättas så att alltför mörka och blanka färger undviks?
 - Är arbetsmaterialen och de centrala delarna av det normala synfältet speglande med stor risk för reflex-bländning? (Undvik koncentrerade ljuskällor med hög luminans eller kontrollera noggrant ljusets infallsriktning).
 - Erfordras speciella anordningar för att förstärka arbetsobjektets kontraster? (Motljus, släpljus, genomlysning etc.).
- B5 FÄRGÅTER-
GIVNING
- Finns speciella krav på färgåtergivning? R_a -index?
 - Kan dessa krav begränsas till en mindre del av anläggningen?
 - Motiverar kraven den rel. stora ökningen av årskostnaden som kan erhållas?
 - Ljusfärg med hänsyn till inredningens färgsättning och materialval.
- B6 ALLMÄNBELYSNING
- Vilka belysningsstyrkor erfordras för de olika arbetsplatserna?
 - Hur stor del av belysningsstyrkorna bör åstadkommas med hjälp av allmänbelysningen?
 - Erfordras samma allmänbelysningsnivå i hela lokalen?
 - Vald allmänbelysning i de olika zonerna.
 - Kontrollera att differensen mellan allmänbelysningen i de olika delarna och i angränsande lokaler ej blir för hög.
 - Kontrollera innan allmänbelysningsnivå väljs att det är praktiskt möjligt att ordna tillsatsbelysning på de arbetsplatser som bör ha sådan.
- B7 PLATS-
BELYSNING
- Försök analysera hur platsbelysningen skall anordnas i varje enskilt fall.
 - Kan fasta armaturer användas? (Integrerade i maskinkonstruktionen, monterade på byggnadselement eller ramper, monterade med speciella fästen på fundament etc.).

- Skall armaturerna ha osymmetrisk ljusfördelning?
- Vilken avskärmning skall armaturerna ha för att ej åstadkomma bländning?
- Använd om möjligt urladdningslampor med hänsyn till ljuskällans livslängd.
- Kontrollera speciellt att flyttbara och ställbara armaturer har tillräckligt god avskärmning, så att bländning för intilliggande arbetsplatser undviks.
- Kontrollera att flyttbara och ställbara armaturer är tillräckligt robusta och att anslutningen utföres så att sladden ej utsätts för åverkan.
- Kan vibrationer ev. medföra förkortad livslängd hos ljuskällorna?
- Erfordras separata avbländnings- eller reflektorelement?
- Fast eller flyttbart monterade.
- Tak-väggmontage.
- Pendlar eller wireupphäng.
- Mont. på armaturskena eller ledningsränna.
- På kontaktskenor.
- Skruvanslutna eller injackade armaturer.
- Anslutning med sladd och stickpropp m.m.
- Finns hinder i form av traversbanor, ventilationstrummor etc.?
- Finns inskränkningar i fästpunkternas placering eller hållfasthet?
- Skall armaturerna ha 3-fas genomgångsledningar? Area?
- Hur långt kan grupsäkringarna belastas med hänsyn till startströmmar, effektfaktor och ev. framtida utvidgningar?
- Kan installationen delvis prefabriceras för att sänka installationskostnaderna?

B8 MONTERING AV
ARMATURER

- B9 FLEXIBILITET
- Kan enskilda armaturer eller ramper behöva flyttas utan större ingrepp i anläggningen?
 - Behöver anläggningen lätt kunna kompletteras med fler armaturer eller med större enheter utan kostsamma ändringar på installationen?
 - Kan armaturerna kompletteras med bländskydd om så erfordras?
- B10 TERMISKA PROBLEM M.M.
- Är begränsning av armaturernas totaleffekt viktig för lokalens termiska balans?
 - Kan armaturernas placering medföra störningar i ventilationsanläggningens luftströmningar?
 - Kan problem uppstå p.g.a. värmestrålningen från armaturerna?
 - Kan värmestrålningen genom fönstren medföra problem?
 - Kan stroboskopeffekt ev. uppstå vid roterande maskiner?
 - Är temperaturen i höjd med armaturerna betydligt över 25°C?
 - Är lokalen mycket smutsig?
 - Är atmosfären korrosiv?
- B11 VAL AV LJUSKÄLLA
- Typ, effekt, ljusfärg.
 - Färgåtergivningsegenskap.
 - Ekonomisk livslängd (drifttid).
 - Ljusflödesminskning som funktion av brinntiden m.m.
- B12 VAL AV ARMATUR
- Ljusfördelning, symmetrisk eller osymmetrisk?
 - Avskärmning.
 - Typ av bländskydd och reflektorer.
 - Hur stora enheter bör väljas?
 - Anpassbarhet till byggkonstruktion och installationssystem.
 - Form, utseende.
 - Bör armaturen ev. vara tät med hänsyn till nedsmutsning?
 - Vilken skyddsform erfordras?
 - Måste armaturerna vara utförda för onormal omgivningstemperatur?
 - Måste armaturerna ha speciellt korrosionsskydd?

B13 BERÄKNINGAR

- Anläggningens yta m^2 .
- Belysningsstyrka lux (på arbetsplats).
- Reflexionsfaktorer tak/väggar/golv.
- Ljuskällornas bruttoflöde lm/arm.
- Temp. korr. för ljusflödet.
- Verkningsfaktorn för anläggningen.
- Bibehållningsfaktorn för anläggningen (vid lämplig rengörings-termin).
- Hur många armaturer erfordras?
- Uppgör förslag till lämplig lay-out. Placering med hänsyn till arbetsplatserna.
- Kontrollera luminansfördelningen.
- Beräkna bländtalet.
- Kontrollera armaturernas läge i förhållande till arbetsplatserna så att placering som ger stor risk för reflexbländning om möjligt undviks.
- Kontrollera om den vertikala belysningsstyrkan är tillräcklig.
- Kontrollera, vid stora armaturer, om urfall av en armatur medför stora olägenheter.

