

Funktionsafprøvning

Funktionsafprøvning i praksis. Hvornår skal der funktionsafprøves?

Indendørsbelysningsdagen 2023

Jan Marcussen

Kort præsentation

- > Navn: Jan Marcussen
- > Uddannelse: Elektriker og stærkstrømsingeniør
- > Ansættelse: COWI
- > Opgaver: Primært teknisk bygherrerådgiver
- > Fagområde: Elinstallationer generelt, og særligt belysning, herunder projektering og funktionsafprøvning



Funktionsafprøvning

Hvorfor gør vi det?

Funktionsafprøvning - baggrund

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen indførte pr. 1. juli 2017 krav i bygningsreglementet om funktionsafprøvning af installationer.

Baggrunden for kravet er, at nybyggerier og større renoveringer ofte bliver afleveret med alvorlige fejl i de tekniske installationer. Dette kan føre til et forringet indeklima og et energiforbrug, der ligger væsentligt højere end forventet.

Funktionsafprøvningen skal eftervise, om de antagelser, der blev anvendt ved projekteringen af byggeriet og er anvendt i byggeansøgningen som grundlag for byggetilladelsen, er overholdt.

Kilde: BR18, Energiforbrug og klimapåvirkning (§ 250 - § 298) – vejledning om funktionsafprøvning, 1.4 Baggrund

Funktionsafprøvning – Antagelser anvendt ved projekteringen

- Bygningers energiforbrug

Bygningsreglementet indeholder krav til bygningens energimæssige ydeevne.

Den overordnede, generelle tilgang er baseret på krav i EU-direktiv 2010/31/EU om bygningers energimæssige ydeevne.

Detaljer om beregningsmetoden fremgår af SBI-anvisning 213 Bygningers energibehov.

Beregning af bygningers energibehov kan f.eks. beregnes i programmet BE18.



Funktionsafprøvning - baggrund

I forbindelse med ansøgning af byggetilladelse skal der i det indsendte materiale være indeholdt en beregning af bygningens energibehov, som viser at kravene stillet i bygningsreglementet overholdes.

Funktionsafprøvning - baggrund

Dokumentation for resultatet af funktionsafprøvningen skal indsendes til kommunen, og opfyldelse af kravene er en forudsætning for, at bygningen må tages i brug.

Kilde: BR18, Energiforbrug og klimapåvirkning (§ 250 - § 298) – vejledning om funktionsafprøvning, 1.0 Indledning

Funktionsafprøvning - baggrund

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af belysningsanlægget før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at belysningsanlægget overholder bygningsreglementets krav til belysningsstyrke, samt at dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling fungerer efter hensigten

Kilde: BR18, Lys og udsyn, § 384

Funktionsafprøvning - baggrund

Vejledning til funktionsafprøvning fremgår af bygningsreglementet i afsnit 11 - Energiforbrug (§ 250 - § 298), Vejledning om funktionsafprøvning

Hvornår skal der udføres funktionsafprøvning?

Bygningsreglementets krav gælder ved nybyggeri, men også for eksisterende byggeri, hvor der udføres ændringer, der har betydning for bygningsreglementets bestemmelser. Det er for eksempel når der installeres en ny bygningsinstallation, der ikke tidligere har været i bygningen. For eksempel et byggeri, der har været ventileret med naturlig ventilation, og som renoveres ved at få installeret et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. Ligeledes gælder kravene om funktionsafprøvning ved udskiftning af eksisterende installationer med nye tilsvarende installationer.

Kilde: BR18, Energiforbrug og klimapåvirkning (§ 250 - § 298) – vejledning om funktionsafprøvning, 1.0 Indledning

Generelt om funktionsafprøvning jf. BR18

1.2 Hvem kan udføre funktionsafprøvning

Der stilles ikke krav til hvem, der udfører en funktionsafprøvning. Det anbefales dog, at der anvendes en uvildig tredjepart uden tilknytning til bygherre eller udførende entreprenører. Det anbefales desuden, at udførelsen af funktionsafprøvningen foretages af en uddannet fagperson med relevant måleteknisk viden og erfaring.

Desuden skal bemærkes, at det altid er bygningsejerens ansvar, at bygningsreglementets krav er overholdt.

