



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Elforbrug i serverrum

Pilotprojekt



Elsparefonden
Teknologisk Institut
Jan Viegand Analyse & Information

Elforbrug i serverrum

Pilotprojekt

Søren Østergaard Jensen
Center for Energi i bygninger
Teknologisk Institut

Claus Schön Poulsen
Center for Køle- og Varmepumpeteknik
Teknologisk Institut

Poul Tøttrup
Center for Informatik
Teknologisk Institut

Jan Viegand
Jan Viegand Analyse & Information

Nadeem Niwaz
Elsparefonden

Juni 2004

Forord

Nærværende rapport er resultatet af et pilotprojekt vedr. elforbrug i serverrum finansieret af Elsparefonden og gennemført i perioden juni 2003-maj 2004.

Deltagere i projektet:

Søren Østergaard Jensen, Teknologisk Institut, Energi i Bygninger
Claus Schøn Poulsen, Teknologisk Institut, Køle- og Varmepumpeteknik
Poul Tøttrup, Teknologisk Institut, Informatik

Nadeem Niwaz, Elsparefonden
Jan Viegand, Jan Viegand Analyse & Information

Der rettes en tak til de personer, som har afset tid til interview og fremvisning af serverrum fra:

Bergsøe 4
Center for Informatik, Skov- og Naturstyrelsen
Forbrugerstyrelsen
Frederikshavn Kommune
Kolding Kommune
Rambøll Informatik
Rigsrevisionen
RISØ
Statens og Kommunernes Indkøbsservice
TDC Services

Elforbrug i serverrum - pilotprojekt
1. udgave, 1. oplag, 2004
© Teknologisk Institut
Industri og Energi

ISBN: 87-7756-730-7
ISSN: 1600-3780

Indholdsfortegnelse

	Resume	3
1	Indledning	6
2.	Målinger	8
3.	Organisationsanalyse	13
3.1.	Sammenfatning af svar	13
3.1.1.	Ansvarlige i organisationen	13
3.1.2.	Brug af eksterne rådgivere	13
3.1.3.	Krav til serverrummet og udstyr	13
3.1.4.	Barrierer mod elbesparelser generelt	14
3.1.5.	Interesse i og barrierer mod frikøling	15
3.1.6.	Kommunikationsformer overfor målgruppen	16
3.2.	Forslag til informations- og rådgivningsaktiviteter	17
3.2.1.	Mål, budskab og målgrupper	17
4.	Inspektion af de 10 serverrum	21
4.1.	Placering og indretning af serverrum	21
4.1.1.	Metoder til fremføring af kold luft	21
4.1.2.	Gennemgang af de 10 serverrum	26
4.1.3.	Betydningen af dårlig indretning	33
4.1.4.	Sammenfatning	34
4.2.	Besparelser i it-installationer i serverrum	35
4.2.1.	Målinger	35
4.2.2.	Besparelsemuligheder	36
4.2.3.	Gennemførte serverrumseftersyn	40
4.2.4.	Besparelspotentiale	42
4.2.5.	Strømforsyninger	43
4.3.	Køling af serverrum	45
4.3.1.	Besparelsemuligheder	46
4.3.2.	Gennemførte serverrumseftersyn	47
4.3.3.	Kommentarer til de gennemførte eftersyn	50
5.	Referencer	56
Bilag	Rapporter fra inspektion og interview i forbindelse med serverrum hos:	57
	Bergsøe 4	
	Center for Informatik, Skov- og Naturstyrelsen	
	Forbrugerstyrelsen	
	Frederikshavn Kommune	
	Kolding Kommune	
	Rambøll Informatik	
	Rigsrevisionen	
	RISØ	
	Statens og Kommunernes Indkøbsservice	
	TDC Services	

Resume

Elsparefonden igangsatte i foråret 2003 et forprojekt (Jensen et al, 2003) vedr. elforbrug i serverrum.

I forprojektet blev det vurderet, at elforbruget i danske serverrum er i størrelsesordenen 200 GWh/år, samt at mellem en tredjedel og halvdelen af dette elforbrug kan spares.

Forprojektet viste dog også, at der ikke eksisterer meget viden om elforbruget i danske serverrum. Det er kun yderst få steder serverrummets elforbrug bliver målt, hvilket gør det vanskeligt at vurdere de reelle besparelsesmuligheder.

Formålet med nærværende pilot-projekt var derfor at skaffe detaljeret viden om elforbrug og besparelsesmuligheder i 10 udvalgte serverrum. Serverrummene er blevet udstyret med bimålere for registrering af elforbruget i serverrummet – servere, diske, netværk, andet elforbrugende udstyr, mm. – samt køleanlæggets elforbrug. Desuden er der installeret temperaturfølere til registrering af lufttemperaturen til serverne og til køleanlæggets fordamper(e) og kondensator(e).

De udvalgte serverrum er meget forskellige, hvilket har været et bevidst valg. Det samlede årlige elforbrug i serverrummene spænder således fra 11,6 MWh til 5,5 GWh. Der deltager både store og små offentlige og private serverrum samt meget servertunge og ikke så servertunge serverrum.

Målingerne viser, at elforbruget til køling i serverrum udgør mellem 20 og 44 % af det samlede elforbrug i serverrummene. Uvedkommende elforbrug i serverrummene udgør mellem 0 og 29 % af det samlede elforbrug. Det årlige elforbrug til servere og relateret udstyr udgør mellem 54 og 434 kWh pr. bruger. Lufttemperaturen til serverne ligger mellem 11,5 og 24,4°C.

I det følgende opsummeres de fundne muligheder for besparelser i de undersøgte serverrum.

Besparelser i it-installationer

Serverne bliver typisk belastet ujævnt over døgnet. Det er derfor nærliggende at slukke udstyr, når der ikke er brug for det. Weekend-nedlukning er f.eks. for Frederikshavn Kommune beregnet til at give en besparelse på op til 29 %. Men generelt er der modstand imod at slukke og tænde for servere. Det skyldes en erfaring om, at udstyret bliver stresset ved at blive slukket og tændt og dermed kan få forkortet sin levetid samt at roterende komponenter, som diske og blæsere, kan have problemer med at komme i gang efter en afbrydelse i driften.

En anden mulighed som så småt har været i gang i de senere år i store serverrum, men endnu ikke nået de mindre serverrum, er serverkonsolidering. Ved serverkonsolidering samles flere "virtuelle" servere på få fysiske servere. Herved reduceres antallet af nødvendige servere og dermed elforbruget til afvikling af applikationer. Samtidigt samles diskkapaciteten i såkaldte SAN (Storage Area Network) hvor serverne deles om den samlede diskkapacitet, hvorved det nødvendige antal diske kan reduceres. I de undersøgte serverrum vurderes det, at serverkonsolidering i de fleste tilfælde kan lede til en reduktion i elforbruget til servere på mellem 20 og 35 %.

I en parallel undersøgelse (Jensen og Molnit, 2004) blev det konkluderet, at mange strømfor- syninger til pc'er har en effektivitet på 50 % eller mindre i det normale arbejdsområde for pc'erne. Der er ikke lavet tilsvarende undersøgelser for strømfor- syninger til servere, men det vurderes, at konklusionerne kan overføres til serverområdet. Det er dog i dag ikke muligt at vælge servere ud fra effektiviteten af strømfor- syningen, da det ikke er oplysninger forhandle- ren ligger inde med. Der bør derfor sættes arbejde i gang for at gøre strømfor- syningernes ef- fektivitet til en konkurrenceparameter i fremtidige servere.

Besparelser i kølingen af serverrum

Kølingen udgør omkring 30 % af det samlede elforbrug i serverrum. I ét serverrum udgjorde kølingen mere end 40 % af elforbruget, mens det i et andet udgjorde lidt over 20 %.

Formålet med kølingen er at holde temperaturen på vitale dele af it-udstyret nede, så de ikke går ned eller levetiden forringes. Men det er ikke lige meget, hvordan der køles. Indretning af serverrum, anvendelse af frikøling samt køleanlæggets effektivitet har stor indflydelse på, hvor dyrt det er at køle et serverrum.

Reduktion af varmebelastningen i et serverrum – dvs. reduktion i elforbruget til it-udstyr i serverrum - leder til en reduktion i elforbruget til køling på 0,25-0,67 kWh for hver sparet kWh i varmebelastning - afhængig af, hvor effektiv kølingen er i rummet.

Frikøling med udeluft kan i mange tilfælde mere end halvere elforbruget til køling.

Dårlig indretning af serverrummene – hvordan den kolde luft ledes til de vitale dele af it-udstyret – betyder typisk en forøgelse af elforbruget til køling på mellem 10 og 50 % og i nogle tilfælde mere.

Forøgelse af lufttemperaturen til serverne betyder typisk en reduktion i elforbruget til køling på 1-3 % pr. grad.

For et af de undersøgte serverrum er der beregnet en potentiel reduktion af elforbruget til kø- ling på 91 % ved anvendelse af frikøling samt reduktion af varmebelastningen i serverrummet med en tredjedel.

Organisationsanalyse

Som en del af pilot-projektet er gennemført en organisationsanalyse for at vurdere barrierer mod elbesparelser og muligheder for at reducere dem.

Holdningen er generel positiv over for elbesparelser hos serverrumsværterne. Specifikt for frikøling er seks ud af ni serverrumsværter overvejende positive og mener, at frikøling er en reel mulighed, som bør undersøges nærmere.

Generelt er der dog en række barrierer mod elbesparende foranstaltninger, hvor disse er de største:

- Frygt for negative konsekvenser for driftssikkerheden
- Margen til kritisk serverrumstemperatur ønskes ikke reduceres
- Modvilje mod at skifte it-udstyrsmærke og leverandør
- Ingen mulighed for at slukke for it-udstyr
- Begrænsede fysiske muligheder i eksisterende kontorbygninger

- Usikkerhed om fremtidig udvikling af behovet for serverrumsydelser
- Tilstrækkelig viden og erfaring hos kølefirmaerne
- Manglende elmålere og manglende viden om elforbruget
- Tilstrækkeligt budget og især for investeringer i køleanlæg

I rapporten foreslås en række informations- og rådgivningsaktiviteter, som skal medvirke til at reducere barriererne. Der er fire vigtige hoved-målgrupper for informationen og rådgivningen:

- Ledelsen af organisationen på flere niveauer
- Teknikerne (it-chef og it-, bygnings-, installations- og energiansvarlige)
- Kølebranchen (kølefirmaer, leverandører, køle-organisationer)
- Edb-branchen (server-leverandører, rådgivere)

Budskabet skal blandt andet være:

- Det er muligt at spare strøm uden at reducere driftssikkerheden.
- Elforbruget skal kendes, og elmålere skal sættes op, hvis det ikke allerede er sket.
- Det kan ofte betale sig at bruge flere penge på køleanlæg og serverrumsindretning, hvis man kigger på TCO (Total Costs of Ownership).
- Køletemperaturen kan hæves uden at formindske marginen til kritisk serverrumstemperatur, hvis kølingen og luftstrømmene forbedres.
- Leverandører af it-udstyr og køleanlæg bør spørges om elforbrug, og krav om energieffektivt udstyr bør stilles.

Kommunikationen skal være så konkret som mulig med angivelse af realistiske spareforslag for forskellige størrelser anlæg og gerne med omkostninger og forventede besparelser. Til dette kunne Elsparefonden opsamle erfaringer fra gennemførte projekter med typiske besparelsesforanstaltninger, som kan være dels demonstrationsprojekter under Elsparefonden, dels projekter gennemført af serverrummene uafhængigt af Elsparefonden.

1. Indledning

Elsparefonden igangsatte i foråret 2003 et forprojekt vedr. elforbrug i serverrum ud fra en mistanke om store elforbrug men også store besparelsesmuligheder i serverrum. Forprojektet (Jensen et al, 2003) viste, at der ikke eksisterer meget viden om elforbruget i danske serverrum. Det er kun yderst få steder, serverrummets elforbrug bliver målt, hvilket gør det vanskeligt at vurdere de reelle besparelsesmuligheder.

I forprojektet blev flere serverrum besøgt: Center for Informatik (Skov- og Naturstyrelsen), Elsparefonden, Forbrugerstyrelsen, Kolding Kommune og Miljødepartementet/-styrelsen. Der blev udviklet en edb-model til bestemmelse af elforbruget til køling i serverrum. Der blev gennemført interview med de store edb-leverandører i Danmark. På baggrund af dette og sammen med schweiziske undersøgelser blev det årlige elforbrug i danske serverrum vurderet til at være 150-225 GWh med et besparelsespotentiale på 75 GWh eller 30-50%.

Forprojektet konkluderede dog også, at der i dag ikke er tilstrækkelig med viden til at fastlægge elforbrug og besparelsespotentialet i danske serverrum.

Derfor igangsatte Elsparefonden i sommeren 2003 et pilotprojekt med det formål nærmere at fastlægge elforbrug og besparelsespotentialet i 10 udvalgte serverrum. I disse serverrum er der blevet opsat bi-målere (elmålere) samt temperaturfølere, som er blevet forbundet til dataloggere, der automatisk sender opsamlede kvarterværdier til en central server. Bi-målerne har registreret elforbruget til servere og andet udstyr i serverrummet samt køleanlæggets elforbrug. Temperaturfølerne har registreret lufttemperaturen til serverne samt til køleanlæggets fordampere og kondensator. Det sidste har været anvendt i kølemodellen udviklet i forprojektet til at beregne besparelsespotentialet ved forskellige tiltag.

Serverrummene er blevet udvalgt således, at de dækker et stort spektrum hvad angår størrelse, anvendelse, indretning, ejerskab, m.m. De 10 serverrum er:

Bergsø 4: lille serverrum hos et privat reklamebureau
CFI (Center for Informatik), Skov- og Naturstyrelsen: større statsligt serverrum
Frederikshavn Kommune: mindre kommunalt serverrum
Forbrugerstyrelsen: mindre statsligt serverrum
Kolding Kommune: større kommunalt serverrum
Rambøll Informatik: større kommercielt serverrum som drives for en privat kunde
Rigsrevisionen: større statsligt serverrum
RISØ: større serverrum hos forskningsinstitution
Statens og Kommunernes Indkøbsservice - SKI: lille "privat" serverrum
TDC: stort privat serverrum

Serverrummene er blevet besøgt af flere omgange: først en indledende inspektion for at fastlægge om serverrummene kunne bruges i pilotprojektet. Derefter et par besøg i forbindelse med opsætningen af måleudstyret for at sikre, at der blev målt som foreskrevet. Sidst en detaljeret inspektion gennemført af en it- og køleekspert samt et interview vedr. indkøbsstrategi i forbindelse med serverrummene.

For hvert serverrum er der udarbejdet fire rapporter/arbejdsdokumenter: én fra den indledende inspektion med basisbeskrivelse af serverrummet, én fra it-ekspertens detaljerede inspektion, én fra køle-ekspertens detaljerede inspektion og én fra interviewet vedr. indkøbsstrategier.

Disse arbejdsdokumenter er vedlagt som bilag til denne rapport. Nærværende rapport er et sammenkog af de fire arbejdsdokumenter for de 10 serverrum.

Arbejdsdokumenterne for de 10 serverrum er meget uens, hvilket skyldes, at de har været anvendt til gradvis at udvikle behandlingen og inspektionerne af serverrummene. I bilagene og i det følgende er de 10 serverrum behandlet i alfabetisk rækkefølge. Men hvis man læser arbejdsdokumenterne i kronologisk rækkefølge, kan man få en forståelse af, hvordan processen er forløbet, da dokumenterne ikke efterfølgende er blevet redigeret. Den kronologiske rækkefølge for it- og køleinspektionerne er: Bergsøe 4, Statens og Kommunernes Indkøbsservice, Forbrugerstyrelsen, Rigsrevisionen, Frederikshavns Kommune, CFI, Rambøll Informatik, RISØ, TDC og Kolding Kommune (ikke gennemført endnu).

Formålet med målinger og inspektion af de 10 serverrum i pilotprojektet var ikke blot at skaffe detaljeret viden om elforbrug og besparelsesmuligheder i disse 10 serverrummet. Formålet var også at starte en proces, som efterhånden vil føre til en meget bred viden om elforbrug og besparelsesmuligheder i danske serverrum.

Nærværende rapport sammenfatter erfaringerne fra målingerne og inspektionerne i de 10 udvalgte serverrum.

2. Målinger

Det er svært/umuligt at spare elektricitet, hvis ikke det aktuelle elforbrug er kendt. Det er en af de (set i bakspejlet) indlysende konklusioner, Elsparefonden gennem de senere år er kommet frem til. Derfor har Elsparefonden sat flere initiativer i gang for at synliggøre elforbrug i forskellige sammenhænge. Herunder nærværende pilotprojekt, hvor der gennemføres detaljeret måling af elforbruget i 10 serverrum.

Målingerne gennemføres ved hjælp af dataloggere fra det danske firma KeepFocus, der har udviklet dataloggere, som kan logge på pulser fra 4 bi-(el)måler, samt har mulighed for tilslutning af tre PT1000 temperaturfølere.

Samtlige el-grupper i de 10 serverrum har fået installeret en bi-måler for registrering af elforbruget i serverrummet samt elforbruget for køleanlægget. Dataloggerne har logget elforbrug for hvert kvarter og dagligt sendt de opsamlede målinger til en central server. Måleresultater for udvalgte perioder er vist detaljeret i bilaget.

I forbindelse med serverrum er det af interesse at fastlægge det årlige elforbrug, da det danner baggrund for den årlige eludgift. Elforbruget til køleanlægget er afhængig af udelufttemperaturen, derfor er målinger over en kortere periode ikke nødvendigvis repræsentativ for det årlige elforbrug til køling i de 10 serverrum. Måleperioderne, der danner baggrund for rapporten, er vist i tabel 2.1 sammen med middel udelufttemperaturen i disse perioder.

Derfor er der også målt lufttemperaturer til køleanlæggenes fordampere og kondensatorer. På baggrund af disse temperaturer samt afsat varme i serverrummene og elforbrug til køleanlæg, er edb-modellen for køleanlæg i serverrum fra forprojektet (Jensen et al, 2003) blevet kalibreret til at give samme elforbrug til køling i de korte perioder, der danner baggrund for evalueringen af køleanlæggenes i de 10 serverrum i pilot-projektet. Efter kalibreringen er det årlige elforbrug til køling beregnet ved anvendelse af udelufttemperaturen fra det Danske Referencår (TRY (SBI,1982)) samt under en antagelse af, at det målte elforbrug i serverrummet er konstant.

Tabel 2.2 viser det overordnede resultat af målingerne i de 10 serverrum. Der er endnu ikke gennemført målinger hos Kolding Kommune (er igangsat). TDC's serverrum er meget store. Detaljerede temperaturmålinger er derfor ikke gennemført her. Elmålerne, der måler elforbruget til serverrummene, måler også elforbrug til andre formål. Køleanlægget dækker også køling i teknikrum samt komfortkøling om sommeren – se den detaljerede beskrivelse vedr. TDC i bilaget. På grund af frikølingen hos CFI, har det endnu ikke været muligt at bestemme det årlige elforbrug til køling.

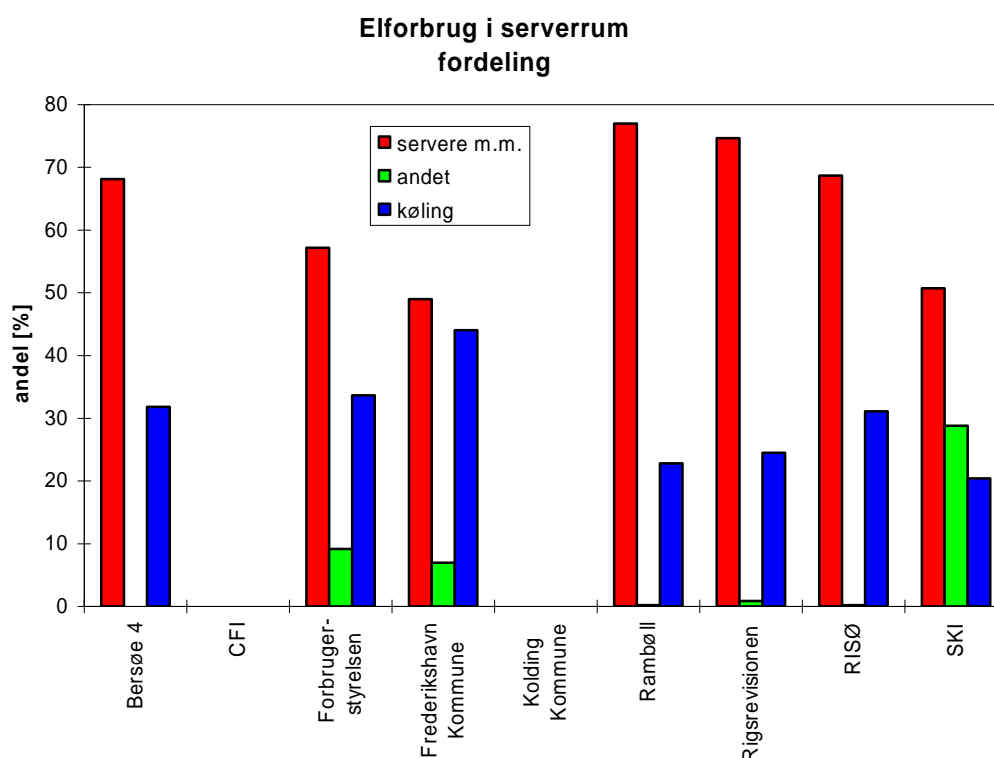
Som det ses, er der stor forskel på det samlede årlige elforbrug i serverrummene – fra 11,6 til 536 MWh (TDC omkring 5.500 MWh). Også brugere og applikationer, der afvikles i de forskellige serverrum, er meget forskellige. Figur 2.1 viser fordelingen mellem elforbruget til servere, m.m, andet elforbrugende udstyr (f.eks. telefonanlæg og lys) og køling. I nogle serverrum er der installeret en del andet ofte uvedkommende udstyr, der forøger kølebehovet. Tabel 2.2 og figur 2.1 viser samtidigt, at der er stor forskel i køleeffektiviteten – mellem 1,3 og 4,6.

