

# Samtidighed for brugsvandsforbrug før og nu

Dimensioneringen af fjernvarmenettet er blandt de områder, hvor værkerne kan styrke effektiviteten. Denne artikel ser på, hvordan brugsvandet belaster nettet.



## EFFEKTIVISERING

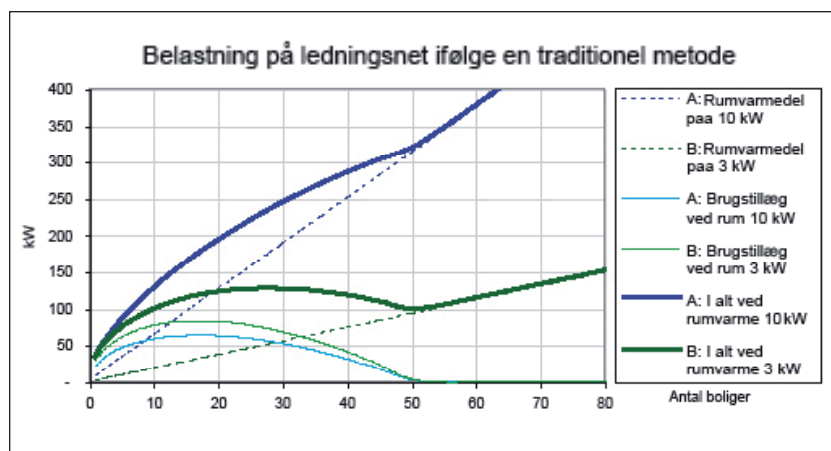
Af applicationspecialist Halldor Kristjansson, Danfoss og chefrådgiver René Salomon, Grontmij | Carl Bro A/S

Et af de forhold, der kan styrke fjernvarmeforsyningen i forhold til andre varmeforsyningsformer er en optimal dimensionering af ledningsnettet. For små rørdimensioner kan medføre mangel på varmeleverance, mens for store rørdimensioner forhøjer regningen til såvel anlægsudgifter som til varmetab. Det sidste var mindre relevant under tidligere rammebetingelser, men spørgsmålet er nu, hvor meget situationen har ændret sig i dag. Formålet med denne artikel er at medvirke til en nødvendig udvikling på området tilskyndet af de nye rammer for fjernvarmeforsyningen.

Dimensionering af fjernvarmeledninger kan opdeles i to faser. Dels en vurdering af den maksimale flowbelastning på ledningen afhængig af temperaturforhold. Dernæst valg af dimension ud fra trykforhold. Denne artikel omhandler forhold vedrørende en del af den første fase, nemlig brugsvandsbelastning.

Hvis man ønsker at beregne den maksimum varmeeffekt for en gruppe af N ens boliger  $E(N)$ , hvor man kender maksimum varmeeffekten fra hver bolig  $e_{maks} = e(1)$ , så fås en god garanti for den nødvendige ledningskapacitet ved at regne med, at samtlige N boliger på én gang forbruger maksimal effekt:

$$E(N) = N * e(1) \quad (\text{kW})$$



Figur 1: Samlet belastning på ledningsnettet. Kurverne viser forskellig belastning af ledningsnettet ved en gruppe boliger med et maksimum varmebehov på 10 kW rumvarme, og en gruppe lavenergiboliger med et varmebehov på 3 kW rumvarme ifølge varmeståbien.

Sandsynligheden for, at alle N boliger forbruger maksimal effekt samtidig, er dog ganske ubetydelig. I praksis er boliggruppens maksimale belastning mindre:

$$E(N) = S(N) * N * e(1)$$

hvor reduktionsfaktoren  $S(N)$  er den såkaldte samtidighedsfaktor. Denne faktor ligger som regel langt under 100 %. Jo flere boliger der er med i gruppen, jo lavere vil faktoren være.

En del projekter har involveret målinger af belastning fra en gruppe boliger, og derefter vurderet samtidighedsfaktorens afhængighed af antal forbrugere.