B14 . EKONOMI

- Kostnader för armaturer.
- Kostnader för armaturer inkl. armaturmontage.
- Totalkostnad inkl. ledningar och ledningsförläggning.
- Anläggningskostnad per år.
- Energikostnad per år.
- Lampkostnad per år.
- Underhållskostnad per år.
- Total årskostnad.
- Jämför olika alternativ. Beakta ev. kvalitativa fördelar och energibesparingar med ett dyrare alternativ.
- Undersök om vissa kostnader i det gynnsammaste alternativet ev. kan reduceras ytterligare.
- I årskostnaden för belysning måste i vissa fall en av belysningsanläggningen förorsakad merkostnad för ventilation medräknas.

C Planering av elvärme

- C1 RUMSUPPVÄRM-
NINGSANLÄGG-
NINGAR
- Värmebalansberäkningar utförs, ev. i samråd med sidokonsulter.
 - Typ av uppvärmning, ackumulerande resp. direktverkande studeras.
 - Takvärme studeras.
 - Golvvärme studeras.
 - Fönsterbröstningar dimensioneras för erhållande av max. utnyttjande av radiatorer.
 - Skall radiatorer styras med påbyggda eller separat placerade termostater?
 - Är termostatplaceringen riktig?
 - Skall grundvärme finnas?
 - Skall nattsänkning inprogrammeras?
 - Hur skall den centrala styrningen utformas?
 - Skall förreglingar med t.ex. öppna fönster utföras?
 - Vilka temperaturgradienter kan tillåtas?
 - Har rätt skyddsform valts?
 - Hur skall mätningen ske?
- C2 ELVÄRME-
PANNA
- Kan nattström utnyttjas?
 - Hur stor ackumulerande behållare kan härbärgeras?
 - Hur lång är uppvärmningstiden?
- C3 VARMVATTEN-
BEREDARE
- Hur många tappställen skall betjänas?
 - Vilka av dessa är duschar eller badkar?
 - Hur stor är tappvolymen per tidsenhet?
 - Hur lång uppvärmningstid kan förutsättas.

D Planering av motordrift

- D1 HISSAR
- Har kapacitetsberäkning gjorts?
 - Är lastkapaciteten den rätta?
 - Vilka är drifttiderna?
 - Kan samkörning ordnas?
 - Kan vissa hissar avstängas under lågtrafiktid?
- D2 STYR- OCH
REGLERANLÄGG-
NING
- Har rätt reglersystem valts?
Pneumatik-elektronik.
 - Är flödesscheman kontrollerade?
 - Drifttider kontrolleras med avseende på styrning av delar av fastigheten.
- D3 STYR- OCH
REGLERAN-
LÄGGNING
KRAFT FÖR VVS
- Är motorerna rätt dimensionerade?
 - Skall tvåhastighetsmotorer införas?
 - Skall steglös varvtalsreglering komma till utförande?
 - Har motorernas verkningsgrad tagits med i beräkningen?
 - Vilka effektfaktorer kan räknas med för de olika motortyperna?
 - Kan drifttider minskas för vissa motorer (Områden)?
 - Centraler förbereds för anslutning av mätutrustning och/eller driftövervakning.
 - För större objekt skall alltid driftövervakning planeras.
 - Skall drifttidmätare finnas?
 - Har motorskydden rätt område?
 - Har motorerna rätt skyddsform?
 - Är motorn dimensionerad för intermitterent drift? (där sådan drift förekommer)

E Uppföljning, kontroll och underhåll

- E1 UPPHANDLING - "Likvärdiga" produkter kontrolleras mot i beskrivningen upptagna.
- E2 KONTROLL, UPPFÖLJNING
- Besiktiga anläggningen efter någon månads drift.
 - Förefaller anläggningen att fungera tillfredsställande?
 - Gå igenom samtliga arbetsplatser och bedöm subjektivt ev. kompletterat med mätningar om belysningen verkar bra. Ge särskilt akt på ev. reflexbländning och dåliga kontrastförhållanden i arbetsobjektet.
 - Kontrollera belysningsstyrkan och luminansfördelningen på kritiska punkter.
 - Intervjua de anställda beträffande deras synpunkter på belysningen.
 - lämna förslag till de justeringar och kompletteringar som erfordras.
 - Går styrimpulser fram till berörda objekt?
 - Är termostater rätt placerade? (möbleringar kan ha gjort placeringen olämplig).
 - Är motorerna rätt belastade?
 - Kontrollera effektfaktorn.
 - Är motorskydden rätt inställda?
- E3 UNDERHÅLL
- Vem ansvarar för underhållet?
 - Vem utför underhållet?
 - Hur snart åtgärdas registrerade eller anmälda fel?
 - Rutiner som innebär besök i drift- rum, apparatrum måste uppläggas
Begynnande fel kan uppdragas lättare.
 - Rutiner för kontroll av styr- och reglerfunktioner skall uppläggas.
 - Drifttidsfunktioner kontrolleras och ändras i förhållande till ändrad verksamhet.
 - Finns driftsinstruktion för anläggningen.

BILAGA 2KORTFATTAD SAMMANSTÄLLNING AV VISSA DATORPROGRAM
INOM ELBRANSCHEN

I denna sammanställning har medtagits ett antal datorprogram som har direkt anknytning till elbranschen och övrig projektering. För varje program redovisas

- Innehavare
- Funktion
- Indata
- Resultat

För att få en överskådlig bild av de datorprogram som finns att tillgå på marknaden skulle det vara önskvärt att få fram ett enhetligt system som kortfattat redovisar funktion, indata och resultat. Denna sammanställning avser att vara ett exempel på hur sådana kortfattade redovisningar kan se ut. Sammanställningen bygger på en förfrågan som gjorts hos skilda företag.