Lufttemperaturen til køleanlæggets fordampere ligger i intervallet 19,6 - 25,7°C, mens lufttemperaturen til serverne ligger mellem 11,5 - 22,3°C, hvor luften kommer op gennem rack'ne, og 21,5 – 24,4°C gennem siden til rack'ne.

Serverrum	Måleperiode*	Middel udelufttemperatur °C
Bergsøe 4	18/12-03 – 11/1/1-04	6,7
CFI	21/1-04 – 13/3-04	4,1
Forbrugerstyrelsen	13/1-04 – 17/1-04	5,9
Frederikshavn Kommune	5/2-04 – 11/2-04	2,7
Rambøll Informatik	27/2-04 – 15/3-04	7,5
Rigsrevisionen	18/12-03 – 18/1-04	5,1
RISØ	27/2-04 – 19/3-04	4,2
SKI	18/12-03 – 12/1-04	2,9

Tabel 2.1. Måleperioden i de 8 serverrum hvor målingerne er gennemført samt middel udelufttemperaturen i samme perioder. Målingerne i serverrummene fortsattes ud over ovennævnte perioder. Målet er løbende at vise målingerne på en offentlig hjemmeside.

*måleperioden der ligger til grund for konklusionerne i rapporten



Figur 2.2. Fordelingen af elforbruget i de 10 serverrum.

Tabel 2.3 viser antallet af brugere og elforbrug til servere pr. bruger i 8 af serverrummene (antal brugere af serverrummene hos Rambøll Informatik og TDC er ikke oplyst). Det samme er vist grafisk i figur 2.2 sammen med en regressionslinie dannet på baggrund af tallene. I figur 2.2 er også vist et rødt punkt for Rigsrevisionen. Der er her målt på ét serverrum, mens et redundant serverrum er under opbygning. Det røde punkt angiver det dobbelte elforbrug i forhold til målingerne på det ene serverrum.

Serverrum	Beregnet/målt elforbrug				Fordeling af elforbrug			Køleeffektivitet*	Lufttemperaturer			Bemærkninger
	servere og relateret it-udstyr	andet	køling	i alt	servere	andet	køling		til fordamper	til kondensator	til servere**	
	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	%	%	%		°C	°C	°C	
Bergsøe 4	7907	0	3695	11602	51.1	17.1	31.8	2.2	22.1	6.7	23.2	-
CFI	364000	578	-	-	-	-	-	4.6	24.4	14.0	11.5	Elforbrug til køling kan ikke beregnes. Temp. serverer: op gennem gulv
Forbrugerstyrelsen	44378	7113	26143	77634	57.2	9.1	33.7	1.95	23.1	5.9	22.5	Temp i serverrum ikke målt. Værdi taget fra indledende målinger
Frederikshavn Kommune	54268	7716	48825	110809	49.0	6.9	44.1	1.3	19.8	28.0	24.4	-
Kolding Kommune												Målinger endnu ikke gennemført
Rambøll Informatik	194285	499	57524	252308	77.0	0.2	22.8	3.3	25.7	7.5	24	Effektivitet for UPS skønnet til 90%
Rigsrevisionen	80645	916	26456	108017	74.7	0.8	24.5	3	19.9	5.1	22.3	Temp. serverer: op gennem gulv
RISØ	368612	1000	166810	536422	68.7	0.2	31.1	2.44	20	4.2	21.5	Elforbrug til andet er skønnet
SKI	9242	5256	3726	18224	50.7	28.8	20.5	4.1	19.6	2.9	16.8	Fordelingen mellem elforbrug til servere og andet er skønnet
TDC												Detaljerede målinger ikke gennemført – se bilag

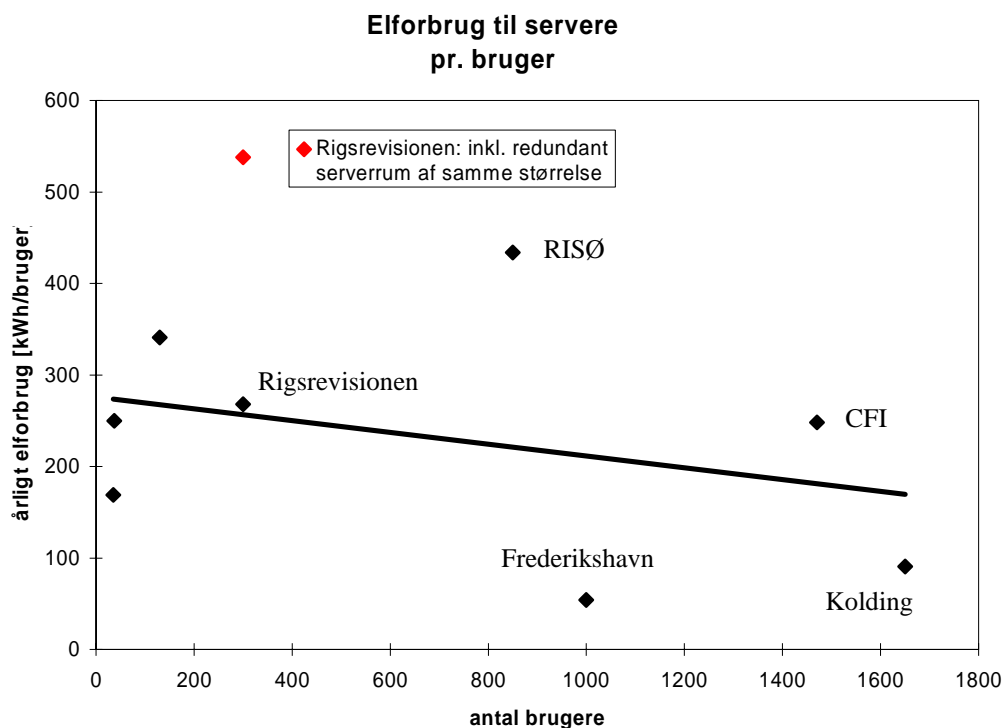
Tabel 2.2. Overordnet resultat af målingerne i de 10 serverrum.

* Den samlede køleeffektivitet for serverrummet i måleperioden

** Lufttemperaturen til serverne er svær at måle, da den varierer meget i rummene. For Bergsøe 4, Forbrugerstyrelsen, Frederikshavn, Kolding, Rambøll, RISØ og SKI er der målt en rumtemperatur, mens den målte temperatur hos CFI og Rigsrevisionen er lufttemperaturen op gennem gulvet under rackene

Serverrum	Antal brugere	Elforbrug pr. bruger* kWh/år
Bergsøe 4	35	169
CFI	1470	248
Forbrugerstyrelsen	130	341
Frederikshavn Kommune	1000	54
Kolding Kommune**	1650	90.9
Rigsrevisionen	300	268
RISØ	850	434
SKI	37	250

Tabel 2.3. Elforbrug til servere samt andet relateret it-udstyr pr. bruger. Rambøll Informatik og TDC er ikke medtaget, da antallet af brugere ikke kendes.
 *anden kolonne i tabel 2.2 divideret med anden kolonne i tabel 2.3.
 **tallene er fra forprojektet (Jensen et al, 2003).



Figur 2.2. Grafisk afbildning af tallene i tabel 2.3.

Det giver ikke meget mening at lave en regressionsline for så få data. At det alligevel er gjort er for at vise, at der er en tendens til lavere elforbrug til servere jo flere brugere, der er koblet til serverrummet.

Figur 2.2 viser, at specielt RISØ, men også CFI, er servertunge, hvilket ikke kommer som nogen overraskelse, mens de to kommuner - specielt Frederikshavn Kommune ikke er servertunge. Kolding Kommune er mere servertung end Frederikshavns Kommune, hvilket skyldes, at Kolding Kommune har lagt om fra individuelle pc'er til medarbejderne til terminaler udelukkende koblet op på serverne. Figur 2.2 viser derfor, at et nøgletal, der hedder elforbrug til

servere pr. bruger, kun kan anvendes til sammenligning mellem serverrum af samme type hvad angår anvendelse og applikationer, samt at et sådant nøgletal skal ledsages af en del forklaring.

Figur 2.2 viser også, hvad kravet om høj it-sikkerhed kan betyde for elforbruget. Det redundante serverrum hos Rigsrevisionen bringer her elforbruget til servere langt over de andre serverrum.

3. Organisationsanalyse

Som en del af undersøgelsen af serverrummene er blevet gennemført en organisationsanalyse med formålet:

- at vurdere hvilke interne og eksterne partnere, der involveres i beslutninger om design, ændringer, drift mv.
- at vurdere eventuelle barrierer hos de enkelte partnere mod brug af mere energibesparende løsninger og muligheder for at reducere barriererne og
- at vurdere behovet for rådgivning og information hos de forskellige partnere, og hvilke måder og informations-kanaler, der vil være mest effektive.

Analysen er gennemført ved interview af de deltagende serverrumsværter og af to kølefirmaer, som to af værterne benytter.

Hvert interview er rapporteret særskilt, se bilag

3.1. Sammenfatning af svar

3.1.1. Ansvarlige i organisationen

It-chefen er typisk den person, der har det største ansvar for etablering og drift af serverrummet.

I varierende grad angiver ledelsen overordnede krav og strategier for it-området. Få steder står ledelsen for godkendelse af de enkelte indkøb, men ellers er det typisk it-chefen, som beslutter indkøb af it-udstyret.

I større organisationer er der typisk en teknisk afdeling, som er ansvarlig for driften og i nogle tilfælde også projektering og indkøb af køleanlæg og ombygninger af serverrummet.

3.1.2. Brug af eksterne rådgivere

På it-området bliver der kun i sjælden grad brugt eksterne rådgivere. I mindre organisationer kan en ekstern it-rådgiver blive brugt i forbindelse med større ændringer, mens de større organisationer i større grad bruger eksterne it-rådgivere i forbindelse med overordnede it-strategier. Flere af de it-ansvarlige bruger kollegaer til udveksling af erfaringer.

På køleområdet bruger de mindre organisationer kølefirmaer som rådgivere ved valg af anlæg. De større organisationer bruger eksterne rådgivende ingeniørfirmaer ved ny- og ombygning, da projekterne er tilsvarende store.

3.1.3. Krav til serverrummet og udstyr

It-driftssikkerheden er den vigtigste parameter ved indkøb, ændringer og drift af it-systemer og andre tekniske installationer for alle serverrummene.

Prisen er for de fleste serverrum ikke angivet som særlig vigtig, men flere af værterne angav dog, at energibesparelserprojekter med god økonomi godt kan gennemføres.

Energiforbruget har for de fleste serverrum ikke været vigtigt, og er det for de fleste stadig ikke. Nogle af serverrumsværterne har stillet enkelte krav om at tage hensyn til energiforbruget, men uden at kravene er specifikke i forhold til type af system, opfyldelse af faste elforbrugskrav mv.

Specielt værter med miljø- og energiansvarlige, som er med til løbende at sætte fokus på området, stiller krav om lavt energiforbrug og gennemfører energibesparende foranstaltninger.

Nogle af værterne angiver, at de indkøber gennem SKI's (Statens og Kommunernes Indkøbs Service) indkøbsrammekontrakter og derfor mener, at produkterne er miljøvenlige. Dette er dog ikke nødvendigvis tilfældet, da mange af SKI's rammekontrakter omfatter både miljøvenlige og ikke-miljøvenlige produkter.

Serverrummene er tit placeret ud fra praktiske hensyn til, hvilket rum det er muligt at afsætte til formålet. Nogle steder har der været en telefoncentral i rummet med kabelføringsveje ud til kontorerne. Det har derfor været lettest at benytte dette rum og bruge de eksisterende kabelføringsveje.

Dimensionering af køleanlæg sker ud fra en reel vurdering af varmebelastninger i rummet med efterfølgende beregning af køleanlægget. Interviewene tyder på, at det mest usikre i dimensioneringen er vurderingen af varmeafgivelse fra it-udstyret, da det tilsyneladende sker ud fra mærkepladeeffekten for udstyret kombineret med den it-ansvarliges skøn over kommende udvikling af udstyr i serverrummet.

Ifølge kølefirmaerne er det svært at overbevise kunderne, og især de mindre, om at vælge mere effektive og dyrere kølesystemer, selv om de totale køleomkostninger over levetiden kan være mindre.

3.1.4. Barrierer mod elbesparelser generelt

Holdningen er generel positiv over for elbesparelser hos serverrumsværterne, hvilket også må være baggrunden for, at de er gået med i projektet. Værterne kan derfor være mere positive over for elbesparelser i forhold til gennemsnittet af serverrumsværter i Danmark.

Der er en række barrierer mod elbesparende foranstaltninger, hvor disse er de største:

- Frygt for negative konsekvenser for driftssikkerheden
- Margen til kritisk serverrumstemperatur ønskes ikke reduceret
- Modvilje mod at skifte it-udstyrsmærke og leverandør
- Ingen mulighed for at slukke for it-udstyr
- Begrænsede fysiske muligheder i eksisterende kontorbygninger
- Usikkerhed om fremtidig udvikling af behovet for serverrumsydelser
- Tilstrækkelig viden og erfaring hos kølefirmaerne
- Manglende elmålere og manglende viden om elforbruget
- Tilstrækkeligt budget og især for investeringer i køleanlæg

Barriererne er uddybet herunder.

Helt overordnet er der en stor frygt for, at foranstaltningerne skal gå ud over it-driftssikkerheden, da nedetid er et stort problem og kan blive en stor økonomisk omkostning for organisationen.

Som en del af dette er nogle af værterne mindre interesseret i at hæve temperaturen i serverrummene, da det gør margenen til den kritiske temperatur mindre, hvorved reaktionstiden bliver tilsvarende kortere.

Modvilje mod at skifte it-udstyrmærke og leverandører er også en reel barriere. Flere af serverrumsværterne angav, at det er et problem at supportere et blandet miljø med udstyr af forskellige mærker it-udstyr.

Generelt er der meget få muligheder for at slukke for it-udstyret i perioder. Dels er der som regel konstant brug for alle servere og andet udstyr på grund af varierende arbejdstider for personale, hjemmearbejde og produktion af backup. Dels er erfaringen hos mange, at harddiske og andet mekanisk udstyr kan være svære at få startet, hvis de har været slukket efter at have været tændt i længere tid.

De fysiske muligheder for placering og indretning af serverrum kan også være en barriere for især mindre organisationer i almindelige kontorbygninger. Valget sker i langt de fleste organisationer i forhold til, hvilket rum kan undværes til det, og i forhold til om der i forvejen er føringsveje til kabler og andre tekniske installationer. Kun i de større organisationer er der mulighed for at lave store bygningsmæssige ændringer.

Usikkerhed for den fremtidige udvikling af behovet er en barriere for nogle af serverrumsværterne, da det er svært, at vælge løsninger som lige passer til behovet, når behovet et par år ud i fremtiden ikke kendes.

Brug af kølefirmaer som rådgiver for valg af kølesystem kan være en barriere, da serverrumsværterne er afhængig af, at kølefirmaet har tilstrækkelig viden og erfaring med køleanlæg til serverrum og i det hele taget med at optimere anlægget energimæssigt.

Mangel på elmålere for serverrummet kan være en barriere, da manglende kendskab til elforbruget gør, at værterne ikke ved, hvor store elomkostningerne reelt er.

Størrelsen af investeringsbudget og især budget for køleanlægget ser også ud til at være en barriere hos nogle af serverrumsværterne.

3.1.5. Interesse i og barrierer mod frikøling

Den køletekniske del af undersøgelsen har vist, at der er et stort elbesparelspotentiale ved at benytte frikøling. Vi har derfor særskilt spurgt serverrumsværterne om interesse i frikøling.

I tabel 3.1 herunder sammenfattes svarene. I bilaget er svarene uddybet.

Ud fra tabel 3.1 kan ses, at seks ud af ni er overvejende positive og mener, at frikøling er en reel mulighed, som bør undersøges nærmere.

Organisation	Svar
Bergsøe 4	Negativ. Bor til leje i fredet hus, og B4 skal måske flytte inden for få år, da udlejer har planer med huset.
Center for Informatik (CFI)	Positiv. Det er krævet, at det er teknisk forsvarligt, og at økonomien er i orden.
Forbrugerstyrelsen	Negativ. Serverrummet har ikke ydermur. Usikkerhed om fremtiden for serverrummet. Dog positiv over for at undersøge økonomien i frikøling.
Forskningscenter RISØ	Positiv. Har allerede overvejelser om frikøling ifm. at kølebehovet er steget pga. mere udstyr i serverrummet.
Frederikshavn Kommune	Positiv. Har projektforslag, men en barriere kan være økonomien.
Rambøll	Positiv for nybygning. Et nyt serverrum, der er ved at blive bygget, skal bruge frikøling.
Rigsrevisionen	I princippet positiv. En umiddelbar barriere er bygningens begrænsninger. Fx. er det ikke muligt at gennembryde muren.
Statens og Kommunernes Indkøbs Service (SKI)	I princippet positiv. Afhænger af om der skulle være nogle tekniske hindringer.
TDC IT-services	Negativ. Bruger varmegenvinding, hvilket giver ringe eller negativ gevinst ved frikøling.

Tabel 3.1. Holdning til frikøling.

3.1.6. Kommunikationsformer over for målgruppen

Generelt angav de interviewede serverrumsværter, at kommunikationen over for dem skal være så konkret som mulig med angivelse af spareforslag og gerne med omkostninger og forventede besparelser. Kommunikationen bør indeholde typiske spareforslag for forskellige størrelser anlæg, som de har mulighed for at gennemføre.

For selve kommunikationsformen har interviewene ikke vist en klar konklusion.

Kommunikation via internettet angav de fleste som en god kommunikationsform. Én nævnte, at der bør være flere serverrum på www.serverrum.sparel.dk, så der er flere anlæg at sammenligne med.

Nogle nævnte behovet for også at have materialet på tryk.

Flere nævnte faren for at udsendt materiale drukner i mængden af materiale, de modtager hver dag. Samtidigt ønskes, at der bliver sendt information ud, for eksempel via et elektronisk nyhedsbrev, så modtagerne bliver opmærksomme på, at der for eksempel er kommet information på en hjemmeside.

Offentlige informationsmøder var der ikke den store interesse for, dog sagde nogle, at man altid kan finde tid til møder med godt indhold. Én nævnte muligheden for at præsentere mulighederne over for det lokale energispareudvalg.

Nogle angav interesse i at få konsulenter ud, som kan give gode råd.

Mange af de it-ansvarlige angav, at de læser Computerworld på internettet eller i trykt udgave eller begge. Bladet kan derfor være et godt medium for at nå it-ansvarlige i organisationerne. Én nævnte også PC World.

3.2. Forslag til informations- og rådgivningsaktiviteter

På baggrund af undersøgelsen gives i det følgende forslag til informations- og rådgivningsaktiviteter, som skal medvirke til at realisere potentialet for elbesparelser i serverrum ved blandt andet at reducere nogle af de tidligere nævnte barrierer.

Generelt bør der i al kommunikation være en respekt for, at serverrummene giver en vigtig funktion for organisationen, og at de ansvarlige for serverrummene er på en udsat position, da nedetid giver store omkostninger og irritation i organisationen.

3.2.1. Mål, budskab og målgrupper

Målet er

- at realisere en stor del af de besparelsesforanstaltninger som er angivet i denne rapport, og
- at opbygge en kommunikationsplatform som kan bruges til at formidle nye erfaringer og anbefalinger fra Elsparefonden til målgruppen.