Kilde: BR18, Energiforbrug og klimapåvirkning (§ 250 - § 298)

Funktionsafprøvning af belysningsanlæg

4.0

Belysning

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af belysningsanlæg før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise om belysningsanlægget overholder bygningsreglementets krav til:

- Belysningsstyrke

Samt at dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling fungerer efter hensigten.

Kilde: BR18, Energiforbrug og klimapåvirkning (§ 250 - § 298)

Hvad skal der måles jf. BR18

4.2

Belysningsstyrke

Formål med funktionsafprøvning af belysningsstyrke

Det skal eftervises, at det elektriske belysningsanlæg opfylder bygningsreglementets krav for belysningsstyrke, jf. DS/EN 12464-1, *Lys og Belysning - Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser*.

Regelmæssigheden af belysningen, U_0 , defineres som minimums belysningsstyrken, E_{min} , i forhold til middelbelysningsstyrken, E_{mid} .

Kilde: BR18, Energiforbrug og klimapåvirkning (§ 250 - § 298)

Funktionsafprøvning af lysstyring

4.4

Styring af elektriske belysningsanlæg

Det er et krav i bygningsreglementet, at arbejdsrum m.v. og fælles adgangsveje skal forsynes med energieffektiv belysning, hvilket blandt andet opnås ved effektiv lysstyring. Hvis der er tilstrækkeligt dagslys skal arbejdsrum m.v. og fælles adgangsveje forsynes med automatisk dagslysstyring. Ligeledes er det et krav, at arbejdsrum og fælles adgangsveje, der kun benyttes lejlighedsvis skal forsynes med bevægelsesmeldere. Endeligt er der krav til, at arbejdsrum m.v. skal opdeles i zoner for at kunne reducere belysningen i zoner med højt dagslysniveau eller zoner, der ikke er i brug.

Definition af arbejdsrum m.v.

§ 379

Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum, i det følgende benævnt arbejdsrum mv., samt beboelsesrum og køkken skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er tilstrækkeligt belyste.

Kilde: BR18, Energiforbrug og klimapåvirkning (§ 250 - § 298)

Funktionsafprøvning af lysstyring

Formål med funktionsafprøvning af lysstyring

Formålet med afprøvningen er at eftervise, at lysstyringen i praksis mindst svarer til den forudsætning, der blev anvendt i energibehovsberegningen, der dokumenterer bygningens overholdelse af bygningsreglementets energikrav, jf. kap. 11, *Energiforbrug*.

Definition af lysstyring

Lysstyring omfatter i denne sammenhæng automatisk dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling af belysningsanlægget.

Kilde: BR18, Energiforbrug og klimapåvirkning (§ 250 - § 298)

Funktionsafprøvning – hvad er målet?

- > Som en del af myndighedsprojektet blev der indsendt en energiberegning for byggeriet.
- > Energiberegningen er givetvis blevet opdateret i de efterfølgende projektfaser og endelig opdateret med produktvalg mm. ved oprettelse af projektet til Udførelsesprojekt.
- > En del af energiberegningen indeholder data vedr. belysningsanlægget. Disse data skal overholdes ved funktionsafprøvningen, for at der kan opnås ibrugtagningstilladelse.

	Belysning	Areal (m ²)	Almen (W/m ²)	Almen (W/m ²)	Belys. (lux)	DF (%)	Styring (U, M, A)	Fo (-)
	Belysningszone	346,21	Min.	Inst.			U,M,A,K	
+1	Værksted	33,88	0,2	5	300	3	U	0,8
2	stor sal	93,96	0,2	5	200	4	K	0,8
3	Køkken	18,36	0,2	5	500	2	K	0,8
4	Teknikrum	8,69	0,2	5	200	0	U	0,1
5	Garderobe	5,02	0,2	3	200	0	U	0,3
6	Toilet	2,91	0,2	3	200	0	U	0,3
7	Gang	18,12	0,2	3	100	0	U	1
8	Reception	20,5	0,2	5	500	0	K	1
9	Toilet 1	3,47	0,2	3	200	0	U	0,3
10	Toilet 2	3,25	0,2	3	200	0	U	0,3
11	HC toilet	5,56	0,2	3	200	0	U	0,3
12	Kontor	27,95	0,2	5	500	3	K	1

Funktionsafprøvning af belysningsanlæg

> Hvornår og hvordan starter funktionsafprøvningen?