DATORPROGRAM	BZ (Beräkning av medelbelysningsstyrka och bländtal) Byggeforskningens rapport R5:1973
Innehavare:	Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
Funktion:	Programmet beräknar medelbelysningsstyrka och bländtal enligt den s.k. BZ-metoden, som är tillämpbar för installationer med jämt fördelade armaturer.
Beräkningsgrunder:	För beräkningarna har man tagit fram den s.k. totalverkningsgraden, som redovisas i tabellform för varje armaturtyp av de flesta armaturfabrikanter. Beräkningsmetoden ger ett medelvärde av belysningsstyrkan i rummet varvid förutsätts att armaturerna är symmetriskt placerade samt med visst inbördes avstånd. Beräkningen av medelbelysningsstyrka och bländtal grundar sig på uppgifter från fabrikanter om armaturens BZ-klassificering.
Indata:	Två blankettyper förekommer. På den ena beskrivs rummets geometri och reflexionsfaktorer för tak, väggar och golv. På den andra blanketten redovisas armaturodata: åldringsfaktor, bibehållningsfaktor, reduktionsfaktor, ljusfördelning resp. ljusflöde samt armaturtyp. För ett visst rum kan upp till tio olika kombinationer av reflexionsfaktorer antas. Dessutom kan beräkningen upprepas för valfritt antal armaturtyper, vilket ger möjlighet att avgöra vilken som ger den från belysningsteknisk och ekonomisk synpunkt bästa lösningen.
Resultat:	Man får en utskrift av verkningsgradsfaktorer vid angivna reflexionsfaktorer och rumsindex samt tillhörande BZ-klass. För varje kombination av ytrefflexionsfaktorer redovisas medelbelysningsstyrka och bländtal för olika armaturplaceringar och synriktningar.

DATORPROGRAM

LUX, BZ-metoden. Beräkning av medelbelysningsstyrka och bländtal samt direkt belysningsstyrka enligt punktmetoden.

Innehavare:

DALAB Installationsberäkningar AB,
Solna

Funktion:

Programmet används för att beräkna medelbelysningsstyrkan, grundad på de tabeller över totalverkningsgraden som redovisas av armaturfabrikanter. Dessutom beräknas bländtalet för olika kombinationer av reflexionsfaktorer.

Helt separat kan belysningsstyrkan beräknas för ett antal valfria punkter (horisontella ytelement) i rummet. Ingen hänsyn tas då till de olika rumstornas reflexionsfaktorer.

Beräkningsmetodiken följer helt anvisningarna för den s.k. BZ-metoden.

Indata:

Fem typer av problemdatablanketter för ingångsdata förekommer.

Blankett typ 1: Här anges valfri rubriktext samt allmänna uppgifter om rum och armaturer.

Blankett typ 2: Om medelbelysningsstyrka eller bländtal skall beräknas, anges här önskade kombinationer av reflexionsfaktorer för tak, väggar och golv. Om punktbelysning skall beräknas anges här läget för de punkter där belysningsstyrkan skall beräknas.

Blankett typ 3: Om punktbelysning skall beräknas anges här koordinaterna för armaturernas placering i taket.

Blankett typ 4: Om medelbelysningsstyrka eller bländtal skall beräknas, anges här den verkningsgradstabell som armaturfabrikanten anger för varje armaturtyp. Om punktbelysning skall beräknas, anges de värden som avlästs ur diagram över ljusfördelningen som armaturfabrikanten anger för varje armatur.

Blankett typ 5: På detta blad, eller på annat rutat papper, kan armaturerna placering uppritas. Blanketten är endast avsedd att underlätta dokumentation samt ifyllande av blankett typ 2 och 3. Den behöver ej medfölja när de övriga blanketterna bearbetas.

Resultat:

Belysningsstyrkan i lux för varje önskad punkt beräknas för lysrörs axlar parallella med såväl långsida som kortsida. Därefter återges resultatet för beräkning av medelbelysningsstyrka och bländtal. Bländtalen beräknas för samtliga BZ-klasser under antagande av symmetrisk ljusfördelning. För BZ-klass 3, 4, 6, 7 och 8 återges även bländtalen för det fall ljusfördelningen bedöms osymmetriskt.

SAMMANFATTNING

Allmänt

Programmet är avsett för beräkning av belysningsstyrkor på ett horisontellt plan, som belyses av godtyckligt placerade och riktade armaturer med rotationssymmetriska ljusfördelningskurvor.

Programmet redovisar förutom resultat av beräkningen även alla problemdata.

Översikt av problemdata

Problemet geometri beskrivs i ett tredimensionellt koordinatsystem, i vilket horisontalplanet motsvaras av xy -planet.

Armaturernas placering ges i xyz -koordinater. Strålriktningen för varje armatur beskrivs genom att xyz -koordinater ges för godtycklig punkt längs centrumstrålen.

Varje ingående armaturtyp beskrivs med effektivt ljusflöde och ljusfördelningsvärden för var tionde grads vinkel mot centrumstrålen.

Begränsningar

Programmet tillåter maximalt 200 armaturer. Antalet olika armaturtyper i en anläggning är obegränsat.

Belysningsstyrkan kan beräknas i maximalt 100 punkter.

Endast den direkta belysningen beräknas. Eventuell reflexion i omgivande ytor bortses från.

DATORPROGRAM	ELDEBITERING
Innehavare:	Industridata AB
Funktion:	Programmet är utformat för prelimi- när debitering där uppskattad för- brukning kan erhållas på olika sätt. Flera tariffformer kan behandlas. Sys- temet tar hänsyn till rabatter, el- skatt, övriga avgifter etc.
	Mätarregistret med uppgifter om mätar- nummer, ab.nummer, inkopplingstidpunkt, mätartyp etc. kan användas för under- håll av mätarbetståndet.
Indata:	Mätaravläsningar. Abonnemangsdata.
Resultat:	Elräkning, debiteringspersonal, om- rådesstatistik, debiteringsprotokoll, betalningspåminnelser, avläsningslista, anläggningsregister, namn- och adress- register, mätarregister, försälj- ningsstatistik, saldobesked.

DATORPROGRAM B1021. FELSTRÖMMAR I ELEKTRISKA NÄT

Innehavare: Industridata AB

Funktion: För generella komplexa nät beräknas strömmar och spänningar vid trefasig symmetrisk och osymmetrisk kortslutning, trefasig osymmetrisk jordkortslutning, tvåfasig kortslutning och jordkortslutning samt enfasig jordkortslutning. Strömmar och spänningar erhålls för varje fas och uttrycks även i plus-, minus- och nollföljdskomponenter. Beräkningen kan utföras med beaktande av de spänningsförhållanden som råder vid en given belastningssituation.

Indata: Knutpunkts-, lednings-, transformator-, generator- och feltypsdata.

Resultat: Den vid feltillfället rådande ström- och spänningsfördelningen.

