



0 Generelt

01 Innhold

Bladet beskriver hvordan man kan beregne faktisk dagslysinfall i en bygning. Med tilstrekkelig dagslysinfall er elektrisk belsning unødvendig. Bladet viser hvordan man kan beregne dette sparepotensialet for elektrisk belsningsenergi, samt ulike praktiske måter å styre belsningen på. Målgruppa for dette bladet er arkitekter, ingeniører og offentlige saksbehandlere.

02 Henvisninger

Plan- og bygningsloven (pbl)
Teknisk forskrift til pbl (TEK) med veiledning
Lov om arbeidervern og arbeidsmiljø m.v. (arbeidsmiljøloven)

Standarder:

SS 91 42 01 Byggnadsutformning – Dagsljus – Förenklad metod för kontroll av erforderlig fönsterglas-area

Planløsning:

311.115 Beregning av sol-, skygge- og horisontforhold. Del I og II

Byggdetaljer:

- 421.601 Lys og lystekniske begreper
- 421.602 Dagslys. Egenskaper og betydning
- 421.610 Krav til lys og belsning
- 421.621 Metoder for distribusjon av dagslys i bygninger
- 421.626 Beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor og glassareal
- 471.018 Dokumentasjon av forventet energibruk i bygninger. Krav til hver enkelt bygningsdel
- 472.421 Valg av vinduer til boliger. Energibehov og inn klima
- 472.422 Valg av vinduer til yrkesbygg. Energibehov og inn klima
- 525.775 Overlys med kupler av plast
- 533.163 Solskjerming

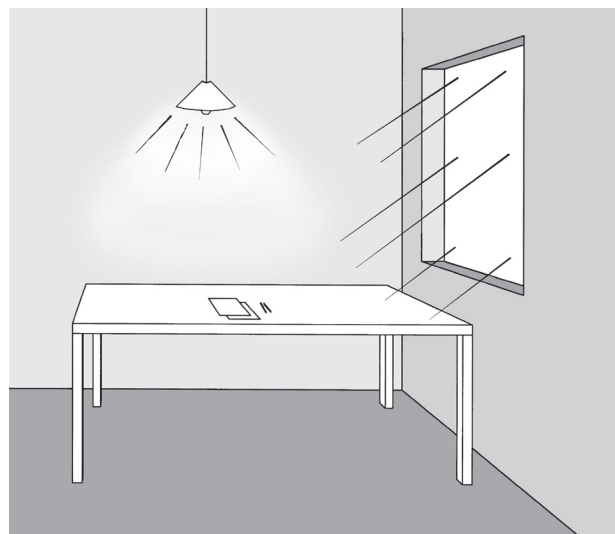
1 Offentlige krav

11 Krav til dagslys

TEK krever at rom for varig opphold skal ha tilfredsstillende tilgang på dagslys, med mindre oppholds- og arbeidssituasjonen tilsier noe annet. TEK krever også at rom for varig opphold skal ha vinduer og utsyn.

12 Krav til arbeidsplasser

Arbeidsmiljøloven regulerer kravene til arbeidsplasser. Arbeidsplassen skal innrettes slik at arbeidsmiljøet blir



fullt forsvarlig ut fra hensynet til arbeidstakernes sikkerhet, helse og velferd. Det skal sørges for gode lysforhold, om mulig dagslys og utsyn. Klimaet skal være fullt forsvarlig med hensyn til luftvolum, ventilasjon, fuktighet, trekk, temperatur o.l.

13 Begrensning i varmetap fra bygningen

TEK krever dokumentasjon på at bygningen tilfredsstillende varmetapskravene. Uansett dokumentasjonsmåte, vil det være en øvre grense for glassareal. For dokumentasjon vises det til Byggdetaljer 471.018.

2 Dagslysfaktoren

21 Generelt

Dagslys er avhengig av både vindusåpningene i en bygning (dagslysfaktoren) og tilgjengeligheten på dagslys på stedet hvor bygningen ligger (dagslysets varighet).

Ved overskyet vær vil dagslysnivået i et rom være proporsjonalt med dagslysnivået utendørs.