Der er fire vigtige hoved-målgrupper for informationen:

- Ledelsen af organisationen på flere niveauer afhængig af størrelse og type af organisation
- Teknikerne:
 - It-chefen og it-ansvarlige
 - De ansvarlige for bygningen og installationer ud over selve it-udstyret
 - Energiansvarlige i organisationen
- Kølebranchen:
 - Kølefirmaer
 - Leverandørerne af køleanlæg
 - Organisationer for kølefirmaer og leverandører
- Edb-branchen
 - Server-leverandører
 - Rådgivere inden for serverrum

Det underliggende budskab i informationen bør følge Elsparefondens overordnede tema om, at det skal være nemt, sikkert og billigt at spare el.

Mere specifikt skal budskabet i informations- og rådgivningsindsats blandt andet fokusere på følgende for at reducere nogle af barriererne:

- Det er muligt at spare strøm uden at reducere driftssikkerheden.
- Elforbruget skal kendes, og elmålere skal sættes op, hvis det ikke allerede er sket.

- Det kan ofte betale sig at bruge flere penge på køleanlæg og serverrumsindretning, hvis man kigger på TCO (Total Costs of Ownership).
- Køletemperaturen kan hæves uden at formindske marginen til kritisk serverrumstemperatur, hvis kølingen og luftstrømmene forbedres.
- Leverandører af it-udstyr og køleanlæg bør spørges om elforbrug, og krav om energieffektivt udstyr bør stilles.

Omfanget af informations- og rådgivningsaktiviteterne bør ikke være større, end det reelle indhold tillader. På nuværende tidspunkt har Elsparefonden ikke mange reelle erfaringer med gennemførelse af elbesparende foranstaltninger i serverrum, men stort set udelukkende tekniske undersøgelser af muligheder. Det betyder, at informations- og rådgivningsaktiviteterne bør starte på det niveau, de tekniske undersøgelser tillader.

Sideløbende kunne Elsparefonden opsamle erfaringer fra gennemførte projekter med typiske besparelsesforanstaltninger, hvor investeringer og besparelser kan angives, og hvor der findes reelle erfaringer. Sådanne cases fra konkrete serverrum vil altid virke bedre i forhold til information baseret på mere teoretiske undersøgelser. Projekterne kunne dels være demonstrationsprojekter under Elsparefonden, dels projekter gennemført af serverrummene uafhængigt af Elsparefonden.

Ledelsen

Et vigtigt budskab over for ledelsen er, at elforbruget til serverrum er stort, og at der er muligheder for at reducere det, uden at det går ud over driftssikkerheden. Størrelsesordenen for elforbrug og andel af TCO (Total Costs of Ownership) for serverrummet bør være en del af informationen.

Målgruppen er svær at nå direkte, og det vurderes at det er bedst, at Elsparefonden i første omgang benytter de eksisterende informationskanaler gennem kontorkampagnen og A-klubben, dvs. ved at bruge nyhedsbreve, artikler, hjemmesider mv. og informationsmøder afholdt af A-klubben og under kontorkampagnen. Informationen kan bestå i regelmæssigt at skrive artikler om emnet og informere de personer, som afholder informationsmøderne.

Dertil kan der i den planlagte manual gives en introduktion, som også har ledelsen som målgruppe.

Når Elsparefonden har flere erfaringer fra gennemførte foranstaltninger, kan informationsaktiviteterne forøges.

Teknikerne

Informationen bør være på to niveauer:

- Det brede og mere overordnede niveau, hvor få og effektive foranstaltninger promoveres bredt ud til alle serverrum.
- Det mere snævre og detaljerede niveau, hvor flere foranstaltninger, som kan kræve uddybende undersøgelser, tilbydes de mest interesserede serverrum.

For det brede og overordnede niveau bør der udvælges få foranstaltninger inden for it og køleanlæg, som giver et godt sparepotentiale over for mange i målgruppen, og som kan gennemføres i eksisterende serverrum med god effekt.

Det mere snævre og detaljerede niveau er rettet mod nybygninger og større ombygninger og mod serverrumsværter, energiansvarlige mv., som ønsker at gå i dybden med effektivisering af serverrummet. Informationen og rådgivningen kan omfatte den planlagte pjece, som formidler råd og anbefalinger fra serverrumseftersynene kombineret med tilsvarende information på www.serverrum.sparel.dk.

Informationen bør i det mindste omfatte disse områder:

- Beregning af kølebehov og hjælp til at vurdere fremtidigt behov
- Placering og indretning af serverrummet og kølestrategi
- Valg af køleanlæg og drift af anlæg
- Valg af it-udstyr og drift af udstyret
- Måling og vurdering af elforbrug

På lidt længere sigt vil Elsparefondens planlagte serverrums-selvtjek via internettet være det vigtigste værktøj for niveauet.

Rådgivningen bør suppleres med tværgående informations- og rådgivningsaktiviteter, for eksempel:

- Besvarelse af henvendelser via e-mail og telefon til Elsparefonden.
- Artikler i Elsparefondens egne medier (hjemmesider, A-klubbens medier og nyhedsbreve under kontorkampagnen).
- Elektronisk nyhedsbrev via www.serverrum.sparel.dk. Det kræver dog, at det vil være muligt at producere nyheder, gode råd og historier med jævne mellemrum.
- Jævnlig pressemeddelelser og input til artikler i Computerworld.

For de tværgående aktiviteter bør Elsparefonden have et eksperthold til rådighed, som kan konsulteres og give input til artikler mv.

Kølebranchen

Kølebranchen er en vigtig part for at sikre, at der bliver installeret effektive køleanlæg i serverrummene.

Det anbefales, at Elsparefonden i første omgang kontakter branchens organisationer, for eksempel Autoriserede Kølefirmaers Brancheorganisation og Kølebranchens Kvalitetssikringsordning, for at vurdere muligheden for et samarbejde.

Informationen til kølefirmaerne bør være på to niveauer:

- Materiale som skal sikre, at firmaerne kender budskabet og selv formidle det videre
- Materiale som firmaerne kan bruge over for deres kunder, for eksempel brochurer, materiale til firmaernes egne brochurer, hjemmeside mv.

En del af informationen og rådgivningen, som er rettet mod teknikerne (se foregående afsnit), er også relevant for kølebranchen.

Edb-branchen

Informationen skal i første omgang koncentreres om server-leverandørerne. Overordnet bør de informeres om størrelsesordenen af elforbrug, som serverne medfører i form af elforbrug til selve serverne, andet it-udstyr og kølingen. Herunder indgår information om konsekvenser af valg af servertype, serverkonsolidering mv.

Dernæst bør de informeres om god serverrumsindretning, der giver mulighed for optimal køling med lavt elforbrug.

4. Inspektion af de 10 serverrum

I det følgende opsummeres erfaringer opnået ved inspektionerne i de 10 serverrum.

4.1. Placering og indretning af serverum

Et serverrum bør placeres et sted i bygningen, hvor der ikke sker varmetilskud til rummet, men hvor varmetabet fra rummet tværtimod er størst muligt - for at mindske kølebehovet:

- serverrum bør ikke have vinduer mod øst, syd og vest - for at hindre varmetilskud fra solen
- serverrum bør ikke ligge op ad rum med høje temperaturer – f.eks. varmecentraler
- serverrum bør have overflader med et stort varmetab – f.eks. en større uisoleret nordvæg eller placeret i et kælderrum med uisolerede vægge og gulv
- serverrum bør ikke indrettes i for små rum, da temperaturen her stiger meget hurtigt ved svigt af køleanlægget
- serverrum bør ikke anvendes til oplagringsplads/pulterum

For at opnå en energieffektiv køling af serverum er det vigtigt, at den kolde luft fra køleanlægget ledes så direkte som muligt til de kølekrævende komponenter. Desuden skal det undgås, at kold luft fra køleanlægget blandes med den varme luft fra edb-udstyret.

Formålet med køleanlæggene i serverummene er at holde temperaturen på vitale dele af det installerede udstyr nede: CPU'er, harddiske, UPS's batterier, m.m, da serverne ellers vil lukke ned og andet udstyr blive beskadiget. Disse vitale dele køles (normalt) ikke direkte. I stedet producerer køleanlægget en kold luftstrøm, som ledes til installationernes vitale dele via indbyggede ventilatorer i servere, harddiske, m.m.

4.1.1. Metoder til fremføring af kold luft

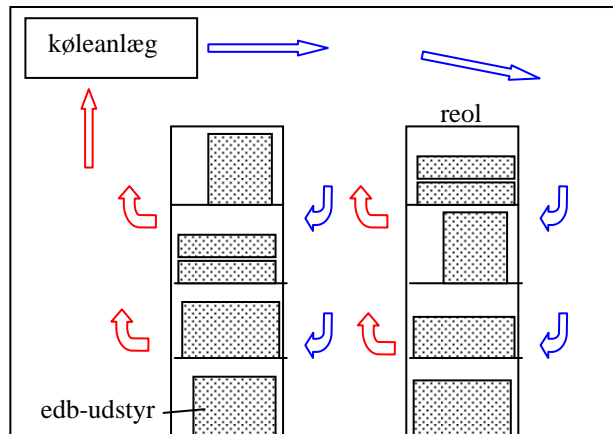
For at opnå en energieffektiv køling af serverum er det vigtigt, at kold luft fra køleanlægget ikke blandes med den varme luft fra edb-udstyret. I det følgende anvendes udtrykket samlet køleeffektivitet (eller bare køleeffektivitet). Her menes køleanlæggets egen effektivitet minus tabet ved transporten af den kolde luft frem til edb-udstyret. Dvs. den samlede varmemængde afgivet fra edb-udstyret (samlet elforbrug) divideret med elforbruget til køleanlægget.

Serverum kan indrettes på forskellig måde, som dog ofte ikke er gode rent køleteknisk. I afsnit 4.1.3 vurderes indretningens betydning for elforbruget til køling. Følgende figurer viser forskellige typer indretning – her skelnes mellem to forskellige fremføringsmetoder, og om serverne er placeret i rack eller på reoler:

Edb-udstyr på reoler

Denne type serverum er let at indrette. Det fyldes bare op med reoler efterhånden, som der kommer nyt edb-udstyr.

Køleteknisk fungerer køleanlægget som et aircondition anlæg, hvor der forsøges at holde en ensartet temperatur i rummet. Kølemæssigt er denne indretning dårlig, idet varm og kold luft blandes i rummet. Desuden er det svært at opnå en ens tempertur til det forskellige edb-udstyr i rummet.



Figur 4.1. Serverrum med køling á la aircondition og servere på reoler.

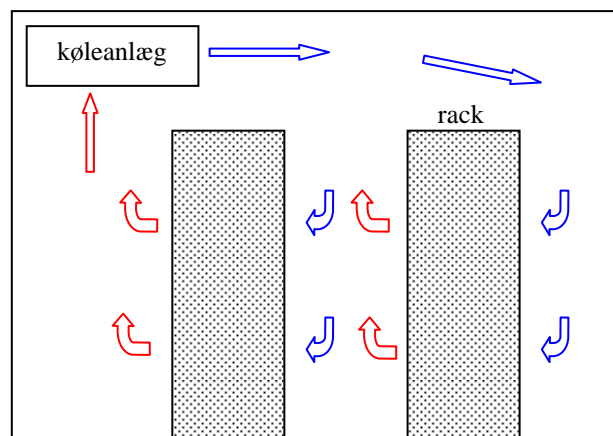
Edb-udstyr i rack

Rack er et skab, der er specialindrettet til installation af servere. Rack'ne kan have lukkede låger eller perforerede låger foran og bagpå. I stedet for hylder skrues servere, diske, m.m. direkte fast i skinner på rack'nes sider.

Typisk indrettes serverrum med rack enten med luft gennem forsiden af rack'ne eller op gennem bunden. Og enten med køling som aircondition eller køling op gennem gulvet. Det har kølemæssigt stor betydning.

Aircondition

Denne type serverrum fungerer i princippet som rum, hvor servererne er placeret på reoler. Der er dog her større mulighed for at dirigere luftstrømningen gennem serverne.

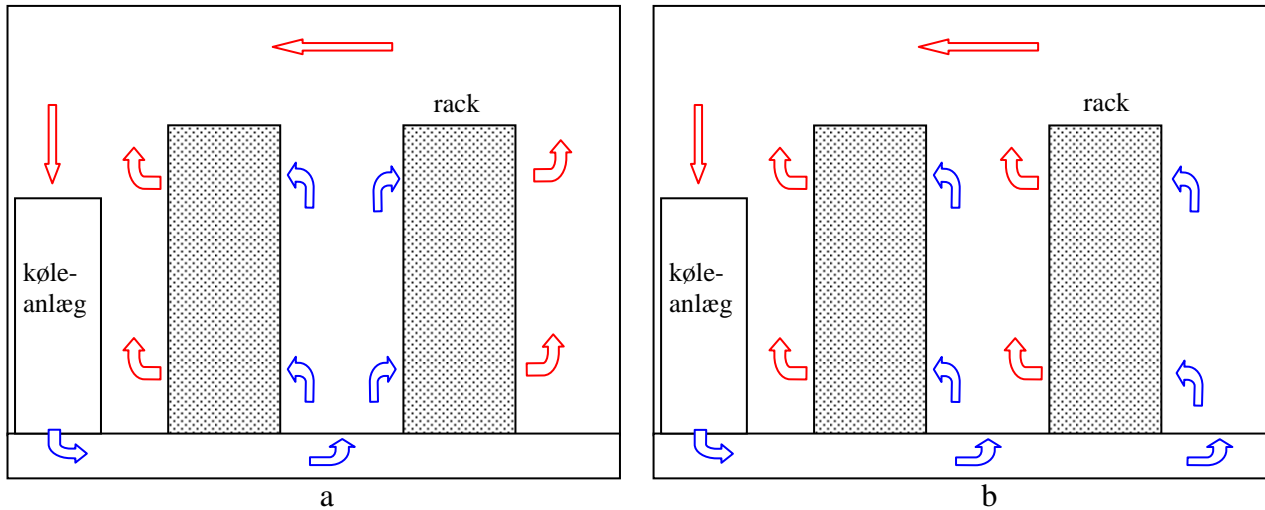


Figur 4.2. Serverrum med køling á la aircondition og servere i rack.

Køling op gennem gulvet

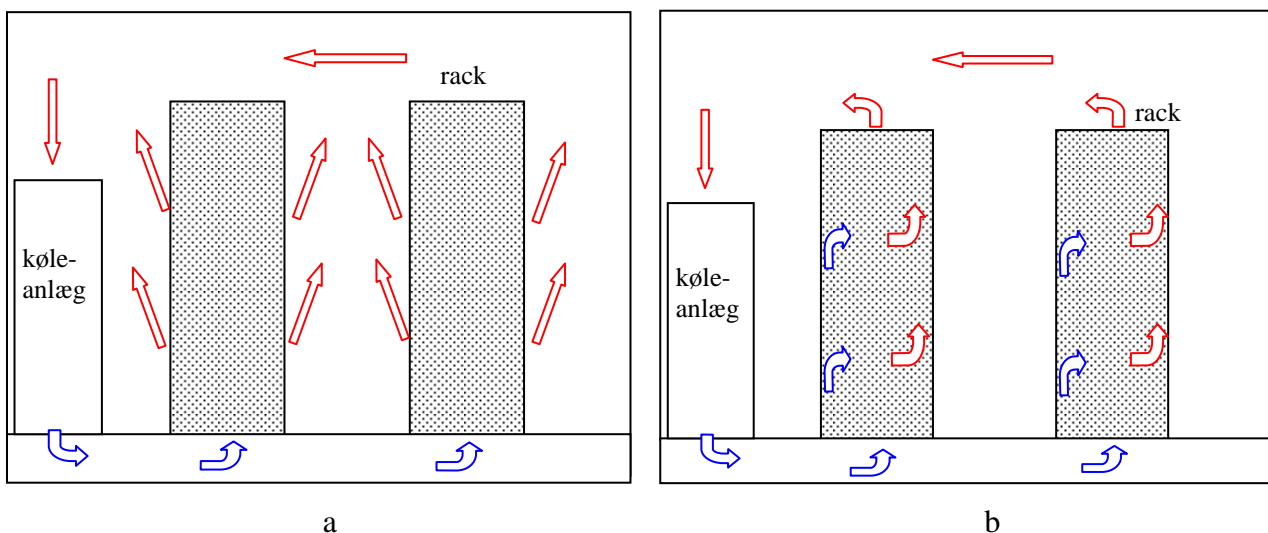
Serverrum med køling op gennem gulvet (edb-gulv) anvendes typisk i større serverrum. Serverrummet kan her indrettes på forskellig måde. Den kolde luft kan som i figur 4.3 ledes op

foran rack'ne. Denne type serverrum har potentielt den bedste luftstrømning med potentiel mindst opblanding mellem kold og varm luft, hvis det indrettes som i figur 4.3.a. Figur 4.3.b viser en indretning med lavere køleeffektivitet, da varm luft fra det ene rack opblandes med kold luft til det andet rack.



Figur 4.3. Serverrum med køling op gennem gulvet foran servere i rack med perforerede låger.

En anden ofte set mulighed er at blæse luft op gennem rack'ne som vist i figur 4.4. Denne kølemåde er ofte meget ineffektiv, og de øverste servere bliver kølet væsentlig mindre end de nederste servere. Ofte er UPS'en placeret nederst, da den er tungest. I figur 4.4.a undslipper en stor del af køle-luften, før den når de øverste servere. I figur 4.4.b bliver køle-luften opvarmet af de nederste servere, før den når de øverste servere.



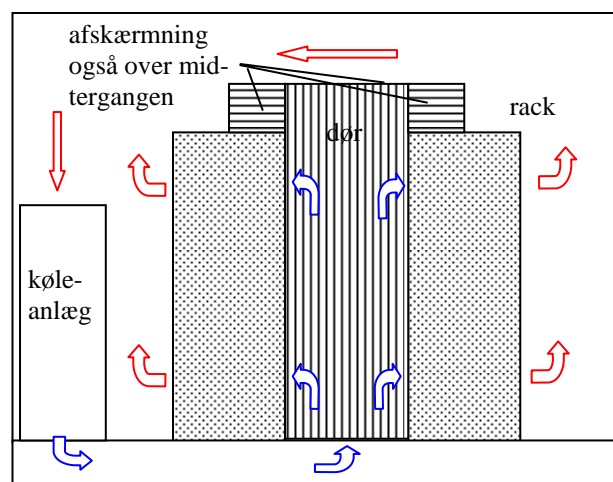
Figur 4.4. Serverrum med køling op gennem gulvet og op gennem rack'ne.

Køleteknisk god indretning

Som nævnt er indretningen i figur 4.3.a potentielt den bedste indretningsmåde. Men det skal sikres, at kold og varm luft ikke blandes. Det kan gøres ved, at luftstrømmen op gennem gulvet er identisk med den samlede luftstrøm gennem servere og andet udstyr. Det er dog en strømningsmæssig vanskelig/umulig opgave. I stedet kan den kolde og varme luft adskilles fysisk med blindplader og døre som vist i figur 4.5.

Det skal samtidigt sikres, at den kolde luft ikke strømmer uhindret gennem rack'ne – f.eks. hvis rack'ne ikke er fyldt helt ud. Hvor der er huller, skal der indsættes blindplader i rack'ne, så den kolde luft kun strømmer igennem edb-udstyret og dermed anvendes til at køle med.

Ved denne type indretning er det muligt at køre med en højere koldt-lufttemperatur til edb-udstyret – 22-26°C, hvilket øger den samlede effektivitet af kølingen.



Figur 4.5. Ideel indretning af serverrum (hvor luft anvendes til køling af serverne), hvor varm og kold luft ikke mødes. Mellemgangen mellem rack'ne er fuldstændig afskærmet fra resten af rummet – både i enderne og over gangen.

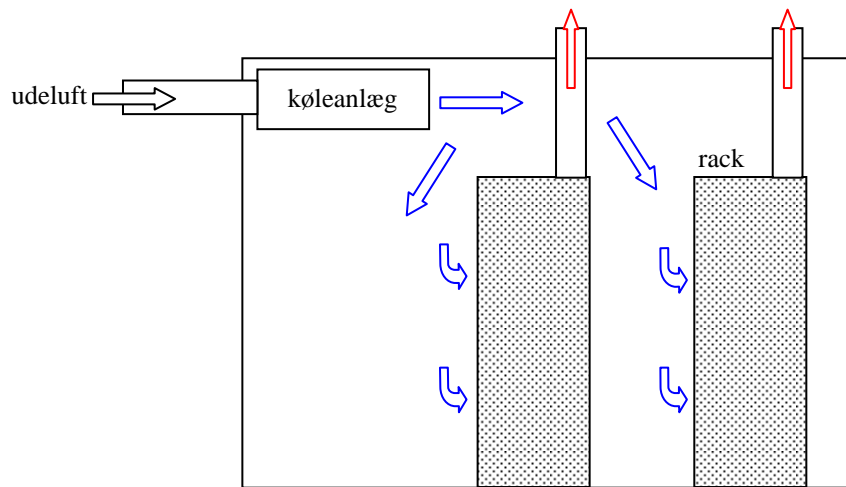
Frikøling med udeluft

Udelufttemperaturen i Danmark er størstedelen af året under den ønskede lufttemperatur til edb-udstyret i serverrum – dvs. under 20-24°C. Der kan derfor spares køling ved at frikøle med udeluft – dvs. blæse kold udeluft gennem serverrummet. Figur 4.6 viser et eksempel på dette – kølingen kan også foregå op gennem gulvet og op foran rack'ne.