LATORPROGRAM B902. BELASTNINGSFÖRDELNINGAR I ELEKTRISKA
NÄT

Innehavare: Industridata AB

Funktion: För generella komplexa elektriska nät be-
räknas strömmar, spänningar, effekter,
förluster och marginalförluster vid be-
lastning. Programmet kan automatiskt reg-
lera spänningen med hjälp av reglerbara
transformatorer, generatorer och seriekonden-
satorer. Belastningar och produktioner
kan representeras av konstanta effekter
eller kvadratisk med spänningen varierande
effekter eller kombinationer av dessa.
Nätförlusterna redovisas för varje led-
ning och summeras dessutom i en eller flera
fritt valbara grupper.

Indata: Knutpunkts-, lednings-, transformator-
och generatordata.

Resultat: Den aktuella belastningsfördelningen i
nätet, dvs spänningar, fasvinklar, strömmar
samt aktiva och reaktiva effekter och för-
luster i nätets samtliga punkter och
ledning.

DATORPROGRAM

TROPT. BERÄKNING AV TRANSFORMATORS FÖRLUST OCH KAPITALKOSTNADER. TEMPERATURFÖRHÅLLANDEN MM

Innehavare

AB Skandinaviska Elverk

Funktion:

Utgående från dygns- och årsbelastningskurvor, kylningsförhållanden samt vissa transformatordata beräknas transformatorers temperaturstegring, livslängdsförbrukning, förlustkostnader, kapitalkostnader m.m. Livslängdsförbrukningen beräknas med hjälp av resultaten från temperaturberäkningen.

DATORPROGRAM

B 629. VÄRDERING AV REAKTIV KOMPENSERING
MED KONDENSATORBATTERIER

Innehavare:

Stockholms Elverk och Industridata AB.

Funktion:

Programmet värderar de vinster som erhålls i form av ökad överföringsförmåga och minskade förluster vid reaktiv kompensering av en radiell överföring som matar ett nät med ökande belastning.

Kompenseringen förutsätts ske med kondensatorbatterier. Beräkningen sker i stort sett genom att nuvärdet av de för ett givet antal är ackumulerande årskostnaderna först beräknas utan reaktiv kompensering. Därefter görs samma beräkning för olika grad av kompensering.

DATORPROGRAM

E:101. BERÄKNING AV BELYSNINGSSTYRKOR

Innehavare:

Allmänna Ingenjörbyrå AB

Funktion:

Programmet beräknar belysningsstyrkan i ett rutnät av punkter i en kvadrant av ett parallellplan under en armatur. Vidare beräknas den totala belysningsstyrkan i ett stort antal punkter med tillskott från ett stort antal armaturer av samma typ. Armaturerna måste ha parallella längdaxlar men kan i övrigt vara godtyckligt placerade.

Programmet använder sig av punktmetoden utan hänsyn tagen till reflexion i begränsningsytor.

Indata:

Indata ifylles på tre olika blanketter. Blankett A används för att beräkna belysningsstyrkan från en armatur för ett rutnät. Rutnätets geometriska värden, höjden mellan arbetsplan och armaturen, ljusvärdesmultiplikatorn och ljusfördelningskurvorna anges på blankett A.

Blankett B används för att ange antalet armaturer och beräkningspunkter samt deras placering i rummet. Blankett C kan användas för att rita ett område som beräknats enligt A.

Resultat

Man får en utskrift av belysningsstyrkorna (i lux) i en kvadrant här rörande från en armatur enligt blankett A, och totala belysningsstyrkan (i lux) från armaturerna i beräkningspunkterna. Värdet på ljusfördelningskurvorna anges för var femte grad, däremellen interpolerar programmet.

Antalet armaturer är begränsat till 96, men kan genom en ändring i programmet ökas.

Genom en ändring i programmet kan man få en mindre indatamängd i det fall man använder ett rutnät med konstanta steg för beräkningspunkterna.

Om flera armaturer är placerade i samma punkt (t.ex. två lysrör, där ett beräknats enl. blankett A, dvs dubbelt så stor ljusstyrka) anges punkten en gång för var armatur.

DATORPROGRAM SIGNAL. SPÄNNINGSFALL I GRENLEDNINGSNÄT
FÖR LIKSPÄNNING

Programmeringsspråk: FORTRAN IV

Innehavare: Wahlings Installationsutveckling AB

Funktion: Programmet beräknar spänningsfall i
varje enskild delsträcka i systemet
samt summerat spänningsfall till varje
förbrukningsobjekt. För varje ledsträcka
kan två alternativa ledningstyper anges.
Programmet ger en analys av spännings-
fallen i en anläggning vilket gör det
möjligt att välja acceptabla dimensioner.

Indata: Spänning, ledningstyp, antal parter,
partyp, delsträckornas längd och be-
lastning.

Resultat: Uttagen belastning, uttagen strömstyrka
i varje frampart vid matningspunkten.
Spänningsfall i varje delsträcka och
summerat spänningsfall från matnings-
punkten.

DATORPROGRAM

EA 100 BERÄKNING AV BELASTNINGSFÖRDELNING MELLAN TVÅ PARALLELLKOPPLADE TRANSFORMATORER

Programmeringsspråk: BASIC

Innehavare: Ångpanneföreningen

Indata: Transformatorns märkeffekt, kortslutningsspänning (e_k), belastningsförluster (P_b), omsättningskillnaden mellan transformatorerna, transformatorernas sammanlagda belastning, belastningens effektfaktor (största överförbara effekt vid viss effektfaktor fås om belastningen sätt = 0).

Vid parallellkopplade ledningar:

Driftspänning i kV max tillåten belastning i A, resistivitet i mm^2/m , längd i m, area i mm^2 , reaktans i H/m, för resp. ledning.

Resultat:

Programmet beräknas belastningsfördelningen mellan två parallellkopplade transformatorer med olika kortslutningsspänning och/eller omsättning, samt den största effekt som kan överföras utan att någon av transformatorerna blir överbelastad samt motsvarande beräkningar för parallellkopplade ledningar.