22 Definisjon

Dagslysfaktoren, DF, er definert som forholdet mellom belsningsstyrke innendørs på et horisontalt plan og samtidig belsningsstyrke på en horisontal flate ute med fri horisont og jevn overskyet himmel. Dagslysfaktoren gjelder bare for diffust lys utendørs, det vil si i overskyet vær. Med skyfri himmel kan mengden dagslys bli både høyere og lavere, avhengig av hvor mye været avviker fra dagslysfaktorens forutsetninger. Gjennomsnittlig dagslysfaktor er gjennomsnittet av dagslysfaktoren i et rom.

23 Anbefalt gjennomsnittlig dagslysfaktor

Arbeidsplasser som bare skal belyses med dagslys bør ha en gjennomsnittlig dagslysfaktor på 5 % på arbeidsplanet for å få en alminnelig god belysning [522]. I arbeidsrom og rom for varig opphold i boliger med kunstig tilleggsbelysning kan dagslysfaktoren reduseres til 2 %. I sekundære rom kan gjennomsnittlig dagslysfaktor reduseres til 1 %. I henhold til veiledningen i TEK skal oppholdsrom ha minimum 2 % gjennomsnittlig dagslysfaktor.

24 Beregningsmetoder for dagslysfaktoren

Det er fire aksepterte metoder for beregning av dagslysfaktorforholdene i et rom:

- beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor i bygninger ved hjelp av kurver, utviklet av Byggforsk
 - bruk av dataprogram for beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor
 - beregning av glassarealet etter SS 91 42 01
 - minst 10 % glassareal av golvarealet, forutsatt begrenset horisontavskjerming. Balkonger teller med i golvarealet.
- Detaljert beskrivelse av de ulike beregningsmetodene fins i Byggdetaljer 421.626.

25 Refleksjonsfaktor

Rommets reflekterende flater, som tak, vegger og golv, bidrar til å øke dagslysfaktoren. Refleksjonsfaktoren angir hvor stor prosentdel av lyset som reflekteres tilbake fra en belyst flate. Hvis refleksjonsfaktorene innendørs er kjent, benyttes disse. Hvis faktorene ikke er kjent, er det vanlig å benytte 20–30 % for golv, 50 % for vegger og 70 % for tak.

26 Lystransmisjon i glass

En viktig faktor i beregning av dagslysfaktoren er glassarealets lystransmisjon. Denne må hentes fra datablad for angitt glasstype. Tonet glass kan ha lystransmisjon helt ned mot 50 %, mens klart glass kan ha lystransmisjon over 80 %. Glassets lystransmisjon vil variere med graden av overskyethet. Til praktiske formål er det vanlig å bruke 80 % lystransmisjon for tolags glass og 70 % lystransmisjon for trelags glass. Tallene gjelder for overskyet vær.

27 Sammenheng mellom dagslys og varighetskurver

Slik dagslysfaktoren er definert, er den ikke et mål på hvor mye dagslys som kommer inn i bygningen. Den skiller ikke mellom nord- og sydvendte vinduer og heller ikke mellom ulike solforhold. Dagslysfaktoren angir bare den prosentvise mengden dagslys i et rom i forhold til tilgang på dagslys utendørs. Dagslysfaktoren må derfor ikke anvendes isolert, men sammen med varighetskurver for dagslys, se pkt. 3.

3 Varighetskurver

31 Bruk av varighetskurver

311 *Definisjon.* Varighetskurver gir oss informasjon om hvor mye dagslys vi kan forvente å ha tilgang på over et helt år i forhold til fasadens orientering, geografisk beliggenhet og tid på året. Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen (UiB), og Meteorologisk institutt, Universitetet i Oslo (UiO), har utviklet en metode for beregning av varighetstabeller basert

på solens posisjon og statistiske værdata [523] som viser antall timer/tidsenhet med horisontal og vertikal belyningsstyrke (nord, øst, syd og vest) over et gitt nivå som statistisk kan forventes. Det er lagd tabeller for 16 forskjellige steder i Norge.

312 *Energisparing.* Når vi vet hvor mye dagslys det er på et horisontalt plan utendørs og dagslysfaktoren er kjent, kan vi beregne mengde dagslys innendørs i de punktene dagslysfaktoren gjelder for. Dette er viktig kunnskap når dagslys skal benyttes for å spare elektrisk energi, se pkt. 4. Med en dagslysfaktor på 2 % kan vi i Oslo, i tidsrommet kl. 0800–1600, forvente å ha 606 timer med belyningsstyrke over 500 lux i punktet hvor dagslysfaktoren er beregnet, se tabell 42. I denne tidsperioden trenger ikke den elektriske belysningen å være i bruk. Figur 312 viser en varighetskurve for hele døgnet for Oslo.