Men et evt. køleanlæg skal dimensioneres til at kunne klare hele kølebehovet, da udelufttemperaturen om sommeren kan komme over 25°C. Det skal desuden erindres, at frikøling substituere aktiv køling i de perioder, hvor køleanlægget er mest effektiv. Elforbruget til køling reduceres derfor mindre end drifttiden for køleanlægget.

Ved frikøling med udeluft skal det sikres, at luften filtreres før serverrummet, samt at der installeres brandspjæld i tilgang og afkast fra serverrummet for at øge brandbeskyttelsen ved anvendelse af f.eks. inergen-anlæg (indblæsning af N₂; Ar og CO₂ for at kvæle ilden).

Der skal anvendes så små ventilatorer som muligt til indblæsning/afkast af luften for at reducerer energiforbruget.

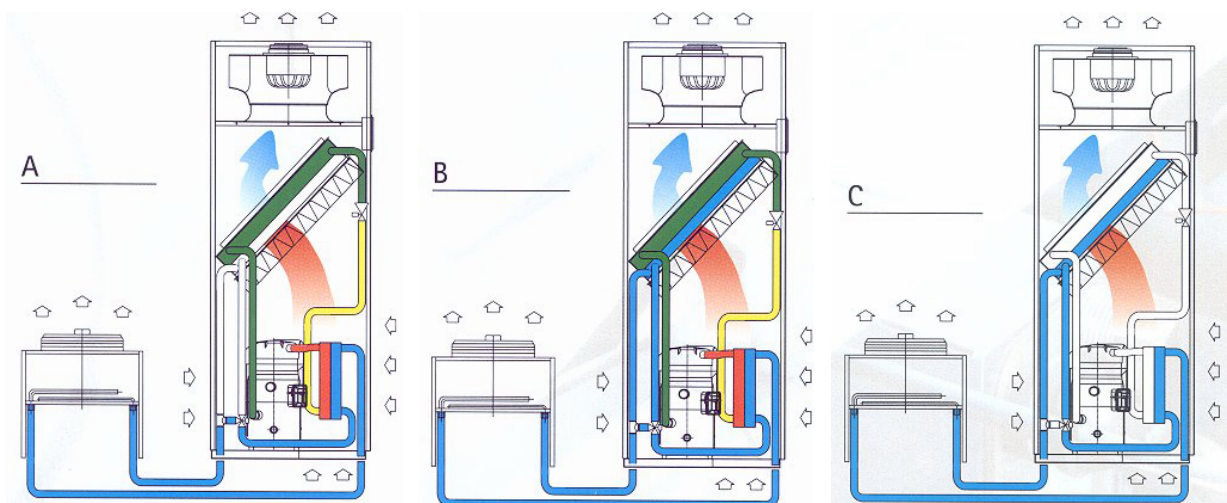


Figur 4.6. Frikøling med udeluft.

Den varme luft, der suges ud, har en temperatur på 30-35°C og kan derfor med fordel ledes til bygningens varmegenvindingsenhed og dermed forvarme den friske luft til bygningens andre lokaler. Derved spares yderligere energi.

Frikøling med en væskekreds

Frikøling med en væskekreds kan etableres som vist i figur 4.7. Her er kondensatoren placeret sammen med fordamper og kompressor. Kompressoren køles af en væskekreds med en varmeveksler placeret udenfor. Der er desuden en ekstra varmeveksler sammen med fordamperen – denne er også koblet til væskekredsen. Anlægget kan køre som et traditionelt køleanlæg – situation A i figur 4.7, men kan også ved lave udelufttemperaturer køre med ren frikøling – situation C. Kombineret køling med både frikøl og kompresserkøl er også mulig – situation B.



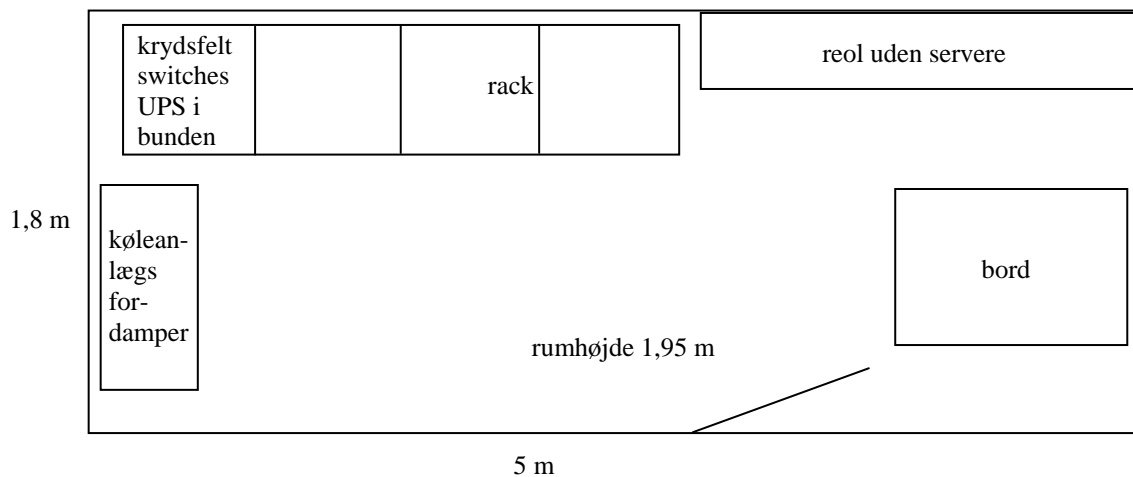
Figur 4.7. Eksempel med frikøl ved hjælp af en væskekreds. Kommercielt anlæg forhandlet af firmaet UniCool.

4.1.2. Gennemgang af de 10 serverrum

I det følgende er de 10 serverrum kort beskrevet med hensyn til beliggenhed og indretning samt luftstrøm. Se bilag for mere detaljeret beskrivelse af serverrummene.

Bergsø 4

Serverrummet hos Bergsø 4 er et beskedent kælderrum på ca. 9 m². Serverrummet var oprindeligt del af et større kælderrum. Serverrummet er skabt ved opsætning af gipsplader. Serverrummet er på alle sider omgivet af andre opvarmede kælderrum. Rummet har to vægge og loft af gips, to vægge er murstensvægge og gulvet er beton. Figur 4.8 viser en plan over serverrummet med ca. placering af "rack'ne" med servere samt andre installationer. Volumen er ca. 18 m³. Køleanlæggets fordamper er placeret under loftet i den ene ende af rummet, mens kondensatoren er placeret udenfor

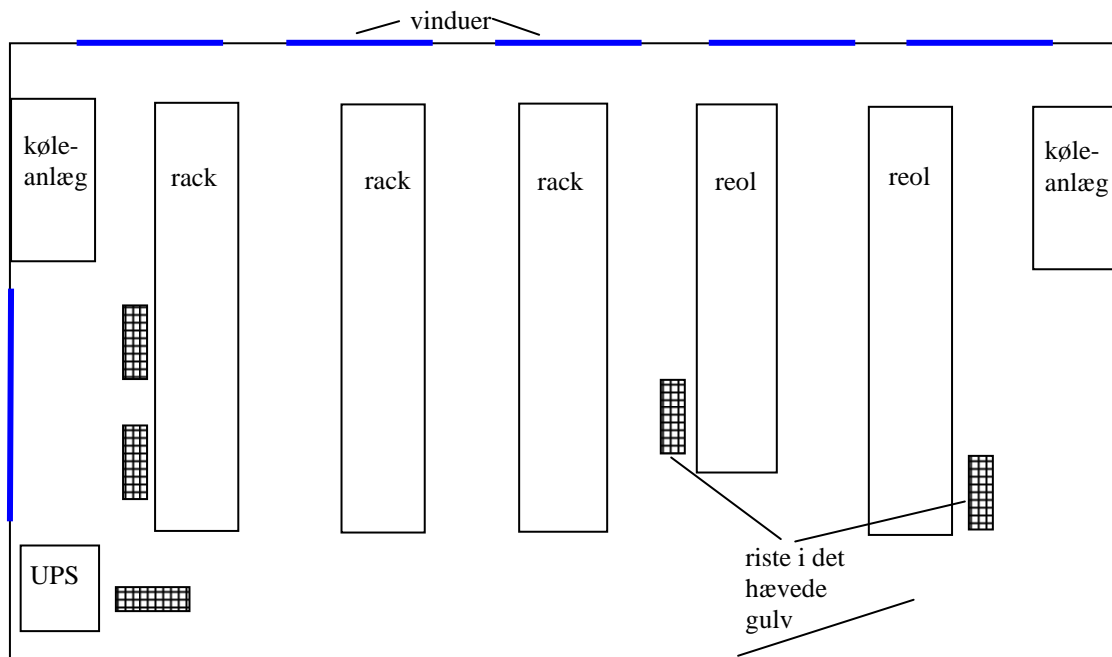


Figur 4.8. Skitse over serverrummet hos Bergsø 4.

Serverrummet hos Bersø 4 er luftstrømningsmæssigt principielt indrettet som vist i figur 4.2. Men der er langt mellem køleanlæggets fordamper og serverne, som er placeret i de to sidste rack til højre i figur 4.8. Temperaturmålinger har vist, at lufttemperaturen til serverne er lidt højere end lufttemperaturen til fordamperen. Køleanlæggets fordamper har problemer med at kaste den kolde luft langt nok. Der opstår derfor stor opblanding mellem kold og varm luft.

CFI (Center For Informatik), Skov- og Naturstyrelsen

Serverrummet, der servicerer ikke blot Skov- og Naturstyrelsen, men også klagenævn, Miljødepartementet og Miljøstyrelsen, er på ca. 82 m² og er beliggende i en kælder med østvendte vinduer under terræn. Der er dog kun undtagelsesvis direkte solindfald og kun i korte perioder. De tre andre vægge støder op til andre opvarmede kælderrum. I det ene af disse kælderrum er placeret en ny UPS. Dette kælderrum køles også af serverrummenes køleanlæg. Væggene er af beton, loftet gips og gulvet er et hævet edb-gulv. Figur 4.9 viser en skitse af indretningen i rummet. Rummet har et volumen på ca. 218 m³. De to køleanlæg (fordampere, kompressorer og kondensatorer) er placeret i hver sin ende af rummet og blæser kold luft ned under edb-gulvet. Køleanlæggene køler også den nye UPS irummet ved siden af. Køleanlæggenes kondensatorer bliver kølet med en væskekreds med varmevekslere placeret udenfor. Anlægget kan frikøle, når udelufttemperaturen er tilstrækkelig lav.



Figur 4.9. Skitse af indretningen af serverrummet hos CFI.

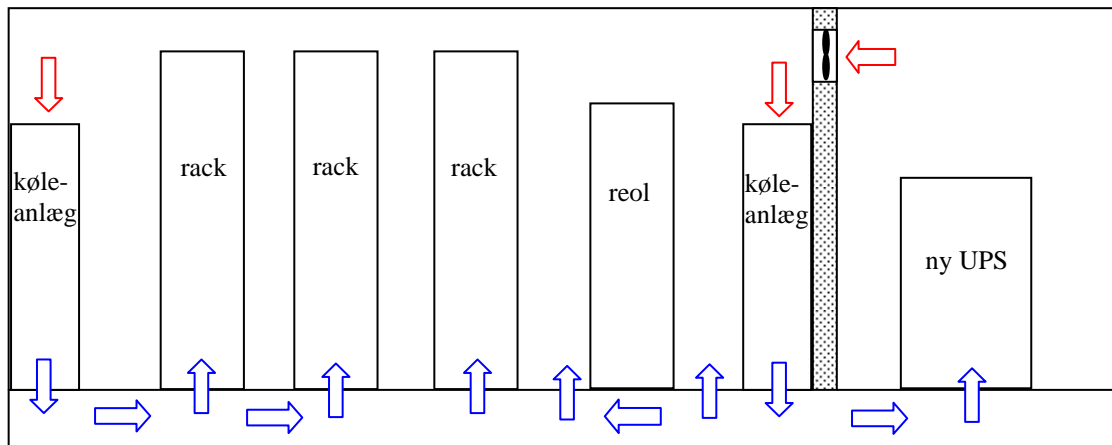
Kølingen i serverrummet hos CFI er opbygget som en blanding mellem figur 4.3.b, 4.4.b og 4.7, desuden står nogle servere på reoler som vist i figur 4.9. Luften bliver ført op gennem et edb-gulv. Serverne står enten på reoler eller i rack med lukket eller perforerede låger. Luften bliver enten ført op gennem gulvet til rummet eller op gennem rack'ne. Der sker stor opblanding mellem kold og varm luft. Effektiviteten af kølingen øges ved at der anvendes frikøling med en væskekreds som vist i figur 4.7.

Rack'ne med lukkede låger udgør et køleteknisk problem hos CFI. Hullet under rack'ne føder primært luftspalten bag serverne, mens serverne er placeret meget tæt ved frontlågen, hvilket væsentlig hindrer strømning af kold luft til serverne. Den kolde luft vil primært strømme bag serverne, hvor der ikke er brug for den.

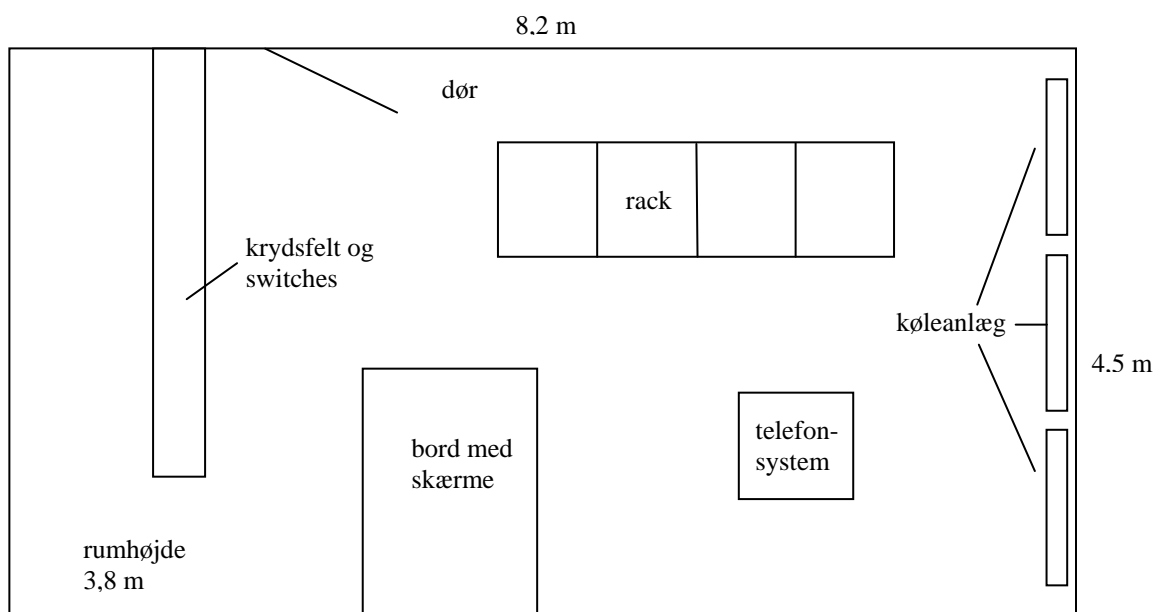
Der er installeret en ny UPS i rummet ved siden af serverrummet. Denne UPS køles også af serverrummets køleanlæg som vist i figur 4.10.

Frederikshavn Kommune

Frederikshavn Kommunes serverrum på ca. 38 m² er beliggende i en kælder. Serverrummet er omgivet af opvarmede kælderrum. Væggene er af mursten. Figur 4.11 viser en skitse over indretningen af serverrummet. Volumen er ca. 143 m³. De tre køleanlægs fordampere er placeret i den ene ende af rummet lige over gulvet. To af de tre kondensatorer er placeret i et ret varmt teknikrum, hvor UPS'en også er placeret, mens den tredje kondensator er placeret i en lun cykelkælder.



Figur 4.10. Luftstrømninger i serverrummet hos CFI.



Figur 4.11. Skitse over serverrummet i Frederikshavn Kommune.

Serverrummet hos Frederikshavn Kommune er principielt indrettet som vist i figur 4.2. Blot er køleanlæggenes fordampere placeret lodret lige over gulvet for enden af rækken med servere – se figur 4.11. Der sker derfor stor opblanding mellem kold og varm luft. Rack'ne med servere og telefoncentralen blokerer desuden for den frie strømning af luft. Den samlede køleeffektivitet forringes yderligere af, at kondensatorerne er placeret i varme rum.

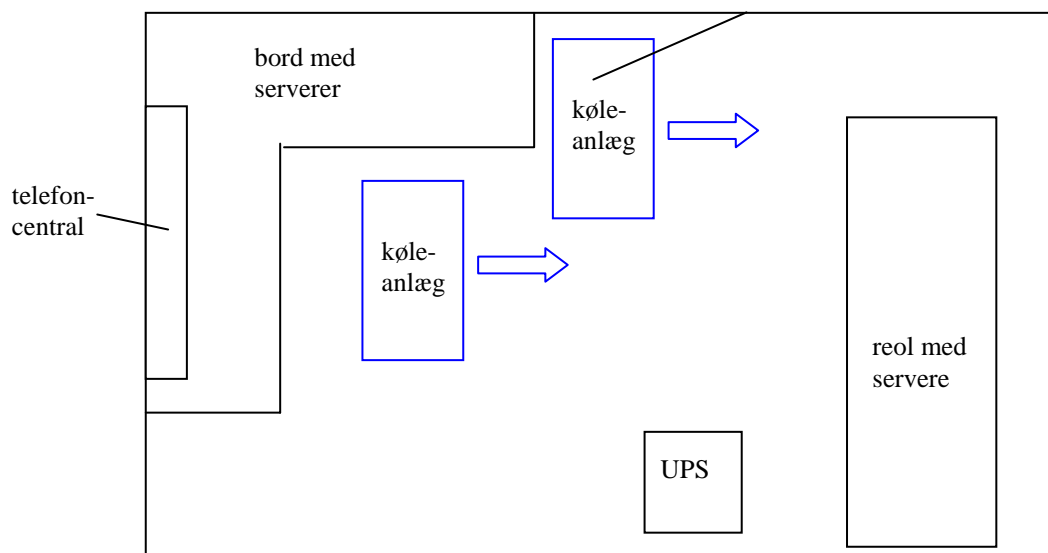
En af kondensatorerne er efterfølgende flyttet til det fri, og det overvejes at etablere frikøling til serverrummet med udeluft gennem en eksisterende skakt fra taget.

Forbrugerstyrelsen

Forbrugerstyrelsens serverrum er beliggende i en kælder. Serverrummet er på ca. 24 m² og støder op til andre opvarmede kælderrum på tre sider. Den fjerde væg er mod jord under bygningen. Vægge, gulv og loft er af beton. Figur 4.12 viser en skitse af indretningen i rummet.

Volumenet er ca. 56 m³. De to køleanlægs fordampere er monteret i loftet, mens kondensatorerne er placeret udenfor på hver sin side af bygningen.

Serverrummet hos forbrugerstyrelsen er opbygget som en kombination af figur 4.1 og 4.2. Køleanlæggene har en tendens til at kaste kold luft hen over reolen med servere (se figur 4.12), således at der er koldere bag serverne end foran. Det bagerste køleanlægs fordamper kaster desuden kold luft hen mod det forreste køleanlægs indsugning. Dette forringer den samlede køleeffektivitet. Der er desuden store temperatur-variationer i luften til serverne.