DATORPROGRAM EL 110 SPÄNNINGSFALLS- OCH ÅRSKOST-
NADSBERÄKNINGAR VID PLANERING AV EL-
DISTRIBUTIONSNÄT

Programmeringsspråk: BASIC

Innehavare: Ångpanneföreningen

Funktion: Kostnadsjämförelse mellan olika utbygg-
nadsalternativ. Jämförelsen sker på nu-
värden av alla årskostnader för hela
undersökningsperioden. Programmet be-
räknar sektionvis de procentuella
spänningsfallen, förlusterna och för-
lustkostnaderna, de senare summeras. Nu-
värden beräknas av förlust- och anlägg-
ningskostnader (kapitalårskostnader +
underhåll). Varje års beräknade inves-
tering anges.

Indata:

1. Spänning, antal år varefter ev.
spänningshöjning beräknas ske, för-
lustkostnad, diskonteringsränta, nor-
mal belastningsökning, effektfaktor,
ledningarnas normala bruksarbetstid
2. Gemensamma ledningsdata (spec. resis-
tans och reaktans, ledningskostnader,
proc. drift- och underhållskostnader)
för aktuella ledningstyper.
3. Nätdata (bl.a. ledningstyp, area, längd)
4. Belastningsdata för hela undersök-
ningsperioden.

Resultat:

1. Spänningsfall, förluster och diskon-
terade förlustkostnader årsvis.
2. Summa förluster och diskonterade för-
lustkostnader årsvis.
3. Summa anläggningskostnader årsvis
("investeringsplan").

DATORPROGRAM

EL 121x, EL 122x BERÄKNING AV KRAFT-
KOSTNAD OCH DESS VARIATION

Programmeringsspråk: BASIC

Innehavare: Ångpanneföreningen

Funktion:

Programmet avsöker varaktighetskurvan mellan $\tau = 600$ h/år och $\tau = 1500$ h/år och beräknar botten- och toppeffekt, botten- och toppenergi samt kraftkostnaden i kr/år och öre/kWh för punkter med mellanrummet 100 h/år. För det fall som ger lägsta kraftkostnaden specificeras kraftkostnadens olika komponenter.

För varje punkt beräknas ett högkraft-abonnemang så att uttagen toppeffekt är 80% av abonnerad toppeffekt.

Programmet (EL 122x) beräknar elkraftkostnadens variation och skillnaden mellan normaltariff och kombinerad tariff då effekt och energi varierar inom ett fastställt abonnemang.

Indata:

Programmet är färdigt för Vattenfalls och Sydkraft högspänningstariffer, för vilka datafilerna "TAXAVF" och "TAXASK" finns. Beräkningar med annan tariff kan göras genom att mata in tariffens data i datafil "TAXAN"

Aktuella varaktighetskurvor lagras i datafil "KURVO". De approximeras till räta linjer mellan punkter med mellanrummet 100 h/år. Övriga data efterfrågas av programmet i klartext.

DATORPROGRAM

EL 142 (+EL 144) BERÄKNING AV SPÄNNINGS-
FALL VID BELASTNING SAMT STRÖM VID
KORTSLUTNING MELLAN FAS OCH NOLLA I
RADIELLA LEDNINGAR

Programmeringsspråk: BASIC

Innehavare: Ångpanneföreningen

Funktion: Programmet möjliggör en någorlunda rea-
listisk bestämning av spänningsfallet i
en radiell ledning med flera belastnings-
uttag av varierande storlek och på olika
avstånd. Hänsyn tas till belastningar-
nas sammanlagring. Vid bestämning av to-
tala spänningsfallet tas också hänsyn till
den sammanlagring av max. spänningsfall,
som sker mellan resp. ledningssektioner.
I beräkningarna beaktas ledningsreaktanserna
och spänningsfallet i matande transfor-
mator. Kortslutningsströmmen beräknas
till näst sista sektionspunkt.

Indata:

Spänning i volt, effektfaktor, spec. för-
brukning per abonnent i kWh, transfor-
matorer: S i kVA, P_b i kW, V_k i %.

Ledningar: Typ, area, spec. resistans,
reaktans.

DATORPROGRAM	ELBEL ELEKTROTEKNIK, BELYSNING
Innehavare:	Ångpanneföreningen, Stockholm
Funktion:	Programmet beräknar erforderligt antal armaturer vid givet luxtal, rumsindex samt förhållandet mellan armaturernas inbördes avstånd och avståndet till det belysta arbetsplanet med utgångspunkt från armatur- och rumsdata.
Indata:	Indata ifylles på en enda typblankett för system Honeywell Bull. Identifikationstexterna utgörs av 1) ljusflöde i lumen/armatur, 2) reduktionsfaktor (ålder), 3) reduktionsfaktor (fortvarighets-tillstånd), 4) bibehållningsfaktor 5) därjämte rumsindex och totaltillverkningsgrad enligt tabell i armaturkatalog för en bestämd reflexionsfaktor i golv, väggar och tak.
Resultat:	Man får ut data i form av rubrik, rumsindex, antal armaturer samt förhållandet mellan armaturernas inbördes avstånd och avståndet till belyst arbetsplan. <u>Not:</u> Beräkningarna bryts om framräknat rumsindex ligger utanför indatatabellens gränser.

DATORPROGRAM EL 141x. BERÄKNING AV KAPITALISERADE FÖRLUSTKOSTNADER FÖR TRANSFORMATORER

Programmeringsspråk: BASIC

Innehavare: Ångpanneföreningen

Funktion: De årliga förlustkostnaderna och summan av de kapitaliserade förlustkostnaderna beräknas. Transformatorns belastning för önskat antal år matas in som årliga effektvärden eller i form av ett be-
gynnelsevärde med en procentsiffra för den årliga ökningen.

Indata: Transformatorns märkeffekt, tomgångs-
förluster och belastningsförluster vid fullast, belastningens effekt-
faktor, kalkylränta, belastningsför-
lusternas utnyttjningstid i timmar, för-
lusternas effekt- och energikostnad,
antal belastningsår samt belastningen för varje år eller den procentuella belastningsökningen.

Resultat: Summan av den kapitaliserade förlust-
kostnaden för alla år. För varje år redovisas transformatorbelastning, år-
lig förlustkostnad och summa diskonterad förlustkostnad.