Vurderingerne er noget forskellige, og en direkte sammenligning af samtidighedsfaktorer fra flere forskellige kilder kræver harmonisering af en række forudsætninger. En afgørende forudsætning er vurdering af det maksimale varmebehov for den enkelte bolig,  $e(1)$ . To projekter der

$$\begin{aligned} E(N)_{\text{boliger}} &= N * e(N)_{\text{bolig}} \\ e(N)_{\text{bolig}} &= S(N)_{\text{rum}} * e(1)_{\text{rum}} + S(N)_{\text{brugs}} * e(1)_{\text{brugstillæg}} \\ e(1)_{\text{brugstillæg}} &= (e(1)_{\text{brugs}} - e(1)_{\text{rum}}) * \%_{\text{brugstillæg}} \\ S(N)_{\text{rum}} &= K + (1-K)/N \\ S(N)_{\text{brugs}} &= (1/\sqrt{N}) * (51-N)/50, \text{ for } N < 51, S(N)_{\text{brugs}} = 0, \text{ for } N > 51 \\ \%_{\text{brugstillæg}} &= 75-100\% \text{ for GVV, } 40-50\% \text{ for VVB.} \end{aligned}$$

En enkel og populær version af samtidighedsfaktorer samt den afledte maksimale varmeeffekt for en gruppe boliger findes i Varmeståbien.

måler samme varmebehov for en gruppe boliger,  $E(N)$ , kan nemlig godt komme frem til en forskellig vurdering af samtidighedsfaktoren  $S(N)$ , fordi de sætter  $e(1)$  til forskellige værdier, (se foranstående formel). Det er derfor mere robust at sammenligne effektbelastningerne  $E(N)$  (eller  $e(N) = E(N)/N$ ) end det er at sammenligne samtidighedsfaktorer.

En enkel og populær version af samtidighedsfaktorer samt den afledte maksimale varmeeffekt for en gruppe boliger findes i Varmeståben (se boks nederst side 34).

Rumvarmeforbruget udgør en basis.  $K$  angives til 62%, men generelt er  $K$  afhængigt af bl.a. radiatorfaktorer. Brugsvandsforbruget udgør et tillæg, der gradvist reduceres ved et øget antal boliger, ned til nul ved ca. 50 boliger. Dette hænger sammen med, at den reelle gruppeeffekt for brugsvand bliver så lav, at den forsvinder i usikkerheden på rumvarme effekt og ledningstab.

Denne metode er glimrende i tilfælde af traditionelle huse, men metoden er sandsynligvis ikke tiltænkt nye lavenergi boliger, som det frem-

$$\begin{aligned}
 E(N, e_{\max}, e_{00}) &= e_{00} * N + b * \sqrt{N} + c \quad (\text{kW}) \\
 e_{00} &= 0.70 \text{ til } 1,19 \text{ kW,} \quad (\text{afh af energiforbrug til brugsvand kWh/bolig}) \\
 b &= e_{\max} - e_{00} - c \\
 c &= C' * (e_{\max} / 32,3)^2 \\
 C' &= 32.3 - e_{00} - 18 * (e_{00} / 1,19)
 \end{aligned}$$