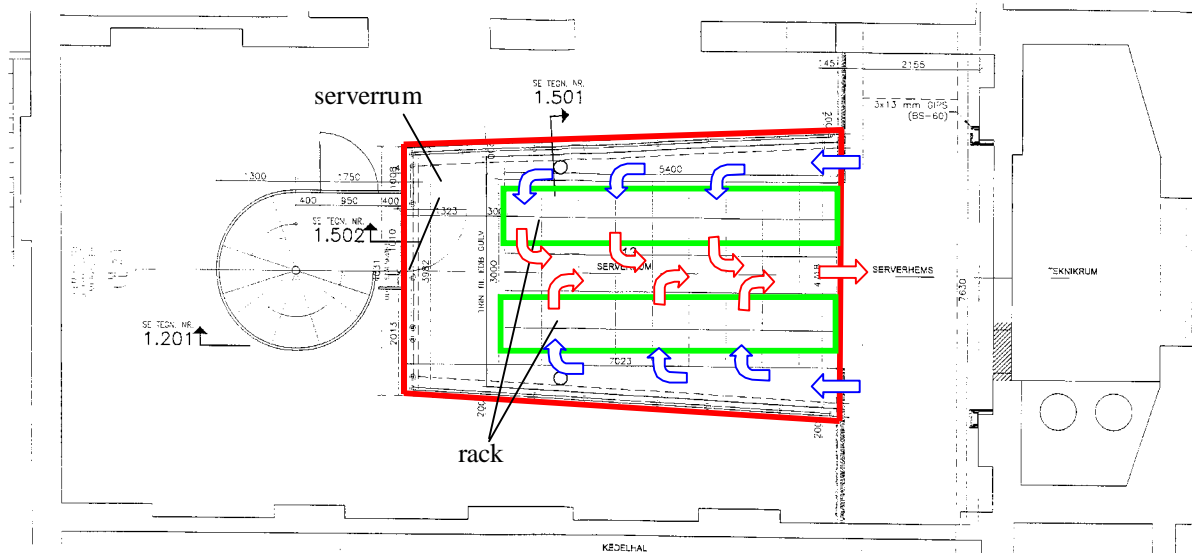


Figur 4.12. Skitse af indretningen af serverrummet hos Forbrugerstyrelsen. Pilene viser retningen på den kolde luft fra køleanlæggene.

Kolding Kommune

Kolding Kommunes serverrum på ca. 30 m² er placeret "svævende" i første sals højde i en større hal med alle overflader - undtagen én væg – direkte vendende mod luften i hallen. De tre vægge, der vender mod hallen, består af glas. Den sidste væg vender mod et andet rum, hvor køleanlæggenes kondensatorer er placeret. Figur 4.13 viser en skitse over serverrumets indregning. Volumenet er ca. 75 m³. Indsugning og udsugning for de to køleanlæg er i den ene ende af serverrummet. UPS'en er placeret i et andet rum, som også har køleanlæg.

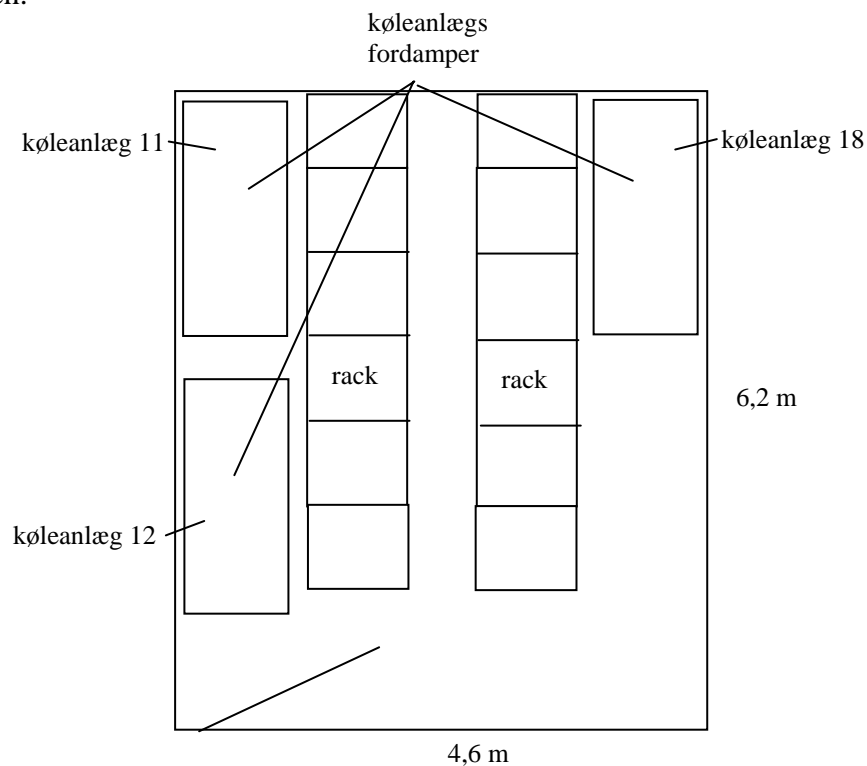
Dette serverrum er i princippet indrettet som vist i figur 4.3.a, blot ledes den kolde luft ikke frem til rack'ne via edb-gulvet – se figur 4.13. Luftstrømningen gennem køleanlægget er dog højere end gennem serverne, således at en del af den kolde luft smutter uden om eller over rack'ne og blandes med den varme luft fra serverne. Den kolde og varme luft burde adskilles som vist i figur 4.5. Samtidigt burde køleanlæggets kondensatorer flyttes til det fri.



Figur 4.13. Grundplan over Kolding Kommunes serverrum. Pilene viser luft bevægelse genereret af køleanlægget.

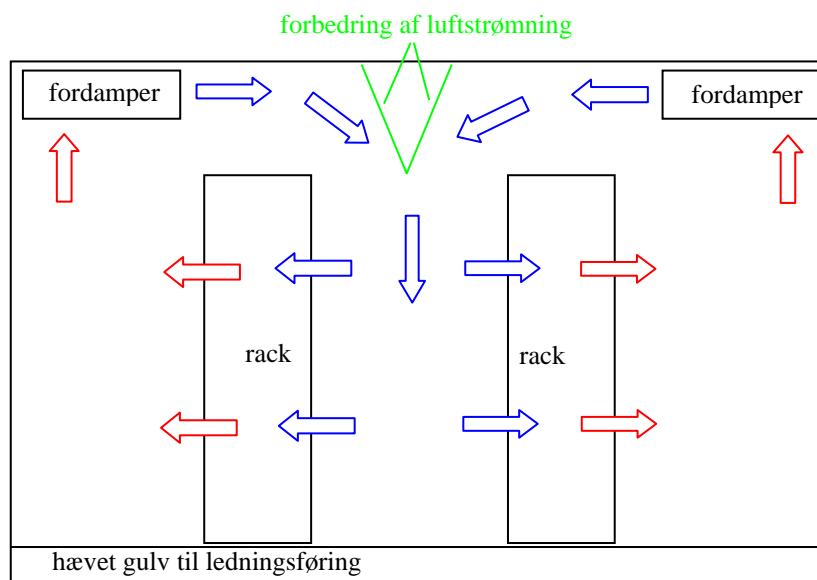
Rambøll Informatik

Serverrummet er et kunde-serverrum og er beliggende på 2 sal lige under tag. Serverrummet har en ydervæg med afblændede vinduer, hævet gulv og nedsænket loft. Serverrummet er ca. 29 m². Figur 4.14 viser en skitse over indretningen af serverrummet. Volumen er ca. 68 m³. Køleanlæggenes fordampere er placeret lige under loftet i hver side af rummet – to i den ene side og en i den anden side. Køleanlæggenes kondensatorer er placeret på taget. UPS'en er placeret i kælderen.



Figur 4.14. Skitse over serverrummet hos Rambøll Informatik.

Det undersøgte serverrum er i princippet indrettet som vist i figur 4.2, dog med luftstrømning fra begge sider som vist i figur 4.15, således at kold luft primært tilføres midtergangen mellem de to rækker af rack. Dog konkurrerer fordampere på de to sider med hinanden, da de blæser kold luft mod hinanden. Der burde derfor opsættes en skærm, der adskiller den kolde luftstrømning fra de to sider og mere direkte dirigere den kolde luft ned i mellemgangen mellem de to rækker af rack – også indikeret i figur 4.15.



Figur 4.15. Strømningsmønsteret hos Rambøll Informatik. Med grønt er vist skærmlader til forbedring af luftstrømningen.

Rigsrevisionen

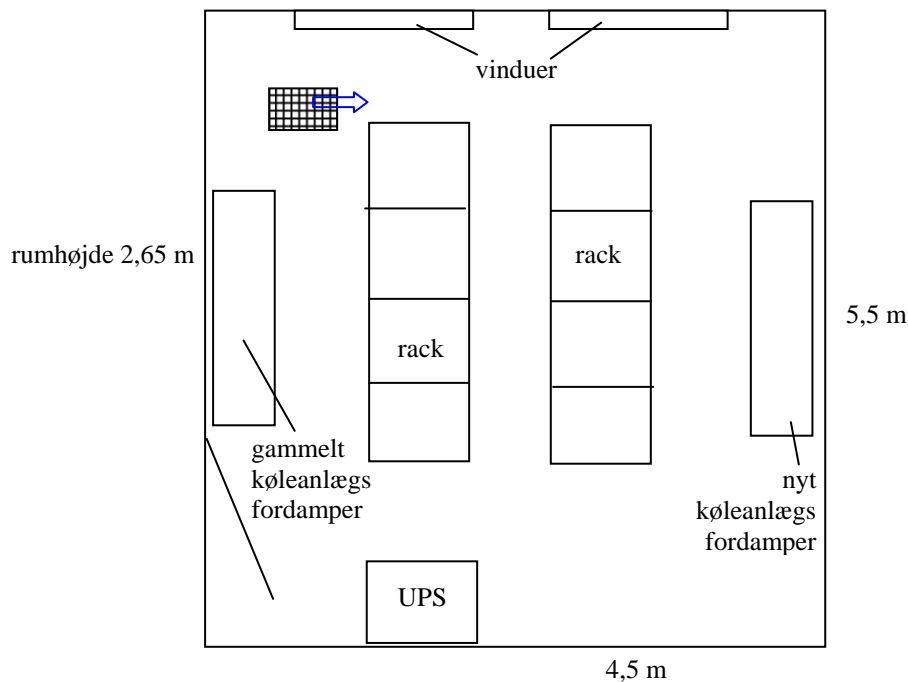
Rigsrevisionens serverrum på ca. 25 m² er beliggende på 3 sal. Serverrummet har en ydervæg med vinduer vendende mod nord-nordvest – med ringe solindfald. Væggene er af mursten, loftet gips og gulvet er et hævet edb-gulv. Figur 4.16 viser en skitse over serverrummets indretning. Volumen er ca. 66 m³. De to køleanlægs fordampere er placeret lige over gulvet i hver side af rummet. Der køres næsten udelukkende med det nyeste anlæg til højre i figur 4.16, mens det gamle anlæg motioneres kortvarigt hver uge. Køleanlæggene sender den afkølede luft ned under det hævede gulv. Køleanlæggenes kondensatorer er placeret på taget.

Serverrummet er principielt opbygget som vist i figur 4.4.a. Dog er edb-gulvet ikke særligt højt, så rack'ne til venstre i figur 4.16 modtager kold luft med en mere end 5 K højere temperatur end rack'ne til højre. Dette giver en lavere samlet køleeffektivitet, da det er nødvendigt at køre med en lavere koldluft-temperatur fra køleanlægget.

RISØ

RISØ's serverrum på ca. 153 m² er beliggende i en selvstændig bygning. Serverrummet har tre ydervægge med et østvendt vindue og en vestvendt glasdør samt et stort ovenlysvindue. Volumen er ca. 400 m³. Der er et nyt køleanlæg bestående af to fordampere samt et gammelt anlæg – også med to fordampere. De ny køleanlægs fordampere er placeret i hver ende af rummet, mens det gamle anlæg er placeret i en tilbygning og blæser ind og suger ud i den ene ende af rummet. Køleanlæggene blæser kold luft ind under gulvet. Køleanlæggenes kondensatorer er placeret på taget.

satorer er placeret på hver side af bygningen. Varmebelastningen som følge af solindfald gennem vindue, glasdør og ovenlysvindue vurderes at kunne udgøre op mod 5 kW.



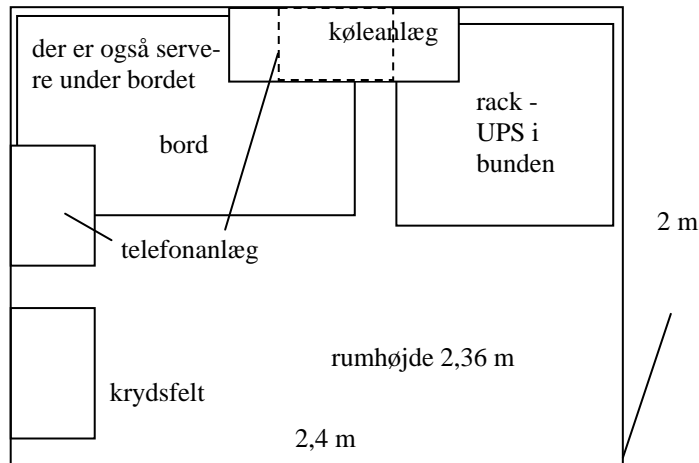
Figur 4.16. Skitse over serverrummet hos Rigsrevisionen.

RISØ's serverrum er en blanding af figur 4.3 og 4.4 (både a og b) samt med en del ældre servere på reoler. De 2 nye køleanlæg har svært ved at skabe en tilstrækkelig luftcirkulation. Ventilatoren i det ældre køleanlæg kører derfor hele tiden. Hos RISØ udnyttes i beskeden omfang frikøling med udeluft (omkring 5% ved en udelufttemperatur på 12°C). I modsætning til figur 4.6 tilføres udeluften under gulvet, og luften tages ikke kontrolleret ud af rummet, men finder selv ud gennem revner og sprækker i klimaskærmen.

Statens og Kommunernes Indkøbsservice (SKI)

Indkøbsservices serverrum på ca. 5 m² er beliggende på 4. sal. Serverrummet har ingen ydervægge. Væggene er af mursten. Figur 4.17 viser en skitse over serverrummets indretning. Volumen er ca. 11 m³. Køleanlæggets fordamper er placeret under loftet i den ene side af rummet. Køleanlæggets kondensator er placeret på taget.

Dette serverrum er i princippet indrettet som vist i figur 4.2. Men som det ses af figur 4.17, stikker den ene ende af køleanlæggets fordamper ind over rack'et med servere, hvor den varme luft fra serverne stiger op. Desværre er køleanlæggets temperaturføler netop placeret her, hvilket gør at køleanlægget "tror", at der er væsentlig varmere i rummet, end der rent faktisk er. Temperaturen af luften til serverne er derfor ofte under 15°C, hvor lufttemperaturen ved denne type indretning kan være over 22°C. Det reducerer den samlede effektivitet af kølingen.



Figur 4.18. Plan over serverrummet hos Indkøbsservice.

TDC

Serverrummet servicerer udelukkende TDC internt. Der er to serverrum i kælderen og et i stueplan – hver på ca. 400 m². Serverrummet i stueplan vil blive rømmet i løbet af kort tid, da samme regnekraft kræver mindre og mindre plads. Dette serverrum vil sandsynligvis blive lejet ud som serverrum. Serverrummet i stueplan har en del vinduer med skodder. Køleanlægget består af et stort centralt køleanlæg på 1,5 MW. Køleanlægget sender koldt vand frem til varmevekslere (fan coils) i serverrummene. Der er flere (10-12) fan coils i hvert serverrum. Hver varmeveksler-unit sender afkølet luft ned under gulvet. Varmen fra køleanlæggene anvendes til rum- og brugsvandsopvarmning i TDC's store bygningskompleks, idet køleanlægget fungerer som varmepumpe. Om vinteren antages 100% af varmen fra køleanlægget anvendt til dette formål. Kondensatorer var tidligere placeret udenfor, men køleanlægget er ved at blive ombygget til at have kondensatorerne indenfor, hvor varmen via en væskekreds sendes til varmevekslere udenfor. Køleanlægget servicerer også ca. 40 teknikrum med edb-udstyr rundt omkring i bygningerne samt producerer komfortkøling i juli og august.

TDC's serverrum er en blanding af figur 4.3 og 4.4 (både a og b). Rummene er meget store med mange fan coils og mange forskellige typer edb-installationer og rack. Samtidigt kører køleanlægget som varmepumpe til generering af rumopvarmning i resten af bygningen. Det er derfor vanskeligt at udtale sig om den samlede effektivitet af kølingen.

4.1.3. Betydningen af dårlig indretning

Det har i pilotprojektet ikke været muligt at bestemme det forøgede elforbrug som følge af dårlig indretning af serverrummene. Dette kræver væsentlig mere detaljerede målinger, end det har været mulig at gennemføre i pilotprojektet.

For alligevel at give en idé om størrelsesordenen er følgende overslagsmæssige beregninger foretaget. I de køletekniske beregninger i afsnit 4.3 er det vurderet, at elforbruget til køling falder 1-3% for hver grad temperaturniveauet (lufttemperaturen til køleanlæggets fordampere) stiger. Det antages, at det samme gælder for hver grad koldlufttemperaturen fra køleanlæggets fordampere stiger. I det følgende regnes med en middelværdi på 2 %/K.

Ved den ideelle indretning af serverrummet, kan temperaturen af den kolde luft til serverne figur 4.3a/4.5 f.eks. være 22°C, så det bliver behageligt at opholde sig i mellemgangen.

Den ideelle situation sammenlignes med spotmålinger fra inspektionerne i Forbrugerstyrelsens (figur 4.1) og RISØs (figur 4.3-4) serverrum. Her blev der målt en koldlufttemperatur på henholdsvis 6,5 og 15,7°C (se bilag). Differencen i forhold til den ideelle situation er således 15,5 og 6,3 K, hvilket giver, at elforbruget kan reduceres med 31 og 12,6 % ved en forbedret indretning – eller at elforbruget til køling er henholdsvis 50 og 14% for højt. Denne forøgelse kan meget vel være højere, idet der hos SKI og CFI er målt koldlufttemperaturer på henholdsvis 1 og 11,5°C, hvilket leder til en mulig reduktion i elforbruget på 42 og 21%. Hvis forøgelsen af elforbruget i virkeligheden er 3 %/K, kan en dårlig indretning af serverrummet lede til en forøgelse i elforbruget til køling på mere end 100 %.

4.1.4. Sammenfatning

Ingen af de 10 besøgte serverrum er ideelt indrettede. De fleste serverrum er indrettet i forhåndenværende rum. Ét serverrum har et stort solindfald (RISØ), som også skal køles væk. Nogle er meget dårligt indrettede - f.eks. serverrummene hos Forbrugerstyrelsen og Frederikshavn Kommune, mens der i andre er forskellige gode tiltag: f.eks. luftstrømningen hos Kolding Kommune og frikøling hos CFI og RISØ. Potentialet er dog ikke udnyttet fuldt ud i de tre sidstnævnte serverrum. Undersøgelsen af de 10 serverrum efterlader det indtryk, at der er meget, der kan gøres i danske serverrum for at forbedre køleeffektiviteten.

Figur 4.1 og 4.2 er den typiske indretning af mindre serverrum, hvor kølingen mere opfattes som aircondition/konditionering af rummet frem for køling af edb-udstyr. Det er typisk beskudne kølebehov <10 kW. Den samlede køleeffektivitet er typisk lav og elforbruget til køling tilsvarende højt. Overslagsberegninger viser, at elforbruget til køling her kan være mere end dobbelt så højt som i et ideelt indrettet serverrum. Men da det er små kølebehov, er det også små absolutte besparelser, der er tale om. Det bør dog altid undersøges, om det er muligt at gennemføre simple billige tiltag, som kan forbedre indretningen og dermed køleeffektiviteten.

Indretningen vist i figur 4.3-4 er typisk for store og større serverrum. Her er det muligt at lave en ideel indretning med samlet høj køleeffektivitet, da den absolutte besparelse potentielt er stor. Men serverrum er ikke en statisk størrelse. Der bliver hele tiden skiftet servere ud til andre typer og geometrier - og serverrum har en tendens til at vokse. Så selv om et serverrum fra starten er oprettet optimalt med hensyn til køleeffektivitet, kan dette hurtigt ændre sig til det værre, hvis der ikke hele tiden er fokus på det. Desværre er der ofte ikke fokus på køleeffektiviteten. Kølingen er ofte blot en nødvendig og irriterende biting, hvor optimering ikke ofres mange eller slet ingen ressourcer. I serverrum er fokus lagt på it-kapacitet, it-sikkerhed og oppe-tider.

Figur 2.2 indikerer, at elforbruget til servere pr. bruger falder jo flere brugere, der er koblet op til et serverrum. Det vil i sig selv reducere kølebehovet, men med flere brugere bliver der større økonomisk mulighed for at indrette serverrummet ideelt og derved yderligere spare elforbrug til køling. Her kan udlicitering af serverdrift og dermed hosting af servere i et stort serverrum være en mulighed. Men der skal stilles krav til køleeffektiviteten hos hosten. Ved at stille krav om køleeffektiviteten kan dette blive en konkurrenceparameter hos server-hostene, som dermed kommer ind i en god spiral hvad angår elforbrug til køling af servere.