DATORPROGRAM

EL08. PLANERING OCH DIMENSIONERING AV
ELEKTIRSKA DISTRIBUTIONSNÄT

Programmeringsspråk: FORTRAN

Innehavare: Ångpanneföreningen

Funktion: Dimensionerar optimalt (ekonomiskt)
elektriska distributionsnät.

Indata: Områdes- och bebyggelseareal, belastningsdata, kraftkostnader, tekniska och ekonomiska data för nätstationer, låg- och högspänningsnät samt geometriska randvillkor för nätets principiella utformning.

Resultat: Programmet kan lämna svar på följande frågeställningar: Nätets principiella utformning, dimensionering av kablar och storlek på nätstationer, samt kostnader under villkoret optimalt utförande (tekniskt och ekonomiskt). Kostnaden för en avvikelse från strikt ekonomisk dimensionering. Inverkan av ändrade krav på leveranssäkerhet och kvalitet på totalkostnader och nätutföranden. Inverkan av olika val av nätkomponenter på totalkostnader och nätutförande. Distributionsnätets marginalkostnader för dess elvärmebelastning.

BILAGA 3

EXEMPEL PÅ KÄNSLIGHETSANALYS

För en projekterad byggnad jämförs de årliga kostnaderna för en konventionell uppvärmningsanläggning med motsvarande kostnader för en värmepumpanläggning. Energibesparingarna med hjälp av värmepumpen uppskattas till 35%. Kostnadsanalysen visar under den förutsättningen att värmepumpalternativet ger en bättre ekonomi.

För att undersöka hur kostnadskalkylen ändras med ändrade förutsättningar görs en sammanställning av merkostnaderna för den konventionella anläggningen.

Anläggningskostnaden är lägre än för värmepumpanläggningen och får således ett negativt förtecken. Det samma gäller för energikostnaden under sommaren, eftersom värmepumpen även används för kylning. Underhållskostnaden är också större för värmepumpanläggningen.

De årliga merkostnaderna för den konventionella värme- och ventilationsanläggningen blir:

Energikostnad	-vinter 27.500:-
	-sommar -1.500:-
Effektkostnad	200:-
Energiskatt	5.600:-
Anläggningskostnad	- 3.000:-
Underhållskostnad	<u>- 3.000:-</u>
	25.800:-

Om vi nu antar att kostnaderna förändras med vissa procentsatser enligt nedan, kan vi ställa upp en enkel ekvation för att beräkna värmepumpsalternativets lönsamhet i olika lägen.

Merkostnaderna för anläggningen (K_{anl})	ändras med	0%
Energikostnaden (K_{energi})	" "	$100x_1\%$
Effektkostnaden (K_{eff})	" "	$100x_2\%$
Energiskatten (K_{skatt})	" "	$100x_3\%$
Underhållskostnaden (K_u)	" "	$100x_4\%$

Vi antar också att värmepumpens energibesparing inte blir den beräknade utan ändras med 100 y%

För att värmepumpen ska vara lönsam fordras att summan av merkostnaderna (M_k) för den konventionella anläggningen ska vara lika med eller större än noll.

$$M_k = K_{\text{anl.}} + K_{\text{energi}} + K_{\text{eff}} + K_{\text{skatt}} + K_u = 0$$

Merkostnaderna med förändringar blir då för

energin - vinter	27500	$(1+x_1)(1+y)$	kr
- sommar	- 1500	$(1+x_1)$	kr
effekten	200	$(1+x_2)$	kr
energiskatten	5600	$(1+x_3)(1+y)$	kr
anläggningen	- 3000		kr
underhållet	- 300	$(1+x_4)$	kr

Summa merkostnader per år (M_k) blir:

$$M_k = 27500(1+x_1)(1+y) - 1500(1+x_1) + 200(1+x_2) + 5600(1+x_3)(1+y) - 3000 - 300(1+x_4) \geq 0$$

Vi antar nu ytterligare att kostnaden för energi, skatt och effekt ändras lika mycket, d.v.s. $x_1 = x_2 = x_3$ samt att underhållskostnaden ökar med $x_4 = 20\%$.

Då kan vi beräkna hur mycket energibesparingen kan minska medan värmepumpsalternativet fortfarande är lönsamt, d.v.s. $M_k = 0$.

$$y = \frac{252 + 318x}{331(1+x)}$$

Vi ser att om värmepumpens energibesparing inte ändras d.v.s. $Y = 0$ måste energipriser sänkas med $(x = \frac{252}{318} = 0,79)$

79% för att värmepumpsanläggningen inte längre ska vara lönsammare än den konventionella anläggningen.

Ändringen av $x(\%)$ och motsvarande ändring av $y(\%)$

x	y	x	y
+20	-79,4	0	-76,1
+15	-78,7	- 1	-75,9
10	-77,9	- 2	-75,7
5	-77,1	- 5	-75,1
4	-76,9	-10	-73,9
3	-76,7	-15	-72,6
2	-76,5	-20	-71,1
1	-76,3	-79,2	0

Av detta framgår att om energipriser inte ändras så kan energibesparingen minska med 76,1% medan värmepumpen fortfarande är mest lönsam.

SAMMANFATTNING AV ENERGIHUSHÅLLNINGSGÅRDER

De åtgärder för lägre energiförbrukning som diskuterats tidigare, har sammanställts för de olika anläggningarna i tabellerna B4.1 - B4.7

TAB. B4.1 Energihushållningsåtgärder: Kraftförsörjningsanläggningar i byggnader

Anläggningsdel	Åtgärder
TRANSFORMATOR- OCH STÄLLVERKSANLÄGGNING	<ul style="list-style-type: none"> - Val av transformatorer med lägre förluster - Dimensionering med hänsyn till reservkapacitet - Ekonomisk drift vid parallella transformatorer - Sänkning av omgivningstemperatur - Förbättring av spänningsnivå och effektfaktor genom faskompensering - Styrning av maximalt uttagen effekt genom rundstyrningsutrustning och/eller spetsvakt - Optimal placering av transformator- och ställverksrum med hänsyn till övrig eldistributionsanläggning
HUVUDLEDNINGAR	<ul style="list-style-type: none"> - Begränsning av spänningsfall och förluster - Dimensionering av huvudlednings-system, m.a.p. sammanlagring m.m.
CENTRALER	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionering m.a.p. sammanlagring m.m. - Optimal placering
MÄTUTRUSTNINGAR	<ul style="list-style-type: none"> - Individuell mätning av elenergi-, varmvatten- och värmeförbrukning - Statistikmätning i olika delar av byggnaden (underlag för åtgärder)