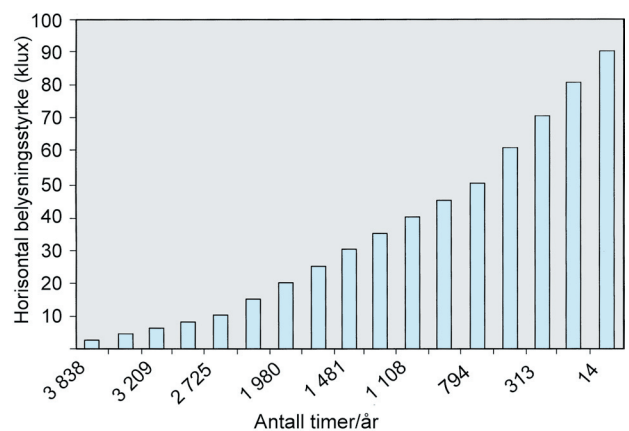


Fig. 312
Varighetskurve for Oslo.
Kurven viser forventet antall timer per år over hele døgnet med horisontal belyningsstyrke over ett gitt nivå. Kurven gjelder for den diffuse delen av belyningsstyrken. Hvis også direktebelysningen regnes med, blir tallene noe høyere. Det er vanlig i prosjekteringsammenheng bare å regne med den diffuse delen av belyningsstyrken. Tallene til kurven er hentet fra [523].

32 Betydningen av geografisk beliggenhet

321 *Stedets lengde- og breddegrad.* En avgjørende faktor for tilgang på sollys er stedets lengde- og breddegrad. Breddegraden har innvirkning på tilgjengelig solhøyde og dermed hvor stort tap sollyset får på sin vei gjennom atmosfæren. Breddegraden har også innvirkning på hvor lenge det er sol i løpet av en dag. Nord for polarsirkelen (66° 33' breddegrad) er det for eksempel mørketid i en periode om vinteren og midnattssol i en periode om sommeren. Slike forhold vil påvirke varighetskurvene. Lengdegraden har ikke tilsvarende betydning innenfor landets grenser. Den har betydning for tidspunktet for soloppgang, solnedgang og for tidspunktet når solen står i senit.

322 *Værets innvirkning.* Stedets værtype kan ha stor innvirkning på varighetskurvene. På nettstedet www.satel-light.com finner man varighetstabeller for store deler av Europa ved å oppgi stedets lengde- og breddegrad.

323 *Empiriske formler for belyningsstyrke utendørs.* Det er utviklet empiriske formler for enkel beregning av midlere belyningsstyrke som funksjon av solhøyden. Disse er angitt i tabell 323 a. Se også tabell 323 b og fig. 323, samt Planløsning 311.115.

Tabell 323 a

Tabellen angir forenklete formler for beregning av horisontal belysningsstyrke når solas asimutvinkel er 180°, det vil si i senit. Tabellen må brukes sammen med tabell 323 b og fig. 323.

Himmeltype	Horisontal belysningsstyrke, E_{hor} (lux) ¹⁾
Klar himmel	$1\ 100 + 15\ 500 \cdot \sqrt{\sin(h)}$
Midlere skydekke	$1\ 200 \cdot h - 2\ 800$ ($8^\circ < h < 50^\circ$)
Overskyet	$500 \cdot h$