4.2. Besparelser i it-installationer i serverrum

I forprojektet (Jensen et al, 2003) blev det vurderet, at elforbruget i danske serverrum ekskl. køling er i størrelsesordenen 150 GWh/år. Besparelspotentialet blev i (Jensen et al, 2003) forsigtigt anslået til 40 GWh/år eller 27 %. Beregningen af besparelspotentialet byggede dog på et relativt løst grundlag i form af interviews med danske forhandlere af serverudstyr og schweiziske undersøgelser.

Det blev derfor besluttet, at en central del af pilot-projektet skulle omhandle en detaljeret gennemgang af de 10 udvalgte serverrum med henblik på registrering af det installerede it-udstyr i serverrummet samt en vurdering af deres elforbrug og besparelspotentiale.

4.2.1. Målinger

Omkring 70 % af den energi, der forbruges i et serverrum, går til it-udstyr så som servere, datalagermedier, netværksudstyr, UPS og for nogle mindre serverrum telefonudstyr. Der forbruges også energi til lys i rummet, når der er personer i det. De resterende 30 % anvendes til køling.

En typisk fordeling af elforbruget i serverrummet ekskl. køling er 10-20 % til netværksudstyr, 40-45 % til servere og 40-45 % til diske. I denne opdeling er andelen af elforbrug i servere til diske og data-lagringssystemer med diske samlet som diske.

For at have et energimæssigt udgangspunkt for de enkelte enheder i serverrummet er det nødvendigt at kende udstyrets energiforbrug. I forbindelse med pilotprojektet er der kun sat energimåler på UPS udstyret. For at kunne sætte udstyret op har det været nødvendigt at afbryde strømmen til UPS'en og i nogle tilfælde også serverrummet, hvilket i de fleste tilfælde ikke har været populært. Kolding Kommune nåede ikke at komme med i denne version af rapporten på grund af dette.

Der er ikke sat energimåler op på det enkelte udstyr i serverrummet, da dette var for omfattende rent økonomisk for pilotprojektet. Det betyder, at der ikke er nogen måling for, hvad det enkelte udstyr bruger. Leverandørerne oplyser ikke udstyrets driftsforbrug, men den højeste belastning som elforsyningen skal kunne klare. På nogle servere er det muligt at aflæse det aktuelle effektforbrug i strømforsyningen gennem management systemet.

Derfor har det været nødvendigt at oparbejde et datagrundlag, så det er muligt med en rimelig nøjagtighed at kunne forudsige energiforbruget for et udstyr i en bestemt konfiguration.

I forbindelse med registrering af udstyr i serverrum viste det sig, at det var en overkommelig opgave i mindre serverrum. I lidt større og store serverrum er denne opgave meget tidkrævende og uoverkommelig under pilotprojektets rammer. Det er heller ikke muligt på lidt større og store serverrum at få de detaljerede informationer fra en enkelt person, som informerede om udstyret under besøget. Derfor er udstyret i de lidt større og store serverrum ikke registreret i rapporten med detaljer.

Der er fotoregistreret en del af udstyret, hvor det af sikkerhedsmæssige grunde kunne tillades, men disse foto må for en stor del ikke bruges i rapporten. Disse foto har dannet grundlag for et skøn over energiforbruget af det enkelte udstyr i de lidt større og store serverrum.

Den summariske registrering for de 9 serverrum er vis i tabel 4.1.

Sted	Antal servere	Antal CPU'er	Antal diske	Server forbrug MWh/år	Netværk forbrug MWh/år	Samlet forbrug MWh/år
Bergøe 4	6	9	20	6,1	2,1	8,2
CFI	200	400	800	320	53	373
Forbrugerstyrelsen	22	32	54	40	4	44
Frederikshavn Kommune	31	34	140	54	12	66
Rambøll Informatik	60	180	400	200	21	221
Rigsrevisionen	24	48	80	73	6	79
Risø	166	400	630	380	9	389
SKI	3	6	14	8,8	1,8	10,6
TDC Service	1500	4000	10000	3500	350	3850

Tabel 4.1. Tallene for opgørelserne af antal og effektforbrug baserer sig på optælling (hvor det er muligt), datablade, måling og skøn. Tallene er ikke udtryk for stedernes samlede forbrug, men kun det besete udstyr under eftersynet.

CPU belastningen af serverne har været aflæst på enkelte servere. De fleste servere er bestykket, så de kan klare en opgave på en given tid. Det betyder, at en stor del af serverne kører i tomgang meget af tiden.

4.2.2. Besparelsmuligheder

De nye servere, som har en væsentlig højere ydeevne end de ældre, kan klare flere opgaver samtidigt indenfor en given tid. Derfor er der i de fleste serverrum en server konsolidering i gang, som samlet vil bevirke, at energiforbruget vil falde. Der kan være tale om relativ store besparelser.

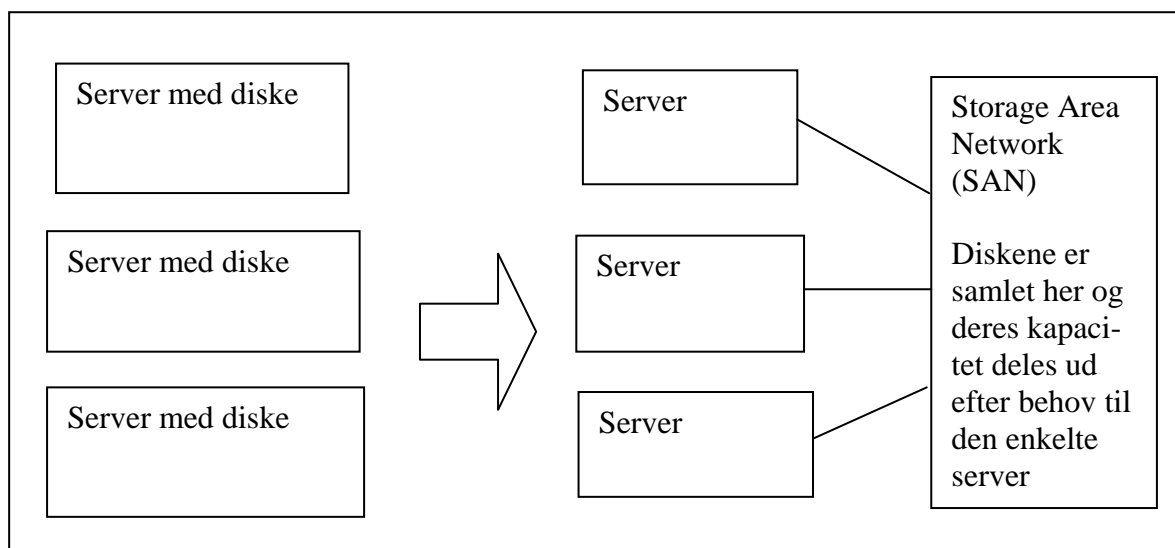
Disken, som i de fleste serverrum står for det største samlede energiforbrug, er alle i de mindre serverrum direkte forbundet med serveren. Af driftssikkerhedsmæssige grunde er der aktive reserver, så en disk kan skiftes uden at stoppe systemet. Denne fordeling med reserver bevirker, at der bruges mange diske med relativ lille kapacitet. Energimæssigt er der ikke meget forskel på en disk med lav kapacitet og en med høj, så det er antallet, der giver forbruget.

SAN

I de lidt større og store serverrum er det økonomisk forsvarligt at anskaffe et Storage Area Network (SAN), hvor diskkapaciteten er samlet et eller flere steder. Kapaciteten deles ud til de enkelte servere gennem et netværk. I et SAN kan alle diskene være med stor kapacitet og dermed er der væsentlig færre enheder, som skal have strøm. Et SAN kan også tilpasses i størrelse, så der ikke bruges flere diske end der er behov for. Et SAN er normalt opbygget, så en fejl på en disk ikke generer driften. Den kan skiftes under drift. Denne udvikling har reduceret strømforbruget, hvor der er gennemført en storage konsolidering i serverrummet.

For at få forbindelse med et SAN udstyres serverne med interfacekort, som gennem optiske fibre forbindes til SAN'et. Serverne kan være uden diske og i det tilfælde læser de styresystemet ind fra SAN'et.

I et SAN, hvor driftssikkerheden er i top, er alle enhed og diske dubleret. Da et SAN kan kopiere sig selv til et andet SAN over en afstand på op til 10 km, bruges teknologien til at etablere spejlede serverrum. Energimæssigt koster sådan en løsning det dobbelte af et enkelt serverrum, men den pris betales for at have tilgængeligheden til programmer og data, når det ene serverrum er brændt.



Figur 4.18. Storage konsolidering. Diskkapaciteten samles i et SAN, som serveren har forbindelse til.

På netværk bruges også Network Attached Storage (NAS), som er en dedikeret filserver til netværket, som kan bruges af forskellige styresystemer. Den leveres samlet med det hele klar til brug i een enhed. Der er ikke nødvendigvis sparet noget på energien ved at anvende NAS.

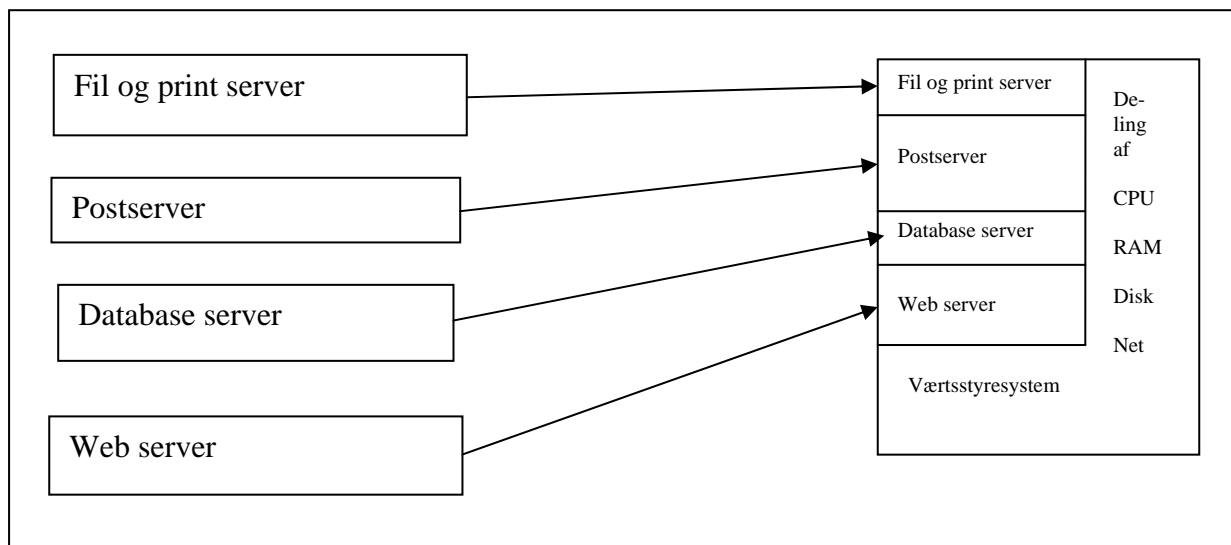
Den sidste udvikling i lagringsenheder er en løsning, hvor systemet leveres med højhastigheds netværksforbindelse og indeholder en database, der holder styr på filer, som skal lagres én gang, men læses mange gange. Data kan slettes automatisk efter en fastsat tid. Disse systemer er tænkt brugt i stor stil i datacentre, hvor store datamængder skal gøres tilgængelige altid som erstatning for arkivsystemer, som bruger bånd med robotbetjening. Disse systemer vil konstant forbruge energi og energiforbruget vil stige med antallet af diske, som systemet udstyres med.

Virtuelle servere

Med den udvikling, der foregår i servere og styresystemer, er det i dag muligt at bygge systemer, som kapacitetsmæssigt kan omkonfigureres uden at afbryde serveren. Et styresystem kan lægges på serveren uden afbrydelse af de øvrige systemer, som kører på serveren. Denne fleksibilitet er kun begrænset til stede i de ældre servere. Det forventes at få en energimæssig betydning, så det samlede forbrug kan falde, hvis der ikke kommer en voldsom stigning i behovet for mere kapacitet.

Løsningen har gennem mange år været kendt i store centrale anlæg, hvor man har haft teknikken til at køre flere virtuelle servere på samme hardware. Adgangen til disk og hukommelse styres, så 2 eller flere virtuelle servere holdes isoleret fra hinanden. De kan også startes og stoppes uafhængigt af hinanden. Under styresystemerne ligger der et værtsstyresystem, som kontrollerer adgangen til hardwaren for de enkelte servere.

Begrundelsen for at have flere virtuelle servere i stedet for at samle alle server programmerne på samme styresystem er begrundet i flere forhold. En virtuel server kan opdateres og genstartes uden at genere andre. Brugere på en virtuel server kan holdes isoleret fra andre virtuelle servere. Styresystemet kan få tildelt den CPU, RAM og disk kapacitet, der passer til programmerne, der skal køres på serveren.



Figur 4.19. Virtuelle server. Indholdet fra 4 servere samles eller konsolideres på 1 server og de 4 servere slukkes.

Blade server

Producenterne af servere har fundet ud af, at det er muligt at fremstille en ramme med strømforsyning, blæsere og netværksforbindelse, som kan fyldes med op til 7 – 16 server blade. Det sparer meget på omkostningerne ved fremstilling af serverne.

Blade servere leveres både i små modeller med langsommere, strømbesparende CPU'er og diske samt i store modeller med 1 – 4 kraftige CPU'er og op til 2 - 4 hurtige diske. Nogle typer af blade kan også udstyres, så de kan kobles til SAN.

I nogle af disse blade server systemer er det muligt at lade en server styrer tænd og sluk af de øvrige servere i rammen.

Blade servere kan bruges som alle andre servere og bruges en del i forbindelse med Citrix terminal service som servere i en farm.

Energimæssigt forventes det, at blade servere bruger mindre energi end et tilsvarende antal enkelte servere.

Levetid

Levetiden har af økonomiske årsager været meget lang for en del udstyr (over 3-4 år). Derfor er der registreret en del ældre systemer, som der godt kan spares noget energiforbrug på, hvis systemerne bliver konsolideret.

Temperatur grænser

It-udstyret er for en stor del udformet, så det kan fungerer i 40 °C varm køleluft. Meget kompakt udstyr kan ikke tåle mere end 35 °C, og meget energikrævende udstyr kan ikke tåle over 30 °C. Temperaturen i serverrummene er målt til at ligge pænt under disse grænser, men i placering og opbygningen af rack samt indkapsling af rack er der registreret en del, som bevirker, at køleluften til udstyret er væsentlig højere end rumtemperaturen i serverrummet. Det betyder, at der kan forekomme temperaturalarmer, selv om rumtemperaturen ikke er over 25 °C. Disse problemer er beskrevet i den køletekniske del af rapporten.

Det er konstateret, at nogle af serverne gennem management systemet kan aflæse kritiske temperaturer (CPU, diske). Hvor disse er tilgængelige, vil det være muligt at udforme et system, som kan styre tilbage på kølesystemet for at holde den optimale temperatur for udstyret og energiforbruget. Om det køleteknisk kan lade sig gøre, ligger udenfor dette pilotprojekt.

Sluk og tænd for udstyret efter behov

I en del af de lidt større og store serverrum er der anskaffet servere, som indgår i en serverfarm i et system. Disse servere vil kunne styres med tænd og sluk efter behov i farmen, men dette potentiale er ikke set udnyttet endnu.

Der er for et enkelt serverrum (Frederikshavn) foretaget en mere detaljeret beregning af besparelspotentialet, hvis enhederne i systemerne bliver styret med tænd og sluk efter døgn og uge rytmen i anvendelsen af udstyret. Det kan studeres nøjere i den detaljerede beskrivelse og sidst i afsnit 4.2.4. Besparelspotentiale.

Generelt er der modstand imod at slukke og tænde for servere. Det beror delvist i en erfaring om, at udstyret bliver stresset ved at blive slukket og tændt og dermed kan få forkortet sin levetid, samt at roterende komponenter som diske og blæsere, kan have problemer med at komme i gang efter en afbrydelse i driften. Nogen påstår, at de har erfaring for, at problemerne opstår 1½ - 3 år efter serveren er sat i drift. I et af de besøgte serverrum er der placeret en service hammer, som bruges til at slå på disken, når den ikke vil starte. Enten starter den og kører videre, eller også skal den skiftes.

Leverandører udformer tit servere, så der ikke kan slukkes på udstyret. Det er gjort for at undgå, at en eller anden uden at være klar over det kommer til at slukke for noget livsvigtigt. Serveren er beregnet til at stå i et rum uden lys, og den viser ikke omgivelserne, hvad der foregår på den. Den kan udstyres med ekstra udstyr, så det er muligt ved fjernbetjening at slukke og tænde for den. Fjernbetjenings udstyret skal altid være forsynet med strøm, og tilgangen til det skal virke under alle forhold.

Som situationen er i dag, er det ikke for nemt, uden at bruge meget arbejdstid i de mindre og mellemstore serverrum at styre behovet, for at udstyr står tændt eller er slukket, samt at finde tekniske løsninger, som kan hjælpe en med en sikker løsning. Hvis der skal spares energi ved at tænde og slukke enheder i serverrummet efter behov, vil det være nødvendigt at igangsætte initiativer på det område.

4.2.3. Gennemførte serverrumseftersyn

Der er gennemført 9 ”detaljerede” serverrumseftersyn på den it-tekniske del. Hovedkonklusionerne kan kort sammenfattes i følgende udsagn:

- Der er iværksat server og storage konsolidering på de fleste steder som blandt andet forventes at reducere energiforbruget
- Den anvendte levetid på it-udstyr varierer meget. Ældre servere giver mindre ydelse end yngre for den tilførte effekt.
- Muligheden for start og stop af servere efter behov anvendes ikke, selv om systemet er indrettet til det.
- Der anvendes rack inddækning, som ikke er beregnet til servere med et højt effektforbrug.
- Sammenbygningen i rack følger tit ikke forskrifterne med afdækning af tomme pladser. Både dette og det forrige punkt kan øge temperaturen i raket og give mindre temperatur margin til nedlukning af serverne.

I det følgende gives lidt kommentarer til de gennemførte eftersyn.

Bergsøe 4

Serverne hos Bergsøe 4 bruges til Domain controller, post server, økonomi styring, fil- og print service, anti-virus service, terminal service samt backup/restore. Serverne servicerer både firmaets ansatte på arbejde og når de er væk fra firmaet.

Firmaets servere vil blive konsolideret ved næste udskiftning, så antallet reduceres.

CFI

CFI er serverrummet for en del styrelser under Miljøministeriet. De dækker hele spektret med servere og storage (SAN) i nyeste udgave til servere, som er over 6 år gammel. De har ligeledes vel-fungerende rack med hensyn til køling og de har rack inddækning, som udsætter udstyret for temperaturer, der nærmer sig det kritiske.

Forbrugerstyrelsen

Forbrugerstyrelsens serverrum servicerer medarbejderne i Forbrugernes Hus både på arbejde og når de er ude. Udstyret bruges også til at give oplysninger og modtage bestillinger på oplysninger om produkter og ydelser samt klagesager.

Udstyret i rummet har undergået mange forandringer i den seneste tid. I den seneste udvikling arbejdes der hen imod en rackmontering af udstyret frem for at det står på gulvet eller på reoler. Serverne og storage er ved at blive konsolideret.

Frederikshavn kommune.

Frederikshavn Kommune bruger rack montering af udstyret. Udstyret i serverrummet bruges af de ansatte både på rådhuset, skoler og i institutionerne, samt når de ansatte arbejder hjemmefra. Der er webserver til kommunens hjemmeside og en ledningsservice.

I opbygning af systemerne anvendes en server pr. service. Server og storage konsolidering har været overvejet, men ved sidste udbygning var det for kostbart.

Rambøll Informatik

Serverne i serverrummet bruges til servicering af kunder på forskellige netværk. Rambøll Informatik har anvendt server- og storage konsolidering i opbygningen af systemet. Serverrummet indgår i et system med et spejlet rum, som sikre høj tilgængelighed.

Rigsrevisionen

Rigsrevisionens udstyr er opbygget efter principper som sikre høj tilgængelighed og kort reetableringstid, så revisorerne kan arbejde uhindret. Der er også anvendt principper for server og storage konsolidering, og der arbejdes fortsat i udskiftningen af udstyret i den retning.

Systemet kan anvendes fra huset, og når medarbejderne er ude i landet.

Risø

Serverrummet hos Risø indeholder en del udstyr, som er specielt egnet til beregninger i forbindelse med forskning. Der er også fil-, print-, post- og webserver i rummet.

Medarbejderne kan arbejde over hele jorden og stadigvæk bruge systemerne på Risø.

Risø arbejder med server og storage konsolidering og anvender relativt nyt udstyr.