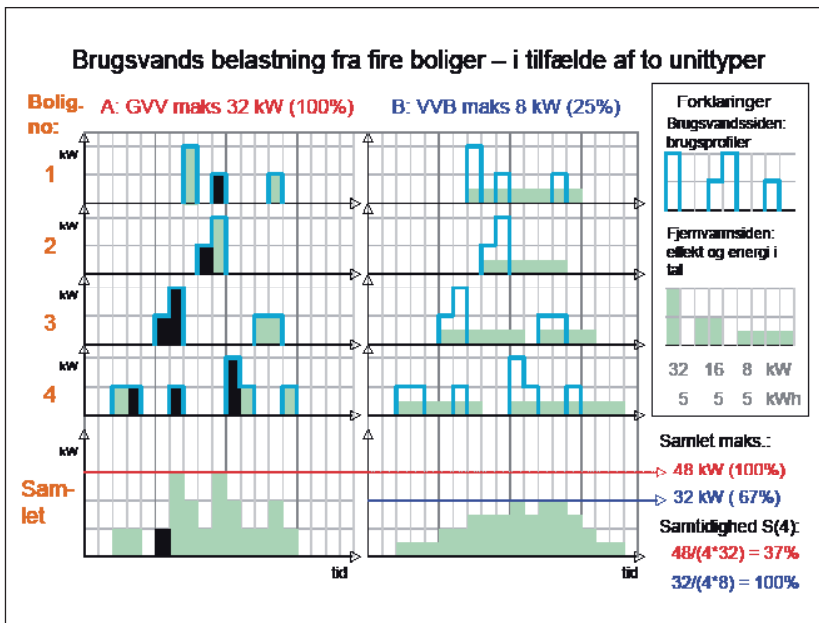
Effektiv formel, der ud fra brugsvandsunits maksimum belastning på fjernvarmenettet,  $e_{\max} = e(1)$ , samt boligernes gennemsnitsbelastning  $e_{00}$ , beregner den samlede brugsvandsbelastning for en gruppe  $N$  boliger.

går af figur 1, hvor boliggruppens samlede belastning burde være stigende med antal boliger i gruppen. Rumvarmeforbruget i nye boliger er nemlig blevet så lavt, og fjernvarmeløsninger er nu så velisolerede, at det bliver for unøjagtigt at behandle brugsvandsbelastningen alene som et tillæg til rumvarmeforbruget. Dette gælder specielt ved undersøgelser, hvor man vil sammenligne flere forskellige tekniske løsninger vedr. optimal design af det samlede fjernvarmesystem, men det kan også være relevant ved almindelig projektering.

Metoden er også rundhåndet mht. et andet forhold, der tidligere var af mindre betydning, nemlig at samtidighedsfaktoren for en gruppe gennemstrømningsvandvarmere falder hurtigere end for en gruppe beholderunits. Dette skyldes, at hvis en

beholderunit har en maksimum effekt på f.eks. 25 % i forhold til en gennemstrømnings unit, så vil den som udgangspunkt forbruge fjernvarme i fire gange så lang tid for, at kunne levere den samme brugsvands-energi (figur 2). Dette er baggrunden for, at sandsynligheden for en samtidig belastning af beholderunits er større end en samtidig belastning af gennemstrømningsunits.

Eksemplet i Fig. 2 viser, at allerede, når gruppen tæller fire units, så er forskellen i gruppebelastningen mellem de to unittyper reduceret fra 75% til 33%. Samtidigheden for de fire gennemstrømningsvekslere er  $S(4)=37\%$ , mens samtidigheden for de fire beholdere stadigvæk er  $S(4)=100\%$ , fordi der findes et tidsinterval, hvor de alle sammen kommer til at køre samtidig på nettet. Figuren angiver naturligvis kun et illustrerende eksempel, og beviset leveres kun med statistisk teori verificeret med måleresultater (se f.eks. Lawaets 85).



Figur 2: Hvordan påvirker units maksimum belastning samtidighedsfaktoren? Figuren angiver svaret ved et forenklet eksempel: En enkelt unit B har maks. effekt på kun 25 % af en enkelt unit A. Men fire units B har en samlet maksimum effekt på næsten 70 % af fire units A. Det fremgår, at der er forudsat samme forbrugsmønstre for A og B.

Uanset unittype så vil påvirkningen af den enkelte boligs maksimale effekt på gruppens samlede effekt fortsætte med at mindskes i retning mod værket. I stedet for stiger gruppeeffektens afhængighed af den enkelte boligs energiforbrug til brugsvand. Energiforbruget er forholdsvis uafhængigt af fjernvarmeunits type, men derimod er det mere afhængigt af forbrugerforhold, herunder f.eks. hvor mange personer, der opholder sig i hver bolig, samt deres vaner vedr. energi- og vandbesparelser.