¹⁾ h = solhøyden i grader

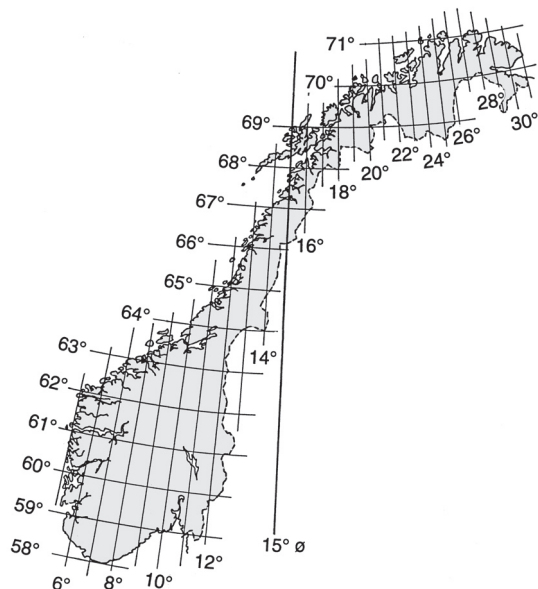


Fig. 323
Oversikt over lengde- og breddegrader i Norge

324 *Eksempel.* Fra fig. 323 leser vi at breddegraden for Oslo er ca. 60°. Fra tabell 323 b leser vi at solhøyden den 21. desember er 6,6°. For overskyet vær får vi $E_{hor} = 500 \cdot 6,6 = 3\ 030$ lux, når solen står på sitt høyeste. Den 21. juni, når vi har maksimalt med sollys, får vi $E_{hor} = 500 \cdot 52,4 = 27\ 700$ lux. Hvis vi kjenner dagslysfaktoren, kan belysningsstyrken beregnes i det angitte punktet innendørs. Vi må huske at beregningene gjelder for den maksimale belysningsstyrken når solen står på sitt høyeste. Tidligere på dagen og på ettermiddagen vil belysningsstyrken være lavere.

4 Beregning av sparepotensialet for elektrisk energi

41 Styring av elektrisk belysning

- 411 *Sparemuligheten* avhenger av hvordan elektrisk belysning styres. For å redusere forbruket av elektrisk energi til belysning, må belysningsarmaturene styres i forhold til tilgangen på dagslys. Styringen kan være manuell eller automatisk.
- 412 *Manuell styring* har den ulempen at brukeren av belysningsanlegget selv må tenne, slukke eller dimme belysningen etter behag. Noen er flinke til dette, mens andre ikke er fullt så gode. Betingelsen for at manuell styring skal være effektiv, er at brukeren selv ikke deler belysningsanlegget med andre.
- 413 *Automatisk styring.* Det er to former for automatisk styring av elektriske belysningsanlegg i forhold til dagslystilgang:
- bruk av fotocelle, der belysningsanlegget slås av når dagslystilskuddet alene dekker belysningsbehovet, se pkt. 42.
 - automatisk dimmeanlegg, der den elektriske belysningen kompenseres for manglende dagslys ved å heve belysningsstyrken opp mot for eksempel 500 lux, se pkt. 43.

42 Eksempel på beregning av sparepotensialet ved bruk av fotocelle

Vi har et cellekontor hvor det er installert 2 stk. 2 x 28 W lysrørarmaturer, som gir 500 lux på arbeidsplanet. Stedet er Oslo, og dagslysfaktoren er beregnet til 2 %. Vi finner årstabellen for Oslo i [523]. Vi tar utgangspunkt i at kontoret bare brukes innenfor vanlig kontortid, fra kl. 0800 til 1600. Utdrag av årstabellen er vist i tabell 42.

Hvis vi styrer belysningsanlegget med en fotocelle som slår av belysningen når dagslysnivået er over 500 lux innendørs, ser vi at i 606 timer av totalt 2 920 timer kan den elektriske belysningen være av. Dette vil si at i $2\ 920 - 606 = 2\ 314$ timer må belysningen være tent. Med en energipris på 0,5 kr/kWh, og med et effektforbruk på 0,12 kW, koster belysningen oss:

$$2\ 314 \text{ timer/år} \cdot 0,12 \text{ kW} \cdot 0,5 \text{ kr/kW} = 138,84 \text{ kr/år.}$$

Hvis belysningen er tent hele tiden, vil kostnaden være:

$$2\ 920 \text{ timer/år} \cdot 0,12 \text{ kW} \cdot 0,5 \text{ kr/kW} = 175,20 \text{ kr/år.}$$

Vi har her spart 21 % av energiforbruket og -kostnadene.

Tabell 323 b

Tabellen viser maksimale solhøyder i grader som funksjon av den 21. i hver måned og breddegraden.