TAB. B4.2 Energihushållningsåtgärder i belysningsanläggningar
i byggnader

Anläggningsdel	Åtgärder
INOMHUSBELYSNING	<ul style="list-style-type: none"> - Behovsanpassning av belysningen m.h.t. till varierande krav för olika arbetsuppgifter och lokal-funktion - Val av ljuskälla med högt ljusutbyte - Val av armatur med lämplig ljusfördelning och hög verkningsgrad - Utnyttjande av platsorienterad belysning - Zonindelning av belysningen med hänsyn till utnyttjande av dagsljus. Styrning med ljusrelä. - Regelbunden rengöring av fönsterglas - Anpassning av drift till beläggning av byggnaden - Tidsstyrning av belysning till verksamhetsart - Selektiv tändning av belysning för städningsändamål - Flexibelt tändningssystem i större lokaler. Ev. individuell tändning/släckning av varje armatur med dragströmställare i kontorslandskap, och liknande lokaler - Användning av reaktorer med låga effektförluster - Övergång till andra tändsystem i armaturer, t.ex. elektroniska tändare i stället för läckfäلتs-transformatorer för drift av natriumlampor - Regelbunden rengöring av armaturer och ljuskällor - Ordnade bytesrutiner för ljuskällor
UTOMHUSBELYSNING	<ul style="list-style-type: none"> - Användning av urladdningslampor med högt ljusutbyte - Användning av armaturer med lämplig ljusfördelning och hög verkningsgrad

TAB. B4.2 forts.

Anläggningsdel	Åtgärder
----------------	----------

- Övergång till ljuskällor med högre ljusutbyte och lägre effekt i befintliga vägbelysningsanläggningar t.ex. utbyte av 250 W kvicksilverlampa till 150 W högtrycksnatriumlampa
- Begränsning av belysningen vid t.ex. parkeringsplatser
- Automatisk släckning av belysningen under ljusa nätter.
- Regelbunden rengöring av armaturer

TAB. B4.3 Byggnadstekniska och luftbehandlingstekniska åtgärder för lägre energiförbrukning

Anläggningsdel	Åtgärder
BYGGNADSTEKNISKA ÅTGÄRDER	<ul style="list-style-type: none">- Installationstekniska åtgärder ersätts med byggnadstekniska åtgärder exempelvis eluppvärmda takrännor och stuprör ersätts av annat avvattningsystem.
VENTILATIONSSYSTEM	<ul style="list-style-type: none">- Behovsanpassning av ventilation genom tidsstyrning, forcering av ventilationsflöde, reducering av grundventilation eller allmän ventilation, punktutsugning av förorenad luft m.m.- Zonindelning av ventilationssystem med hänsyn till verksamhetsart.- Ingen befuktning av ventilationsluft.- Behovsuppvärmning av luft genom rumstermostater och eftervärmare (ev. samkörda med belysning)

TAB. B4.4 Energihushållningsåtgärder i elvärmesystem

Anläggningsdel	Åtgärder
ELEKTRISK RUMSUPPVÄRMNING	<ul style="list-style-type: none"> - Installation av värmepumpar - Installation av integrerade ljusvärme- och ventilationsanläggningar. - Installation av radiatortermostater med begränsning +20°C. - Utnyttjande av byggnadens värme-lagringsförmåga för utjämning av effektuttag genom periodisk avkoppling av elvärmelast - Zonindelning av värmesystem - Ekonomisk dimensionering - Val av utrustningar såsom radiatorer, elbatterier och elpannor med större antal effektsteg. - Värmeåtervinning - Sänkning av rumstemperatur i lokaler som inte används eller där det i övrigt är möjligt. - Värmeackumulering
ELEKTRISK VARMVATTENBEREDNING	<ul style="list-style-type: none"> - Ekonomisk dimensionering av storleken på beredaren. - Sänkning av vattentemperatur - Avkoppling under dagtid i syftet att utnyttja billigare nattaxa - Val av varmvattenberedare med flera effektsteg - Sänkning av börvärde dagtid inklusive ackumulering