Efterfølgende fremsættes en effektiv formel, der ud fra brugsvandsunits maksimum belastning på fjernvarme-

(Fortsættes næste side)

(Fortsat fra forrige side)

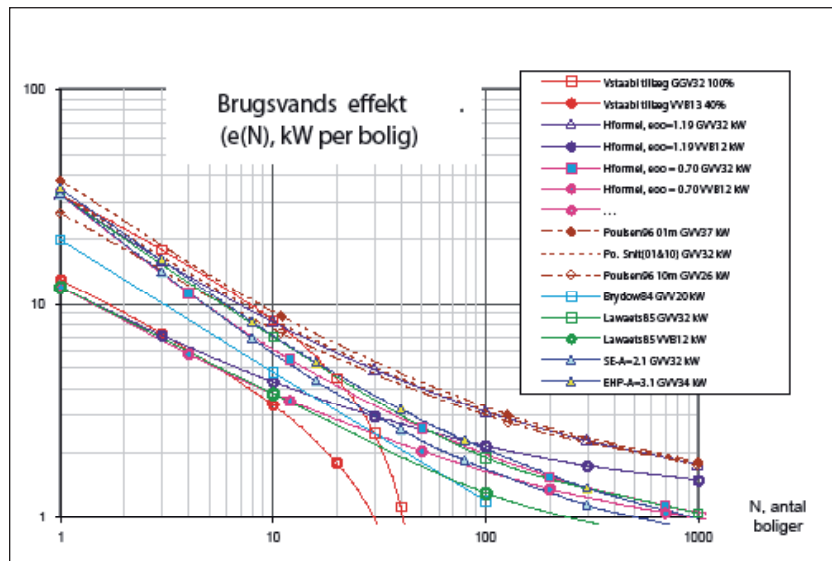
nettet,  $e_{maks} = e(1)$ , samt boligernes gennemsnitsbelastning  $e_{oo}$ , beregner den samlede brugsvandsbelastning for en gruppe N boliger (se boks øverst side 35).

Denne formel er et kompromis mellem enkelthed og anvendelighed. En forenklet version af formelen er tidligere præsenteret i / EHP2006/. Strukturen med de tre led,  $N$ ,  $\sqrt{N}$  og konstanten  $c$ , stammer fra statistisk teori, se f.eks. Holmberg 87 eller Lawaets 88. Brugsvandsbelastningen følger tilnærmet en såkaldt Poisson fordeling. Denne fordeling angiver den samlede belastning for en gruppe boliger ud fra en accepteret risiko for, at en grænse overskrides. I tidligere rapporter er denne risiko typisk sat til mellem en procent ned til én promille. Ovenstående formel kan forklares enklere ved at dividere med  $N$ , og se på gennemsnitsbelastning pr bolig:

$$e(N) = E(N) / N = e_{oo} + b / \sqrt{N} + c / N \text{ (kW)}$$

Parameteren  $e_{oo}$  (kW/bolig) angiver belastning pr. forbruger ved et meget stort antal forbrugere. Denne parameter er primært afhængig af energiforbruget pr bolig (kWh brugsvand).

Spredningen på Poisson fordelingen vokser med  $\sqrt{N}$ . Det er mindre end  $N$ , og derfor bliver fordelingen relativt