Breddegrad	Maksimale solhøyder i grader											
	Jan.	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
58	12,0	21,2	32,0	43,6	52,0	55,4	52,4	44,4	32,9	21,5	12,2	8,6
59	11,0	20,2	31,0	42,6	51,0	53,4	51,4	43,4	31,9	20,5	11,2	7,6
60	10,0	19,2	30,0	41,6	50,0	52,4	50,4	42,4	30,9	19,5	10,2	6,6
61	9,0	18,2	29,0	40,6	49,0	52,4	49,4	41,4	29,9	18,5	9,2	5,6
62	8,0	17,2	28,0	39,6	48,0	51,4	48,4	40,4	28,9	17,5	8,2	4,6
63	7,0	16,2	27,0	38,6	47,0	50,4	47,4	39,4	27,9	16,5	7,2	3,6
64	6,0	15,2	26,0	37,6	46,0	49,4	46,4	38,4	26,9	15,5	6,2	2,6
65	5,0	14,2	25,0	36,6	45,0	48,4	45,4	37,4	25,9	14,5	5,2	1,6
66	4,0	13,2	24,0	35,6	44,0	47,4	44,4	36,4	24,9	13,5	4,2	0,6
67	3,0	12,2	23,0	34,6	43,0	46,4	43,4	35,4	23,9	12,5	3,2	0
68	2,0	11,2	22,0	33,6	42,0	45,4	42,4	34,4	22,9	11,5	2,2	0
69	1,0	10,2	21,0	32,6	41,0	44,4	41,4	33,4	21,9	10,5	1,2	0
70	0	9,2	20,0	31,6	40,0	43,4	40,4	32,4	20,9	9,5	0	0
71	0	8,2	19,0	30,6	39,0	42,4	39,4	31,4	19,9	8,5	0	0

Tabell 42
Varighetstabell/år for Oslo i tidsrommet kl. 0800–1600

E _{hor} i klux ¹⁾	Antall timer	Belysningsstyrken i lux innendørs når DF = 2 %
= 0	2 920	= 0
> 0	2 775	> 0
> 2	2 538	> 40
> 4	2 358	> 80
> 6	2 130	> 120
> 8	1 959	> 160
> 10	1 799	> 200
> 15	1 416	> 300
> 20	969	> 400
> 25	606	> 500
> 30	379	> 600
> 35	231	> 700
> 40	123	> 800
> 45	46	> 900
> 50	4	> 1 000

¹⁾ 1 klux = 1 000 lux

Tabell 43
Varighetstabell/år for Oslo i tidsrommet kl. 0800–1600

E _{hor} i klux ¹⁾	Antall timer	Belysningsstyrke i lux innendørs når DF = 2 %	Tilskudd fra elektrisk belysning i lux	Effektforbruk i kW etter neddimming
= 0	2 920	= 0	500	0,12
> 0	2 775	> 0	500	0,12
> 2	2 538	> 40	460	0,11
> 4	2 358	> 80	420	0,10
> 6	2 130	> 120	380	0,091
> 8	1 959	> 160	340	0,082
> 10	1 799	> 200	300	0,072
> 15	1 416	> 300	200	0,048
> 20	969	> 400	100	0,024
> 25	606	> 500	0	0
> 30	379	> 600	0	0
> 35	231	> 700	0	0
> 40	123	> 800	0	0
> 45	46	> 900	0	0
> 50	4	> 1 000	0	0

¹⁾ 1 klux = 1 000 lux

43 Eksempel på beregning av sparepotensialet ved bruk av automatisk dimmeanlegg

Vi benytter samme eksempel som i pkt. 42, men med automatisk dimmeanlegg.

Vi ser av tabell 43 at det er tilstrekkelig dagslys i 606 timer, mens det i 969 timer må kompenseres med elektrisk belysning på 100 lux, som tilsvarer et effektforbruk på 0,024 kW. I den videre beregningen er det antatt at sammenhengen mellom avgitt belysningsstyrke og effektforbruk er proporsjonalt. Dette er ikke helt korrekt, men som overslagsberegning kan det aksepteres. Hvis vi sier at energiforbruket forandrer seg lineært fra 0 til 100 lux, vil vi i gjennomsnitt bruke $0,024/2 = 0,012$ kW over hele perioden. Vi kan så lage følgende regnestykke:

$(969 - 606)$ timer $\cdot (0,024/2)$ kWh = 4,36 kWh. Med en energipris på 0,5 kr/kWh blir dette kr 2,18. Tabell 43 viser videre at den elektriske belysningen må være i en dimmetilstand tilsvarende 0,048 kW i 1 416 timer. Vi lager tilsvarende regnestykke:

$(1\ 416 - 969)$ timer $\cdot (0,048 + 0,024)/2$ kW = 16,09 kWh, osv. for alle verdiene i tabellen. Det totale regnestykket gir 156,1 kWh/år. Energiprisen/år blir $156,1 \cdot 0,5 = 78$ kr/år. I forhold til at belysningen står på hele tiden mellom kl. 0800 og 1600 (se pkt. 42), er energiforbruket redusert med 55 %. Vi ser at automatisk dimmeanlegg er den mest effektive metoden for å spare energi. Likevel er det liten økonomisk gevinst totalt sett, selv ved 55 % spart energimengde. Det er først når belysningsanlegget har en viss størrelse, for eksempel i større industribygg, at et automatisk dimmeanlegg kan forsvares økonomisk.

44 Økonomiberegninger med dataprogrammer

Det fins dataprogrammer som kan beregne sparepotensialet ved ulike måter å styre belysningen på. Figur 44 a viser et klasserom. Det er installert 12 stk. 2 x 36 W armaturer med elektronisk forkobling, slik at energiforbruket per armatur er ca. 60 W. Beregningsresultatet er vist i fig. 44 b.

Ved bruk av dataprogram er det mulig å gjennomføre mer avanserte styringsmetoder. Dette gjelder for eksempel situasjoner med blanding av ulike typer armatur som må styres forskjellig, blanding av dimbare og ikke-dimbare armaturer, eller situasjoner hvor bare deler av anlegget skal påvirkes av et styringssystem.



Fig. 44 a
Visualisering av klasserom. Det er montert 12 armaturer på 2 x 36 W i rommet.

Energy Savings for Room 1-1							
Summary:		Base Line -	With On/Off Controls	With Dimming Controls -			
Energy Consumed	175 kWhr	91 kWhr	59 kWhr				
Energy Cost	87.60	45.26	29.48				
Savings	-	48.3 %	66.3 %				
Outdoor Illuminance (kLux)	Hours	Average Outdoor Illuminance (kLux)	Indoor Daylighting Illuminance (Lux)	Electric Lighting Required (Lux)	Dimming Level (%)	Hours of Electric Lighting	Non-Dimmed Energy (kWhr)
Total	2920	0	0.0	500.0	100.0	145.0	0.0
> 0	2775	1	33.2	466.8	93.4	237.0	0.0
> 2	2538	3	99.7	400.3	80.1	180.0	0.0
> 4	2358	5	166.1	333.9	66.8	228.0	0.0
> 6	2130	7	232.5	267.5	53.5	171.0	0.0
> 8	1959	9	299.0	201.0	40.2	160.0	0.0
> 10	1799	13	415.2	84.8	17.0	383.0	0.0
> 15	1416	18	499.1	0.9	0.2	4.7	0.0
> 20	969	23	747.4	0.0	0.0	0.0	0.0

Fig. 44 b
Energiberegning for rommet som er vist i fig. 44 a. Beregningen gjelder for Oslo fra kl. 0800 til 1600.

5 Referanser

51 Utarbeidelse

Dette bladet er revidert av Jonny Nersveen. Bladet erstatter blad med samme nummer utgitt i 2001. Fagredaktør har vært Anders Kirkhus. Faglig redigering ble avsluttet i november 2004.

52 Litteratur

- 521 Löffberg, Hans Allan. Rekna med dagsljus. Statens institutt för byggnadsforskning. Gävle, 1987
- 522 Lyskultur. Dagslys i bygninger. Prosjekteringsveiledning, 1998
- 523 Skartveit, Arvid og Olseth, Jan Asle. Varighetstabellar for timevis belysning mot 5 flater på 16 norske stasjoner. Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen, publ. nr. 7, 1988.

MERKNAD TIL ANVISNING: 421.625

: Presisering av areal

Presisering av areal: I pkt. 24, fjerde strekpunkt, skal det stå "minst 10 % glassareal av BRA".
Arealet av utkragende bygningsdeler på vindusfasaden (f.eks. balkonger) inngår i BRA.