Projektering

- Lysberegninger/projektering
- Vedligeholdelsesfaktor
 - Reflektanser
 - Definition af arbejdsområder/krav
- Funktionsbegrivelse/dagslyszoner



Udførelse

- Montering af belysning
- Sammenhold placeringer med projekteringsforudsætninger
 - Programmering



Funktionsafprøvning/ dokumentation

- Indhente relevant projekteringsgrundlag
- Fastlæggelse af målepunkter og antal
 - Luxmålinger
 - gangtests
 - Dagslystests

Funktionsafprøvning kræver forberedelse

Inden funktionsafprøvningen påbegyndes er det vigtigt at kende forudsætningerne for det projekterede belysningsanlæg:

- > Er der udført lysberegninger for de aktuelle rum? Eller er belysningen projekteret på et andet grundlag?
- > Hvilken vedligeholdelsesfaktor (lysnedgang) er der projekteret med?
- > Hvilke områder er defineret som f.eks. Kontorarbejdspladser eller andre arbejdsområder, og er der evt. defineret gangarealer, hvor kravet til belysningsstyrke er lavere?
- > Hvilken Tabel/ref. nr. i 12464 er det målte område projekteret efter?
- > Hvordan er lysstyringen programmeret, og hvordan skal den fungere?
- > Hvor skal der måles, og hvor mange målinger skal der udføres?

Funktionsafprøvning kræver forberedelse

Som supplerende vejledning til funktionsafprøvning anbefales "Funktionsafprøvning af bygninger – det skal gøres rigtigt" i det følgende benævnt "Funktionsafprøvning af bygninger".



Hvilket antal målepunkter skal der fastlægges?

Målepunkter

Som målepunkter udvælges et grid, der dækker mindst 25% repræsentative arbejdspladser (dog mindst svarende til en arbejdsplads) og enkelte typiske målesteder i områder med normal færdsel, fx gange og trapper. Antallet af målepunkter i et grid kan bestemmes ved brug af DS/EN 12464-1. Hvis afprøvningen påviser fejl, øges omfanget af repræsentative arbejdspladser til 100%.

Længde [m]	Maksimal afstand mellem punkter i målenettet [m]	Minimum antal af punkter i måleplanet
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

Tabel 7.2. Målenet

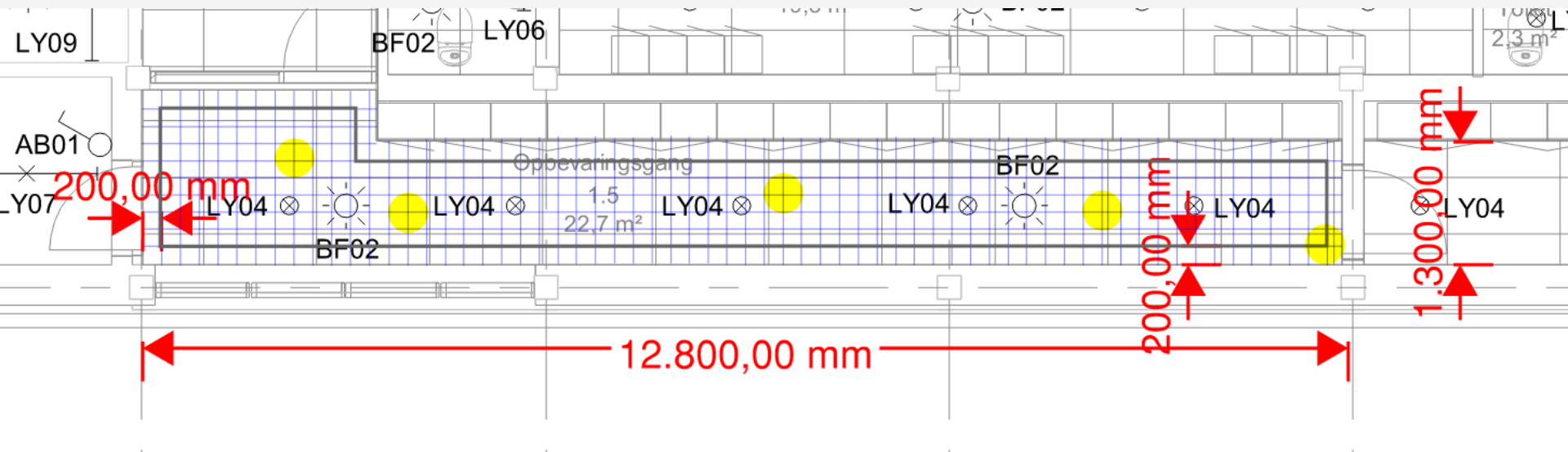
Kilde: Teknologisk Institut, Funktionsafprøvning af bygningers installationer – det skal gøres rigtigt, Marts 2021.