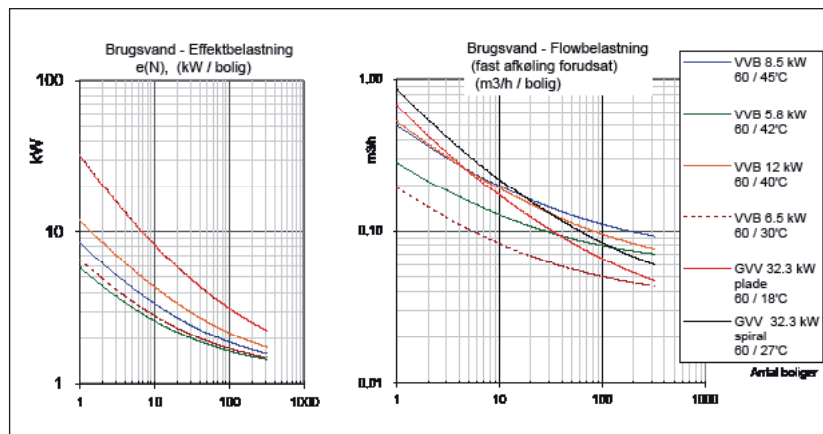
Figur 3: Nye og tidligere vurderinger af gruppebelastning for brugsvand,  $e(N)$ . Bemærk at kurverne ikke nødvendigvis er tilsigtede præcist den samme situation, varmenheder angiver tillæg til rumvarme til dimensionering af fjernvarmerør, mens f.eks. SE og EHP kurverne er rettet mod dimensionering af brugsvandsvekslere der leverer vand til et større antal boliger.

småere jo flere boliger, der er med. Derfor falder belastningen pr. bolig med antal forbrugere. Parameteren  $b$  fortæller om sikkerhedsniveauet, for at en belastningsgrænse ikke overskrides.

Konstanten  $c$  hænger sammen med maksimum belastningen fra den yderste forbruger.

De opstillede formler er et resultat

af en samlet vurdering af resultater fra tidligere måleprojekter af beholdere og vekslere, samt standarder angivet i litteraturlisten. I (/EHP2006-E-IV/) sættes  $e_{oo} = 1,19$  hvilket svarer til et "pænt" energiforbrug. Ifølge



Figur 4: Belastning  $e(N)$  på ledningsnettet ifølge ny formel med parameter  $e_{oo}=1,19$ , som i /EHP2006/. Kurverne sammenligner seks forskellige units. Effekt  $e(1)$  og afkøling er angivet ifølge målinger af de enkelte units, dog er uniten "VVB 6,5kW" et tænkt eksempel. Det er forskelligt hvordan de forskellige unit typer belaster værnettet. Yderst i nettet belaster VVB nettet mindre end GVV, men tættere på værket belaster GVV nettet mindst.

NOTATIONER	NOTATIONER
Rum:	Rumvarme
Brugs:	Brugsvand
N:	Antal boliger i gruppen
E(N):	Den samlede (maksimum) varmeeffektbelastning fra N boliger (kW)
e(N):	Den samlede (maksimum) varmeeffektbelastning fra N boliger per bolig (kW/bolig)
e(N):	= E(N)/N
$e_{maks}$ :	= e(1) = E(1): Maksimum varmeeffektbelastning fra en enkelt bolig (kW).
S(N):	Samtidighedsfaktor for N boliger
S(N):	= E(N)/(N*e(1)) = e(N)/e(1)
VVB:	Varmvandsbeholder
GVV:	Gennemstrømningsvandvarmer

(Lawaets 85, Dresden TU, Svenske F101, EHP2006) falder effekten noget hurtigere, hvilket ses af Fig 3.

Når brugsvandsbelastningen er nede på omkring 1 kW/bolig ved en størrelsesorden af 1000 boliger, så er det præcise tal blevet mindre relevant, fordi to andre typer belastninger her begynder at veje tungt i det samlede billede. Den ene er ledningstab, der typisk er 0,5-1,0 kW/bolig, den anden er rumvarmebelastningen, der typisk er 1-10 kW/bolig.