Der er et enkelt rack, hvor udstyret bliver varmere end nødvendigt. Det kan forholdsvis let rettes, hvis man vil tillade kold luft i betjeningszonen.

TDC Service

TDC Service leverer ydelse til andre hovedsagelig i TDC. Det drejer sig om registrering og udtræk af data fra teletrafik for en årrække samt servicering af medarbejdere i TDC med terminal-, fil-, print- og postservice m.m. fra de lokationer, der arbejdes fra.

TDC Service bygger systemer med henblik på høj tilgængelighed. De anvender de nyeste systemer indenfor server og storage konsolidering til disse anlæg.

TDC er den største forbruger af energi hos de virksomheder, hvor der er gennemført eftersyn.

4.2.4. Besparelspotentiale

For både små og store serverrum ligger der et besparelspotentiale i at samle flere virtuelle servere på samme fysiske server og bruge færre servere.

For få år siden blev hver server med Microsoft styresystemet konfigureret til een anvendelse. Det havde mange fordele. Når serveren gik i stå, tog den kun een anvendelse med ned. Grunden til, at serveren gik i stå, lå typisk i problemer, som styresystemet og anvendelsen skabte i fællesskab. Hardwaren var sjældent den direkte årsag til problemet.

De nyere udgaver af styresystemer fra Microsoft er blevet mere stabile og bedre til at køre flere programmer samtidigt, men hvis sikkerheden i systemet kræver forskellig opsætning, vil det ikke være muligt at køre programmerne på samme hardware.

Med udvikling af den nye Pentium 4 med hyper threading fra Intel, virker hver CPU som 2 overfor Microsoft styresystemet. En server med bare 2 Pentium 4 CPU'er har et stort kraftoverskud til at kunne køre flere virtuelle servere. Serverne skal udstyres rigeligt med RAM og diskplads, så der er tilstrækkeligt til alle de virtuelle servere.

Hvis man antager, det vil være praktisk muligt i gennemsnit at samle 4 virtuelle servere på samme hardware, vil man kunne reducere et effektforbrug til de gamle servere på 600-1000 Watt til omkring 200 Watt. En gammel server kører typisk med 5 diske og har 2 CPU'er. Diskkapaciteten er på de 4 – 6 år, som de gamle servere har levet, steget 8 – 16 gange. Den nye server har typisk mindst 2 diske, som giver mindst den samme kapacitet, som de 4 gamle servere har brug for.

Denne form for server konsolidering er kun interessant i små til mellemstore serverrum. I mellemstore og store serverrum kombineres serverkonsolidering med storage konsolidering, hvor der anvendes Storage Area Network (SAN). Grunden til, at SAN ikke er interessant i de små til mellemstore serverrum er, at der er for få diske i brug til at kunne forsvare anskaffelsen af et SAN, men det afhænger selvfølgelig af behovet for diskplads. Hvis behovet for diskplads er relativt lavt, vil et SAN med få diske bruge så meget effekt til interfacekort, controllere og switche, at serverrummet kommer til at bruge den samme eller mere effekt end før.

Grænsen for, hvornår SAN kombineres med server konsolidering, afhænger af lagringsbehovet på diske. Hvis det er relativt stort (omkring Terra byte), ser det ud til at kunne forsvares, men det er normalt sikkerhedsmæssige årsager, hvor data er synkront til stede på 2 lokationer, der begrundes valget af SAN, og så er effektforbruget mindre væsentligt.

I mellemstore og store serverrum så som CFI, Rambøll Informatik, Risø og TDC er man igang med at bruge principperne i server og storage konsolidering, men det er ikke gennemført i lige stort omfang alle steder. Rigsrevisionen bruger SAN og er ved at planlægge server konsolidering.

I den efterfølgende tabel er der et skønnet besparelspotentiale ved server konsolidering. Besparelsen vil opstå gradvist efterhånden som serverne udskiftes på grund af alder. I skønnet er der indlagt, at nogle servere bruges til formål, hvor server konsolidering ikke er interessant, samt at konso-

lidering allerede er i gang. Skønnet er ikke kommunikeret med de enkelte steder og skal tages med forbehold for, om det er økonomisk og praktisk muligt at gennemføre konsolideringen.

Sted	Nuværende antal servere	Nuværende server med diske. Effekt kW	Kommende antal servere	Kommende server med diske. Effekt kW	Forbrug pr. server før MWh	Besparelses-potentiale MWh / %
Bergsøe 4	6	0,7	4	0,5	1,0	1,8 / 29
CFI	200	37	130	26	1,6	96 / 30
Forbrugerstyrelsen	22	4,6	12	3,0	1,8	14 / 35
Frederikshavn Kommune	31	6,2	16	4,0	1,8	19 / 35
Rambøll Informatik	60	23	60	23	3,5	0 / 0
Rigsrevisionen	24	8,3	12	5,5	3,0	16 / 34
Risø	166	43	136	35	2,3	70 / 19
SKI	3	1,0	2	0,8	2,9	1,8 / 20
TDC Service	1500	400	1200	325	2,3	660 / 19

Tabel 4.3. Skønnet besparelsespotentiale ved server konsolidering samt forbrug pr. server før konsolidering. De store forskelle i forbrug pr. server skyldes til dels forskelle i lagringsbehov samt server typernes forskellige energi behov.

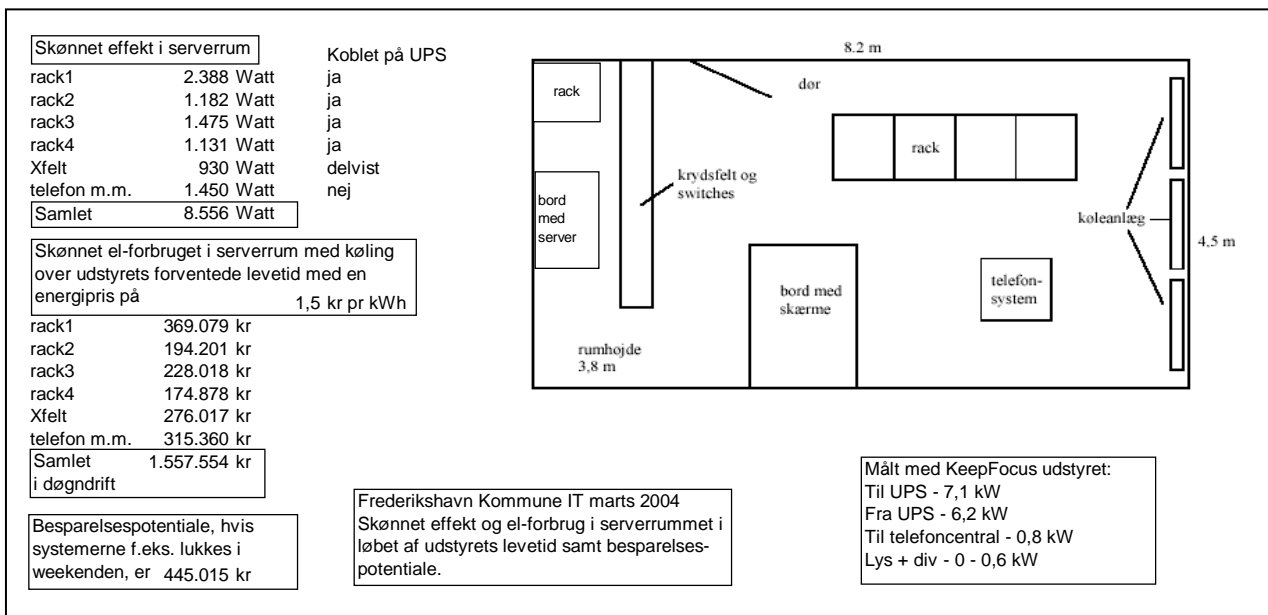
Tabel 4.3 viser, at serverkonsolidering kan lede til en besparelse på op til 35% af elforbruget til servere inkl. diske, hvilket er i samme størrelsesorden som vurderet i forprojektet.

Besparelsespotentialet, der kan opnås ved at tænde og slukke udstyret i serverrummet efter behov, er undersøgt i forbindelse med Frederikshavn Kommune – se figur 4.20. Fra den detaljerede rapport, som befinder sig i bilaget til rapporten, er der taget følgende skema, hvor besparelsespotentialet ved at slukke systemerne i weekenden er beregnet med en elpris på 1,50 kr/kWh. I løbet af udstyrets levetid, vil der kunne spares over 400.000 kr. ved at slukke i weekenden.

4.2.5. Strømforsyninger

En undersøgelse af strømforsyninger til pc'er (Jensen og Molnit, 2004) viser, at effektiviteten af disse ved max. belastning ligger under 77 %, hvor den teoretiske max. effektivitet er 96 %. Under normal drift er effektforbruget for en server under 50 % af den maksimale yde evne for strømforsyninger og ofte ned til 10%. Ved så lave belastninger af strømforsyningerne er effektiviteten for strømforsyningen typisk under 50 %.

Nogle strømforsyninger i servere formodes dog at være bedre optimerede end strømforsyninger til pc'ere af den simple grund, at de er placeret i meget tynde servere, hvor de har problemer med at komme af med varmen.



Figur 4.20. Frederikshavn Kommune

Men op mod halvdelen af elforbruget i servere går måske tabt i udstyrets strømforsyninger. Desværre er det ikke muligt at få oplyst effektiviteten for strømforsyningerne i servere og andet udstyr. Det er ikke oplysninger, forhandlerne ligger inde med. Det er derfor i dag umuligt at vælge servere ud fra ønsket om effektive strømforsyninger.

Strømforsyninger bliver typisk produceret i meget store styktal af store fabrikker. Det er derfor svært/umuligt som enkeltindkøber at presse disse til at udvikle mere effektive strømforsyninger. Og før sådant et pres kan etableres er det desuden nødvendigt, at der skabes viden om den faktiske effektivitet for strømforsyningerne.

Bedre strømforsyninger vurderes som en af de bedste muligheder for at reducere elforbruget i serverrum. Det er derfor vigtigt, at der igangsættes initiativer på dette område.

4.3. Køling af serverrum

Køling udgør omkring 30% af det samlede energiforbrug i serverrum, og det er derfor meget vigtigt, at det rigtige anlæg vælges, og at det installeres korrekt. Service og vedligehold spiller naturligvis også en rolle, og køleanlægget skal iflg. gældende lovgivning serviceres mindst én gang årligt (jf. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 932 af 17. november 2003). Denne lovgivning er relateret til personsikkerhed.

Når der vælges nyt køleanlæg, bør fokus rettes på følgende forhold:

- Mulighederne for frikøling bør altid undersøges.
- Højest mulige COP ved standardbetingelserne (27°C inde og 35°C ude) – gerne på 3 eller derover for fabriksfremstillede units.
- For pladsbyggede anlæg bør det sikres, at anlæggets samlede effektivitet ikke er dårligere end effektiviteten for et tilsvarende fabriksfremstillet anlæg.
- Køleanlægget bør kunne reguleres trinløst (eller i mange trin).
- Køleanlæggets kondensator (udedel) skal placeres udenfor – helst et sted med ringe solindfald, samt hvor der er god luftudskiftning.
- Køleanlægget skal indreguleres korrekt og have eftersyn én gang om året.

Det er muligt fra leverandøren at få oplyst anlæggets COP (Coefficient Of Performance) ved standard driftstilstanden 27/35, og der kan på baggrund af disse oplysninger foretages en egentlig sammenligning af de enkelte anlæg.

At anlægget kan reguleres trinløst er en klar fordel, specielt i serverrum, hvor der installeres mere køleeffekt end umiddelbart nødvendigt. At anlægget kan reguleres trinløst eller i mange trin betyder i praksis, at anlægget er i stand til at yde netop det, der er nødvendigt, og derfor kan de energikrævende start/stop sekvenser undgås, og der kan i dellastsituationer opnås en højere effektivitet end for on/off anlæg.

Placering af udedelen kan i nogle tilfælde være afgørende for energiforbruget. Der er eksempler på, at splitkøleanlægs udedel placeres f.eks. i kælderetagen. Dette er absolut ikke fornuftigt set i lyset af, at kølebehovet i serverrum er tilnærmelsesvis konstant året igennem – derfor skal udedelen, som navnet antyder, naturligvis placeres udendørs, hvor specielt efterårs-, vinter- og forårsdriften tilgodeses af den lave udetemperatur. Alternativt kan kanalsystem med tilførelse af udeluft anvendes, men det skal sikres, at den rette luftmængde kan ledes til køleanlæggets kondensator.

Indreguleringen og instruktion til nøglemedarbejdere i drift af køleanlæg vurderes som endog meget vigtigt. Indregulering er givet et af de steder, hvor der i mange tilfælde gås på kompromis, og instruktion af serverrummets ”brugere” sker meget sjældent. Dette betyder, at mange køleanlæg i dag f.eks. kører med forkert (for lavt) temperatursætpunkt, hvilket har stor betydning for energiforbruget. Køleanlæg skal ligeledes efterses mindst én gang årligt af kvalificeret personale, både af sikkerhedsmæssige hensyn, men i lige så høj grad for at sikre at anlægget kører energimæssigt mest optimalt.

Frikøling virker som et af de områder, der fremover vil vinde større og større indpas i mange kølesammenhænge. Frikøling kan i praksis udføres på mange måder, bl.a. via direkte luftindsugning i serverrummet, vandkølekreds eller lignede. Ét af de områder, hvor den største gevinst kan opnås, er serverrumskøling, da der som nævnt er en tilnærmelsesvis konstant belast-

ning i rummene året igennem. Herved er det i store dele af året muligt at udnytte frikøling uden at være tvunget til at basere kølingen af rummet på ekstra store luftmængder.

Det må dog påpeges, at frikøling i mange tilfælde vil forudsætte filtrering af luft, samt etablering af brandspjæld. Frikøling bør ligeledes kun etableres, såfremt der er rimelige førringsveje for luften (ved etablering af kanalsystem), således at store tryktab kan undgås, og omkostningerne til etablering ikke overskygger gevinsten ved frikøling.

Frikøling vil i mange tilfælde kræve installation af separat ventilationssystem, specielt hvis det etableres i rum, der i forvejen er kølet af splitkøleanlæg, som ikke umiddelbart vil kunne levere frikøling.

4.3.1. Besparelsesmuligheder

Hvilke tiltag er mulige på eksisterende anlæg, og hvor stor er gevinsten ved de enkelte tiltag? Generelt er det svært at foretage de store ændringer på eksisterende kølesystemer, med mindre man er indstillet på at investere større beløb i ombygninger, udskiftning af flader eller hele køleanlæg. Det må derfor tilrådes, at man i første omgang prøver et par forskellige tiltag, inden det besluttet at foretage de helt store systemændringer, f.eks.

- Hæve serverrummets temperatur – der kan hentes 1-3% på energiforbruget for hver grad rummets temperatur hæves (max. temperaturen afgøres af it-hardwaren i rummet)
- Reduce den samlede varmebelastning i serverrummet - for elforbrugende udstyr som beskrevet under ”Besparelser for it-udstyr i serverrummet”, men også f.eks. solindfald til rummet - da 1 kWh sparet i gennemsnit leder til 0,5 kWh sparet el til køling
- Etablering af frikøling baseret på udeluft – her er der typisk rigtigt meget at hente. I mange tilfælde årlige besparelser på mere end 50%.
- Flytte eventuelle splitkøleanlægs udedele til mere gunstig placering – altså til placering udendørs, i skygge og med mulighed for stor luftcirkulation omkring unitten.
- Sikring mod ”kortslutning” af luftstrøm – i mange tilfælde vil returluften til køleanlægget blive blandet med den kølede luft fra anlægget. Dette er meget u hensigtsmæssigt og kan normalt nemt undgås ved f.eks. at sikre at ledeskovle på splitkøleanlæg er indstillet korrekt.
- Sikre at der kun køles det, der er nødvendigt at køle - i mange tilfælde køles rummet mere end nødvendigt, hvilket koster en masse energi.
- Sikre frie luftveje for anlægget – altså sikre, at den kølede luft kan ledes direkte til serverne.

Afslutningsvis må det tilrådes at gøre kølingen i de enkelte serverrum til en topprioriteret aktivitet og ikke som nu, hvor køling i mange tilfælde er en sekundær størrelse, der bare skal være der. Netop med fokus på energirigtig køling vil det fremover være muligt at stille de rigtige spørgsmål til leverandørerne af anlæggene og sikre, at der i alle tilfælde vælges den rigtige og optimale køleløsning.

Beregningseksempel – Forbrugerstyrelsen

Der er - for at anskueliggøre besparelsespotentialen - gennemført en beregning af elforbruget til køling i Forbrugerstyrelsens serverrum. Det forudsættes, at belastningen er reduceret fra 6 til 4 kW, temperaturen hævet fra 23,1 til 28°C og frikøling etableret. Kølingen klares stadig af det største af de to installerede anlæg. Dette er summeret i følgende tabel:

	Før	Efter
Rumtemperatur i serverrum	23,1°C	28°C
Belastning	6,0 kW	4,0 kW
Frikøling (*)	Nej	Ja

(*) Frikølingen antages i dette tilfælde som mulig ved udetemperaturer mere end 8 grader under indetemperaturen (altså ved udetemperaturer under +20°C). Desuden forudsættes anlæggets kondenseringstemperatur fastholdt på samme niveau som oprindeligt (rent beregningsteknisk detaljer, der sikrer ”realistiske” resultater).

Der kan ved hjælp af det udarbejdede simuleringsprogram (Jensen et al, 2003) beregnes en potentiel besparelse på ca. 91% i det årlige energiforbrug til køling ved disse tiltag – førforbrug til køling var ca. 25.500 kWh og efter ændringerne et forbrug på ca. 2.150 kWh. Samtidig spares der op mod $2 \times 24 \times 365 = 17.500$ kWh til servere etc. i rummet. Dette vil med andre ord sige, at det er muligt at reducere de årlige energiomkostninger med ca. $(23.350 + 17.500) \text{kWh} \times 1,5 \text{ kr./kWh} \sim 61.000 \text{ kr./år}$

Det vil sandsynligvis være besværligt og forbundet med relativt store omkostninger at etablere luftbårent frikølingssystem hos Forbrugerstyrelsen grundet placeringen af serverrummet. Det kunne dog med fordel undersøges, hvorvidt det er muligt at etablere vandbårent system, som vil give en noget mindre, men stadig attraktiv besparelse.

I øvrigt viser beregningerne på Forbrugerstyrelsens serverrum, at der kan opnås en besparelse i køleanlæggets energiforbrug på ca. 5,6% ved at indetemperaturen hæves fra 23,1 til 26,1°C (altså 3 grader), hvilket svarer til lige omkring 2% pr. grad, temperaturen hæves i serverrummet, når der ikke frikøles. Også her forudsættes anlæggets kondenseringstemperatur fastholdt på samme niveau som oprindeligt, og der regnes med de ca. 6 kW belastning i rummet. Men det er med frikøling, at den største besparelse ved at hæve rumtemperaturen kan opnås.

4.3.2 Gennemførte serverrumseftersyn

Der er gennemført 9 detaljerede serverrumseftersyn. Eftersynene har været opdelt i en rent it-teknisk del samt en køleteknisk del. Den køletekniske del er forsøgt opsummeret i tabel 1. Hovedkonklusionerne kan kort sammenfattes i følgende udsagn:

- Frikøling anvendes alt for sjældent.
- Køling er en sekundær størrelse med meget ringe opmærksomhed.
- Der overkøles i mange tilfælde, altså køles mere end nødvendigt.
- Ved strømudfald er servere tilsluttet UPS – men kølingen vil umiddelbart ikke fortsætte i rummet.
- Meget forskel på de enkelte anlægstyper – nogle splitunits kører med virkningsgrader over 3, mens andre ligger langt under 2.

I det følgende gives uddybende oplysninger fra nogle af de gennemførte eftersyn.

Case 1 - Frederikshavn Kommune

Serverrummet hos Frederikshavn Kommune er opbygget på relativ traditionel vis og køles af tre splitunits, der har deres indedele placeret på endevæg i selve serverrummet. Anlæggenes

udedele er ligeledes placeret indendørs, hvilket har vist sig at være meget u hensigtsmæssigt, da lufttemperaturen i kælderetagen, hvor de er placeret, er meget høj hele året igennem. Allerede i måleperioden (i starten af februar) kunne der registreres temperaturer til anlæggenes kondensatordele på ca. 28°C mod en samtidig udetemperatur på omkring 2°C. Dette bevirker naturligvis, at anlæggets kondenseringstemperatur bliver uacceptabel høj – på det ene anlæg kunne der registreres en kondenseringstemperatur på 48°C. Der kunne på det ene anlægs trykrør måles temperaturer over 120°C, hvilket signalerer at anlægget er rimeligt presset rent driftsmæssigt

Alle tre anlæg er monteret med en såkaldt sugetryksregulering (Danfoss KVP), som efter kølefirmaets oplysninger er monteret for at sikre, at der ikke dannes is på fordamperne. Disse ventiler har dog den uheldige egenskab rent energimæssigt, at de sænker det reelle sugetryk, og dermed bliver kølesystemets virkningsgrad drastisk reduceret.