Ved andre rummål henvises til DS/EN 12464-1, Figur 3.

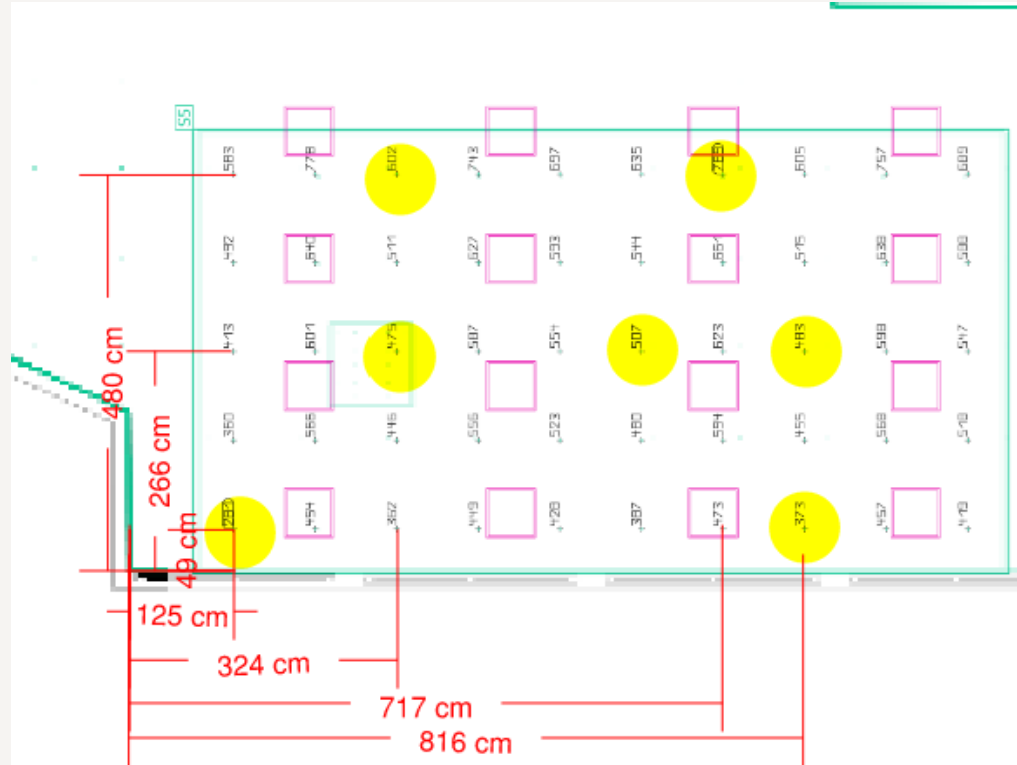
Hvor og hvor mange målinger udføres?

- > Såfremt der ikke findes en lysberegning svarende til det aktuelle lokale, udlægges et målenet i et grid med en max afstand mellem målepunkterne svarende til tidligere viste skema. Såfremt længste mål er over 2 gange større end den korteste længde, definerer den korte længde afstanden mellem målepunkterne.
- > Inden for målenettet udvælges en række målepunkter til bestemmelse af belysningsstyrken og regelmæssigheden. **Antallet skal præsentere et omfang der gør det muligt at beregne en retvisende middelbelysningsstyrke, og en retvisende minimumsbelysningsstyrke**
- > I f.eks. gangarealer bør målinger fortrinsvist udføres mellem belysningsarmaturerne.
- > Udføres der måling med en luxmåler med autologning, kørende på et rullebord, Skal kørebanen planlægges svarende til målenettets afstand mellem kørebanerne.
- > Såfremt der findes en lysberegning svarende til lokalet, kan denne med fordel anvendes som målegrundlag.
- > Der accepteres en afvigelse på op til 10% grundet måleusikkerhed.