Den virkelige belastning på en ledning er ikke varmeeffekt, men flow, der er proportionelt med både varmeeffekt og afkøling. En afkøling fra fremløbstemperatur på 60°C ned til returtemperatur på 40°C vil lede til et dobbelt så højt flow, som en afkøling fra henholdsvis 60°C ned til 20°C. Det gælder tit, at en beholderunit belaster stikledningen og de yderste ledninger med færre kilowatt, mens en gennemstrømningsunit afkøler bedre. Beholderuniten kan spare stikdimensioner eller pumpetryk, mens gennemstrømningsvandvarmeren kan spare den samlede flowmængde, der skal pumpes rundt i nettet. Der findes mange unittyper inden for disse to hovedkategorier. I Fig. 4 er der vist 6 forskellige unit typer.

Vi har sandsynligvis ikke fundet den endelige sandhed om fremtidens samtidighedsfaktor her, men vi håber, at vi med denne artikel kan bidrage til en positiv udvikling af fjernvarmesyningen.

Litteraturliste, der kan inspirere yderligere omkring de beskrevne forhold, tilsendes ved henvendelse til forfatterne.

rene.salomon@grontmij-carlbro.dk  
halldor.kristjansson@danfoss.com

## TEMADAG | SAMARBEJDER OG FUSIONER



# TEMADAG om Samarbejder og fusioner

Den 23. august i Fjernvarmens Hus

### Medvært:

Torkild Kjærsgaard, Skanderborg Fjernvarme og bestyrelsesmedlem i Dansk Fjernvarme

### KL 08.20 | Velkomst og præsentation af programmet

### KL 08.45 | Fusion og samarbejde i fjernvarmesektoren

- Dansk fjernvarmes succesfulde forskning i samarbejdsopgøret
  - Hvorfor samarbejde stopper og hvor det hele gik så galt?
  - Hvor stort er potentialet?
  - Nogle tekniske analyser
  - En konkret analyse af mulige gevinster. Præsentation af et samarbejds katalog
  - Perspektiver og muligheder
- af Marc Rør Hvidst, Syddansk Universitet*

### KL 11.30 | Samarbejde og fusioner på godt og ondt

- Bostads erfaringer med samarbejder og fusioner
  - Baggrund og motivation
  - Fordelen og skærper for de involverede parter
  - Erfaringer og anbefalinger fra praksis
- af Hans Peter Hvidst, formand for Bostads Fjernvarme*

### KL 12.10 | Fællest

### KL 12.30 | Fra tanker til handling

- Overvejelser gjort under og i processen
  - Identifikation af mulige forhindringer for handlinger
  - Konklusioner fra forbrugerne og mulighederne efter fusionen?
  - Identifikation fra forbrugerne og samarbejdsformen efter fusionen?
- af Bjørn Kærsten, tidligere formand for Tjebstrup Fjernvarme*

### KL 13.30 | Erfaringsoverførelse

- Overvej muligheder og potentielle ved eget samarbejde i dit fjernvarmeselskab
  - Identificer mulige forhindringer og løsninger
  - Overvej hvordan løsninger kan overvindes og processen kan gøres attraktiv
- af Marc Rør Hvidst, Syddansk Universitet*

### KL 14.20 | Vi byder op til dans!

- Bostads og Vojens tanker på vej til at bygge deres samarbejde
  - Baggrund for samarbejdet. Hvorfor stopper du?
  - Hvordan er processen planlagt?
  - Status og erfaringer indtil videre
- af Rasmus Rør Hvidst, formand for Bostads Fjernvarme*

### KL 15.00 | Forretningsplanlægning

- Forretningsplanlægning, hvad er det?
  - Hvad skal der med samarbejdets og organisationen?
  - Hvad kan og skal besluttes gennem for at fremme og støtte processen
  - Findes der et ideelt forløb?
  - Hvordan opstår man, at begge parter finder sig som vindere?
- af Lars Madsen, MPM&M Business & Consulting*

### KL 16.00 | SLUT

Tilmelding til Dansk Fjernvarme hurtigst muligt på  
TEL: 76 38 80-00 eller [www.danskfjernvarme.dk](http://www.danskfjernvarme.dk)