Disse forhold betyder, at det samlede system (alle tre anlæg) kun opnår en effektivitet på ca. 1,3, hvilket er undersøgelsens absolut laveste effektivitet. Effektiviteten er defineret som forholdet mellem leveret køling (energi) og den elenergi, der skal tilføres køleanlægget.

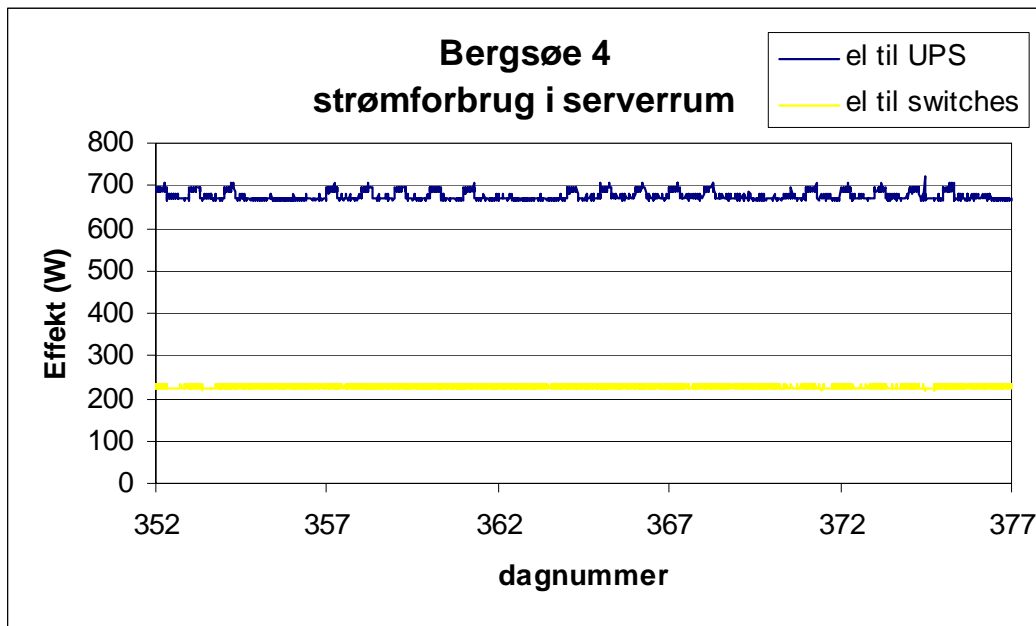


Figur 4.21. Indendørs placering af "udedele" på to af anlæggene hos Frederikshavns Kommune.

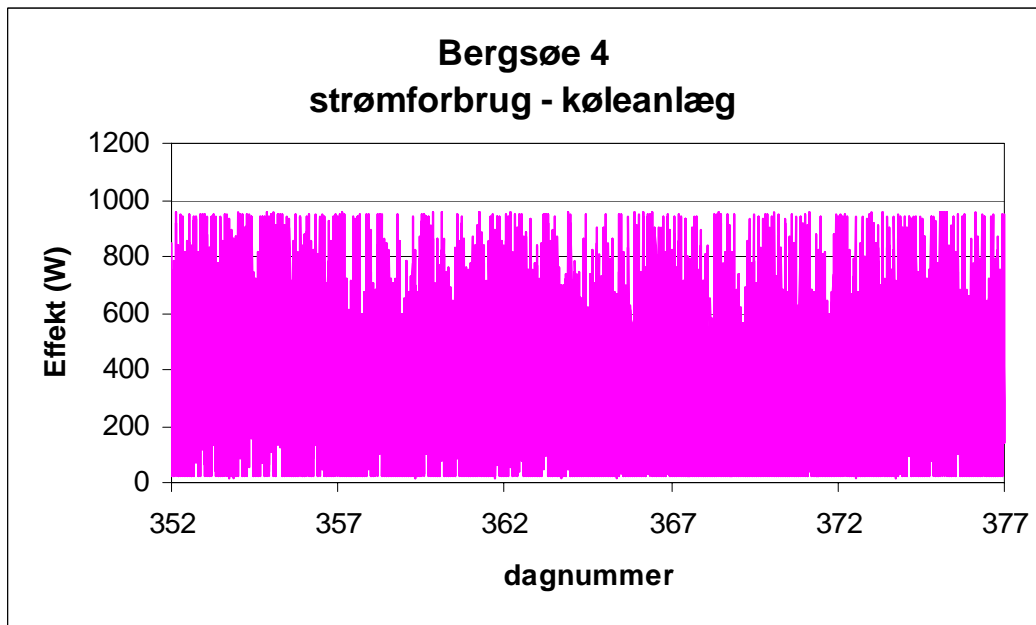
Case 2 - Bergsøe 4

Serverrummet hos Bergsøe 4 er opbygget i kælderetagen og ligner på mange måder hovedparten af de anlæg, der findes i mindre virksomheder – her etableres serverrummene typisk i eksisterende mindre rum i bygningen eller i interimistisk opførte lokaler i kælderetage.

Serverrummet køles af en splitunit, hvor udedelen er placeret umiddelbart udenfor bygningen. Effektiviteten er relativt lav (ca. 2,2), hvilket er væsentligt mindre end der er registreret andre steder, hvor der anvendes "enkelte" splitunits. På figur 4.22 ses det målte elforbrug til UPS og switches – bemærk hvor stabilt forbruget er. På figur 4.23 ses køleanlæggets elforbrug – her ses det, at køleanlæggets elforbrug er væsentligt mere ustabil, hvilket skyldes anlæggets kapacitetsregulering, der desværre ikke er i stand til at "udnytte" den stabile belastning.



Figur 4.22. Målt strømforbrug til UPS og switches hos Bergsøe 4



Figur 4.23. Målt strømforbrug til køleanlæg hos Bergsøe 4

Case 3 - CFI

Hos CFI anvendes frikøling systematisk. Dette betyder, at der trods defekt trevejsventil på det ene af to anlæg har kunnet registreres måleprogrammets absolut højeste effektivitet, nemlig ca. 4,6. Anlæggene er såkaldte downflow units, som suger varm luft ind i toppen og blæser den kølede luft ud under hævet gulv. Herfra føres luften videre ud til de enkelte racks.



Figur 4.24. Billede af ”downflowunit” med vandkreds og frikøling hos CFI

En vurdering foretaget på baggrund af de målte værdier viser, at frikølingen bidrager med en ret stor andel af den samlede køleeffekt i måleperioden - faktisk op mod halvdelen af det samlede kølebehov i måleperioden, hvilket naturligtvis bidrager til det samlede positive resultat.

4.3.3. Kommentarer til de gennemførte eftersyn

Bergsøe 4

Af bygningsmæssige årsager vurderes frikøling ikke som en mulighed hos Bergsøe 4, da dette vil kræve bygningsændringer af større omfang, som ikke er rentable trods den beregnede besparelse på mere end 50% ved anvendelse af frikøling.

Det vil være oplagt at undersøge, hvorvidt det er muligt, at anlæggets indeventilator kun kører samtidig med kompressoren. Dette er beregnet til at give en energibesparelse på ca. 23%. Baggrunden for denne store besparelse ved dette tiltag er, at anlægget er voldsomt overdimensioneret, hvilket betyder at anlæggets kompressor har en beskedent køretid, og dermed er indflydelsen fra indeventilatoren stor, da den kører kontinuert. Den foreslåede ændring vil kræve, at indeføleren samtidig flyttes til en placering, der giver en for rummet repræsentativ temperaturmåling eller at indeventilatoren tvangskøres i perioder.

Anlæggets målte effektivitet på 2,2 er absolut i den lave ende, og det anbefales på sigt at udskifte anlægget med et nyere anlæg med kapacitetsregulering (eksempelvis en såkaldt invertermodel), der kan tilpasse ydelsen til det aktuelle behov. Disse anlæg er ved delast væsentligt mere effektive end on/off regulerede anlæg.

Sted	Beskrivelse af køleanlæg	Målt belastning (kW)	Målt effektivitet (-)	Beregnet årligt energiforbrug til køling (kWh/år)	Køleanlæggets andel af samlet energiforbrug (%)	Beregnet besparelse ved frikøling kWh/år (%)	Andre besparelsesmuligheder	Øvrige kommentarer
Bergsøe 4	Én splitunit	0,9	2,2	3.695	31	1.987 (~54%)	On/off drift på indeventilator	-
CFI	To downflow units	41,7	4,6	-	18	-		Anlæg udnytter i dag frikøling
Forbrugerstyrelsen	To splitunits	6,0	1,97 (stort anlæg) 3,68 (lille anlæg)	25.491	21-34	19.533 (~77%)	Indbyrdes placering af de to indedel, samt sænkning af kondenseringstemperatur	-
Frederikshavn Kommune	Tre splitunits	7,1	1,3	48.825	44	32.437 (~66%)	Bedre placering af udedele	-
Indkøbsservice	Én splitunit	1,7	4,1	3.726	20	1.927 (~52%)	On/off drift på indeventilator samt højere sætpunkt	-
Rambøll Informatik	Tre splitunits	22,2	3,3	57.524	23	43.342 (~75%)	Sikring mod kortslutning af luftstrøm	-
Rigsrevisionen	To downflow units	9,3	3,0	26.456	25	13.714 (~52%)	-	-
RISØ	To downflow units samt et ældre anlæg	43,4	2,4	166.810	29	76.299 (~46 %)	Solafskærmning af vinduer samt mere drift med gammelt anlæg	-
TDC	Centralt køleanlæg med varmepumpe-drift	-		-	-	-	Optimering af regulerings-strategi	Inkluderer komfortkøling og køling af teknikrum

Tabel 4.4. Hovedresultater fra serverrumseftersynene.

CFI

Frikøling er allerede etableret som en integreret del af anlæggene hos CFI. At energiforbruget til trods for frikølingen er så relativt højt, skyldes primært, at man har valgt at anvende en vandkreds til frikølingen, og at denne kreds er forsynet med to relativt store pumper (på hver 750 W), som kører kontinuert. Da det samtidig er nødvendigt at køre fuld hastighed på ventilatorerne, er besparelsen noget mindre, end hvis udeluft havde været anvendt til frikøling. Den valgte metode giver dog generelt andre fordele, bl.a. den store frihed at der ikke kræves etablering af store kanalsystemer etc.

Til gengæld vil det hos CFI umiddelbart være muligt at trække kold luft ind fra omgivelserne, da serverrummet er placeret direkte mod omgivelserne.

Forbrugerstyrelsen

Af bygningsmæssige årsager vurderes frikøling ikke umiddelbart som en mulighed hos Forbrugerstyrelsen, da dette vil kræve installation af kanalsystem, som ikke er rentable trods den store beregnede besparelse ved anvendelse af frikøling (besparelse beregnet til ca. 77%).

Det bør på sigt overvejes eventuelt at skifte kølestrategi, således at det bliver muligt at udnytte frikøling (eksempelvis gennem vandbårent system).

Serverrummet serviceres af to splitunits. Placering af de to indedele er ikke hensigtsmæssig – de burde være placeret uafhængigt af hinanden.

Målingerne viser, at det lille køleanlæg er væsentligt mere effektivt end det store anlæg (3,68 mod 1,97). En del af denne forskel kan bl.a. forklares med den væsentligt højere rumtemperatur som kunne registreres, mens det store anlæg var ude af drift. Desuden er det lille anlægs kapacitet ikke tilstrækkelig til rummets behov, og dette giver nærmest optimale driftsbetingelser for anlægget - selvom anlægget ikke kan holde rummet tilstrækkeligt kølet.

Den lave effektivitet på det store anlæg skyldes formodentlig den meget høje kondenseringstemperatur (>50°C ved besigtigelsen). Beregninger viser, at en forbedret drift af kondensatorsiden på køleanlægget umiddelbart vil kunne reducere køleanlæggets energiforbrug med ca. 40% (forudsat at temperaturdifferensen over kondensator sænkes fra 50 til 20 grader). Det bør hos leverandøren af køleanlægget undersøges om dette er en mulighed. Nogle anlæg kræver af driftsmæssige årsager denne relativt høje kondenseringstemperatur.

Frederikshavn Kommune

Frikøling er en teknisk mulighed, såfremt der enten anvendes vandbårent system, eller alternativt etableres luftkanalsystem (løsningen med et vandbårent system vurderes som interessant i dette tilfælde). Besparelsen ved anvendelse af frikøling beregnes til ca. 32.400 kWh eller ca. 66%, og da det nuværende elforbrug til køling er så relativt højt, bør investeringen til etablering af frikøling være rentabel.

Efter besigtigelsen er det blevet oplyst, at der allerede er et kanalsystem fra taget, hvorfra det er muligt at suge kold luft ind i serverrummet og dermed etablere en simpel form for frikøling. Dette undersøges i øjeblikket

Det vurderes ikke som muligt at stoppe indeventilatorerne i perioder, hvor kompressoren ikke kører, trods en beregnet besparelse på næsten 10%. Dette vil bl.a. give en usikker bestemmelse af inde-temperaturen.

Det må ud fra målingerne og ud fra kendskabet til de valgte anlæg og komponenter konkluderes, at måden køleanlæggene er monteret (udedel) samt den anvendte sugetryksregulering absolut ikke er hensigtsmæssig. Den målte effektivitet på ca. 1,3 er direkte ringe, og det må på det kraftigste anbefales, at anlæggenes udedele flyttes til en placering udendørs (besparelspotentiale ca. 30%), samt at der samtidig etableres frikøling.

Efter inspektionen brød en af kompressorene ned. Den nye udedel er monteret udenfor.

Indkøbsservice

Af bygningsmæssige årsager vurderes frikøling ikke som en mulighed hos Indkøbsservice, da dette vil kræve installation af kanalsystem, som ikke er rentable trods den beregnede besparelse (på mere end 50%).

En ændring af sætpunkt for køleanlægget vil kunne medføre en mindre reduktion i energiforbruget - faktisk blev der i rummet registreret en temperatur på ca. 17°C den pågældende dag, selvom anlæggets sætpunkt var indstillet til 24°C. Efter aftale med vært hæves sætpunktet til 28°C, idet det bemærkes at eventuelt ændret placering af køleanlæg eller servere i rummet naturligvis vil nødvendiggøre en ny indstilling.

Der kan beregnes en reduktion i energiforbruget på ca. 85 kWh/år (svarende til kun ca. 2%) ved at hæve rumtemperaturen 4 grader (når der ses bort fra frikøling). Men anvendes samtidig frikøling fås en samlet energibesparelse ved begge tiltag på hele 2.527 kWh eller ca. 68% i forhold til udgangspunktet.

Ændring af reguleringsstrategien for anlæggets indeventilator - fra i dag konstant drift til drift synkront med anlæggets kompressor - giver en besparelse på omkring 339 kWh/år, svarende til ca. 9% af energiforbruget til køling. Denne relativt beskedne besparelse skyldes, at kompressoren i forvejen kører meget og dermed er antallet af driftstimer, hvor ventilatoren kan slukkes relativt begrænset.

Det kan virke overraskende, at det er registreret, at køleanlæggets effektivitet i den pågældende periode har været 4,1. Dette må enten skyldes måleunøjagtigheder eller at anlæggets driftsprofil er væsentlig mere konstant, end det vi ser. Specielt vil den meget lave indblæsningstemperatur fra køleanlægget have stor indflydelse på anlæggets effektivitet.

Det er fra Indkøbsservice blevet oplyst, at en del af telefonsystemet, som i dag er placeret i serverrummet, skal fjernes og dermed vil belastningen i rummet og elforbruget til køling blive væsentligt reduceret.

Rambøll Informatik

Det vurderes umiddelbart som en mulighed at anvende frikøling hos Rambøll Informatik, da serverrummet er placeret på øverste etage i bygningen. Herved er der relativ fri adgang til udeluft enten gennem de tildækkede vinduer eller gennem tagdækket. Der kan dog være specielle krav fra bruge-

re, der vanskeliggør denne løsning. Besparelsen ved anvendelse af frikøling er beregnet til ca. 75%.

Det vurderes muligt at hæve indblæsningstemperaturen fra de tre anlæg, hvis det sikres at luften ledes direkte til serverrackene og ikke opblandes med varm returluft fra rackenes afkast. Beregninger viser, at hæves temperaturen med f.eks. 3 grader kan der spares ca. 2% af strømforbruget til kølingen eller ca. 1.000 kWh pr. år.

Det vurderes ikke umiddelbart som en mulighed at etablere on/off drift på indeventilatorerne, da dette kan medføre en ringe luftfordeling i rummet.

Rigsrevisionen

Frikøling er teknisk let, men ikke en reel mulighed hos Rigsrevisionen grundet krav i lejemål. Der er beregnet en mulig besparelse på mere end 50% ved anvendelse af frikøling.

Det vurderes ikke som muligt at stoppe indeventilatoren periodisk, da det vil være forbundet med stor usikkerhed at registrere den kritiske temperatur ved serverne, hvis der ikke trækkes relativt store luftmængder gennem systemet. Desuden er besparelsen meget begrænset, da køleanlægget i forvejen har mange driftstimer og dermed vil on/off strategien ikke give noget væsentligt fald i antallet af ventilators driftstimer.

Det må ud fra målingerne og ud fra kendskabet til den anvendte kompressor konkluderes at køleanlæg og aktuel belastning stemmer ganske godt overens. Dette er hensigtsmæssigt set fra et kølemæssigt synspunkt, dog vil eventuelle væsentlige udvidelser i belastningen i serverrummet nødvendigvis kræve en kølemæssig kapacitetsudvidelse.

RISØ

Frikøling er absolut en mulighed hos RISØ. Serverrummet er placeret i separat bygning med flere ydervægge, hvor det ville være muligt at etablere frikølingssystem. Den beregnede besparelse i køleanlæggenes energiforbrug er på ca. 46% ved etablering af frikøling.

Der er allerede etableret frikøling i beskeden målestok gennem rist i væg (ca. 0,15 m²) - ved besigtigelsen kunne der beregnes en "køleeffekt" på ca. 1 kW ved det givne temperaturniveau (12°C ude og 21°C inde) og den beregnede volumenstrøm (ca. 400 m³/h). Kølebehovet var 43,4 kW.

Solafskærmning af vinduer og ovenlysvindue ville være oplagt, da varmeindfaldet her skal fjernes med køleanlægget.

Målingerne viser, at det gamle anlæg bruger mindre strøm end de to nye og alligevel kan levere tilstrækkelig køling til rummet. Faktisk bruger de to nye anlæg tilsammen omkring 19,2 kW (incl. ekstra ventilator) til at holde rumtemperaturen, mens det gamle anlægs to kompressorer og ventilator tilsammen bruger ca. 14,4 kW til samme opgave - altså ca. 25% mindre energiforbrug i det gamle anlæg end i de nye.

Ud fra ovennævnte kunne det anbefales at skifte strategi og i stedet lade det gamle anlæg køle rummet i tre ugers periode og så lade de nye anlæg servicere rummet i den følgende uge. Dette vil teoretisk give en reduktion i energiforbruget på ca. 13%.

TDC

Såfremt det også fremover ønskes at anvende varmen fra kondensatorsiden på køleanlægget til opvarmningsformål, og det er muligt at afsætte varmen i bygningerne ved et rimeligt temperaturniveau (ved inspektionen ca. 42,5°C), vil frikøling ikke kunne betale sig.

Varmepumpedrift og dermed udnyttelse af varmen fra kondensatoren i køleanlægget er principielt en rigtig fornuftig ide. Det kan dog tænkes, at der i visse driftssituationer vil være bedre økonomi i at aflevere varmen i køletårnet og dermed sænke kondenseringstemperaturen. Dette kunne eventuelt gøres i samspil med frikøling.

Den optimale reguleringsstrategi for ovennævnte bør undersøges nærmere. Der kan eventuelt gennemføres en egentlig systemanalyse, hvor den optimale fordeling mellem køletårn, varmepumpedrift og frikøling bestemmes ud fra energi- og økonomiske overvejelser.

5. Referencer

Jensen, S.Ø. et al, 2003. Elforbrug i serverrum – forprojekt. Energi i Bygninger / Køle- og Varmepumpe teknik, Teknologisk Institut. ISBN 87-7756-706-4. Rapporten kan frit downloades fra www.sparel.dk.

Jensen S.Ø. og Molnit, L., 2004. Miniundersøgelse af strømforsyninger til pc'er. Energi i Bygninger, Teknologisk Institut.

SBI, 1982. Vejrdata for VVS og energi – Dansk referenceår TRY. SBI rapport nr. 135.