TAB. B4.5 Energihushållningsåtgärder i hiss- och transportanläggningar

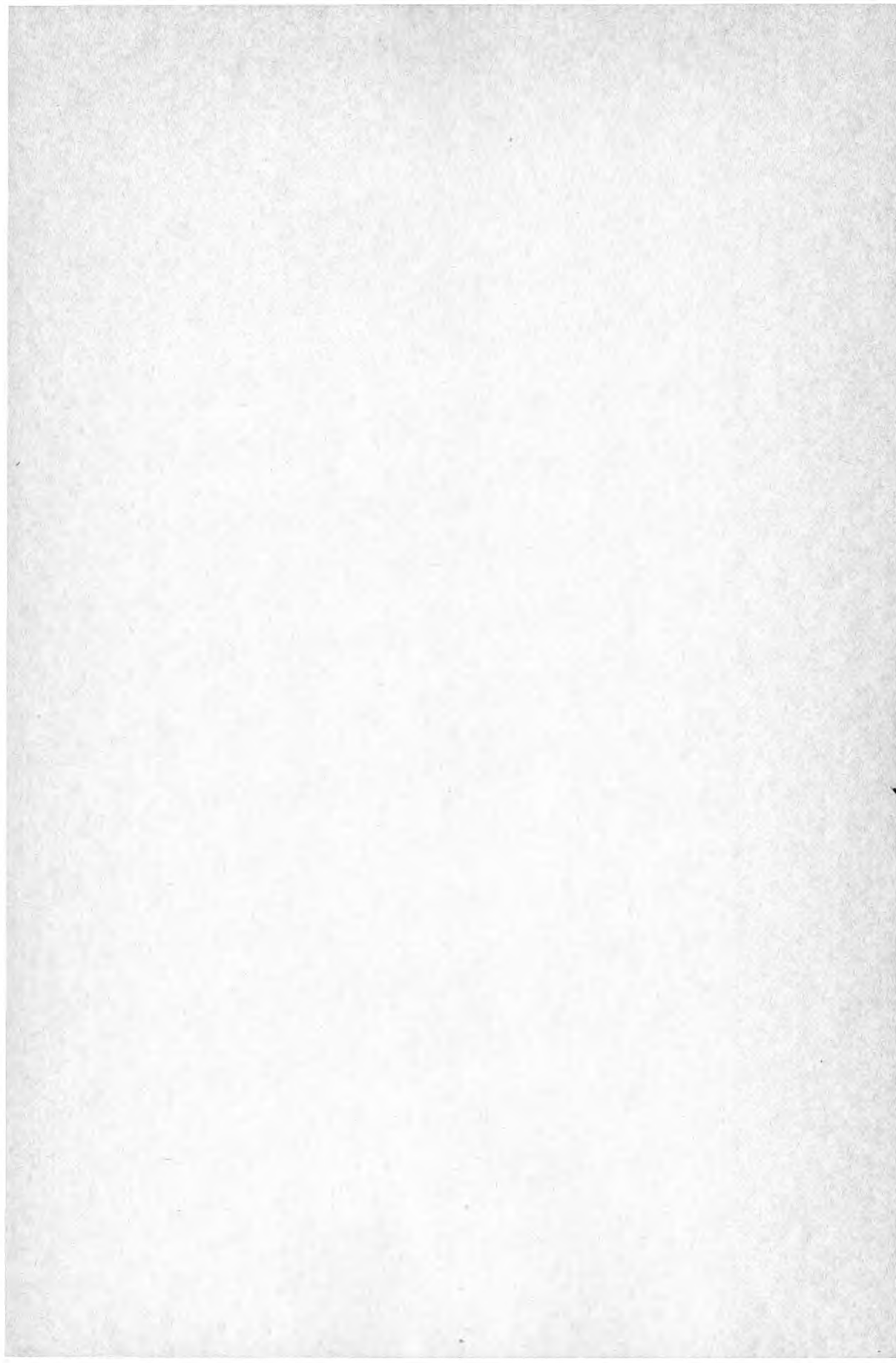
Anläggningsdel	Åtgärder
HISSANLÄGGNINGAR	<ul style="list-style-type: none">- Dimensionering med hänsyn till erforderlig transportkapacitet- Begränsning av effektuttag genom att hindra samtidig start av samtliga hissar- Avstängning av vissa hissar under icke högtrafikperioder- Sänkning av omgivningstemperatur i hissmaskinrum- Behovsanpassning av ventilation- Begränsning av närtransporter (d.v.s. mellan två närliggande plan, förbikoppling med nyckel)
TRANSPORTANLÄGGNINGAR	<ul style="list-style-type: none">- Automatisk avstängning då anläggningen ej tages i bruk

TAB. B4.6 Energihushållningsåtgärder i övriga elinstallationer

Anläggningsdel	Åtgärder
ALLMÄN OCH SPECIELL KRAFT	<ul style="list-style-type: none"> - Automatisk fränkoppling av automater och övriga ständigt inkopplade energiförbrukande elapparater efter normala arbetstiden.
KRAFT TILL KONVENTIONELLA VVS-ANLÄGGNINGAR	<ul style="list-style-type: none"> - Avstängning av fläktar efter normal arbetstid - Optimal dimensionering - Varvtalsreglering av fläktmotorer - Användning av tvåhastighetsmotorer - Installation av fler mindre pumpar för drifttider (delar av dygn, vecka eller år) då värme- och kylbehovet är mindre - Övergång från 3-vägs till 2-vägs variabelt flöde för att minska bl.a. pumpeffekt - Kontroll av större fläktars verkningsgrad genom mätning av varvtal, tryckuppsättning samt motoreffekt - Körning av tilluftsfläktar på natten för att kyla ned huset och därmed minska kylbehovet sommartid - Dimensionering av fläkt- och pumpmotorer med hänsyn till belastning och driftart
INSTALLATIONSLEDNINGAR	<ul style="list-style-type: none"> - Ekonomisk dimensionering och förläggning av gruppledningar
VÄGGAPPARATER	<ul style="list-style-type: none"> - Ersättande av strömställare för bl.a. belysningsanläggning med centralt styrda tidur - Behovsanpassning av väggapparater till verksamheten

TAB. B4.7 Åtgärder i styr- och reglersystem för lägre energibesparing

Anläggningsdel	Åtgärd
ELDISTRIBUTION	<ul style="list-style-type: none"> - Automatisk bortkoppling av vissa belastningar för effektutjämnning - Ekonomisk drift av parallella transformatorer
BELYSNING	<ul style="list-style-type: none"> - Central tidurstyrning av utvalda delar av inomhusbelysning - Automatisk släckning av belysningsarmaturer. Uppdelning i zoner med tillräckligt dagsljus och utan dagsljus. - Tidurstyrning av korridorbelysning. - Automatisk släckning av ytterbelysning under ljusa perioder exv. med uppdelning 1/3-2/3-3/3. - Automatisk släckning av delar av gatubelysning under lågtrafikperioder nattetid
UPPVÄRMNING OCH VENTILATION	<ul style="list-style-type: none"> - Upprustning av reglerautomatik - Periodisk fränkoppling av elvärmeanläggning för att utnyttja byggnadens värmekapacitet - Installation av utrustning för styrning av drifttider - Snålare reglering genom val av exempelvis termistorstyrda elektroniska reglersystem, central minidator m.m.
HISS- OCH TRANSPORTANLÄGGNINGAR	<ul style="list-style-type: none"> - Automatisk avstängning av utvalda hissar under perioder med lågtrafik - Sänkning av hisshastighet under tid med högt effektuttag för installationer





Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750567-9 från
Statens råd för byggnadsforskning till Hans Hedlund & Co AB,
Stockholm

R80: 1977

ISBN 91-540-2774-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600680
Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60

Cirka pris: 39 kr exkl moms