Eksempel på udlægning af målenet og målepunkter



Lysberegning – Udskrift med talværdier i beregningspunkterne



Funktionsbeskrivelse

Hvordan ønskes belysningen at fungere?

- > Er anlægget udført med dagslysstyring/zonedelt/dæmpning?
- > Hvad sker der når man aktiverer et belysningstryk?
- > Styres tænd/sluk efter bevægelse, og hvilken efterløbstid er der programmeret?
- > Hvilken lysstyrke er lysstyringen programmeret til?
- > Er der programmeret andre funktioner? Nabostyring? Og dæmpes der evt. til en lavere belysningsstyrke efter nogle minutter uden bevægelse?

Er der zoner med forskellige krav til belysningsstyrke?

Kontorarbejdspladser (grøn)/gangarealer(blå)



Funktionsafprøvning – BR18

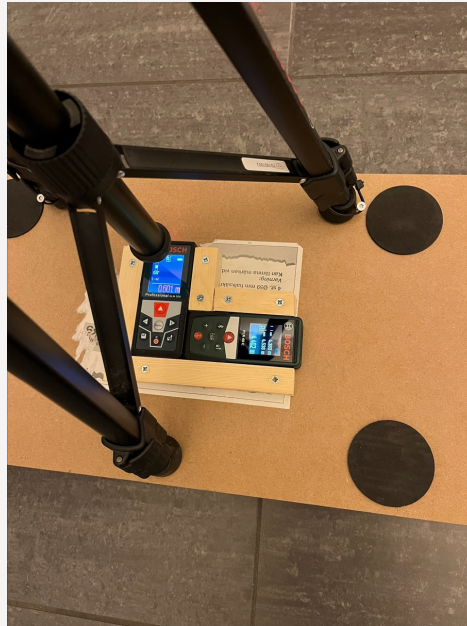
De tekniske krav til belysningen skal kunne opfyldes i hele anlæggets levetid.

- > Belysningen skal således ved nyinstallation være dimensioneret således at anlægget også overholder kravene til belysningsstyrke hele levetiden.
- > Den beregnede vedligeholdelsesfaktor er udtryk for denne overdimensionering, således at et belysningsanlæg skal kunne levere et belysningsniveau som svarer til kravene til belysningsstyrke, tillagt luxværdien svarende til belysningsarmaturernes lysnedgang over tid.
- > Ps.: Ovenstående gælder dog ikke for CLO-armaturer.
- > **Ovenstående betyder at $E_{\text{mid_målt}}$ x vedligeholdelsesfaktoren skal være større end $E_{\text{mid_12464-1}}$**
- > Eks. kontor: $E_{\text{mid_målt}}$ (670lux) * vedl. faktor (0.78) = 523lux > $E_{\text{mid_12464-1}}$ (500lux) - OK

Lysmåling – hvordan

- > Teknologisk Institut og Realdania har indspillet nogle korte film til inspiration ved: [Måling af belysningsstyrke](#)
- > Midlertidig belysning nedtaget, og f.eks. Skærme slukket
- > Udføres i mørke, med fordel aften/nat og tusmørke
- > mindst 25% repræsentative zoner (dog mindst svarende til en arbejdsplads) og enkelte gange og trapper
- > Husk at NA:2015 til DS/EN 12464-1 ikke længere er gældende
- > Vær opmærksom på at vælge et tilstrækkeligt antal målinger til at kunne beregne en retvisende middelbelysningsstyrke.
- > I "Funktionsafprøvning af bygninger" nævnes også måling af $E_{m,z}$, $E_{m,wall}$, $E_{m,ceiling}$.

Lysmåling – i praksis



Funktionsafprøvning af lysstyring

Hvad skal afprøves/måles?

- › Tænder lyset når der er bevægelse i rummet? Funktionen vurderes efter områdets anvendelse – gående bevægelser/stillesiddende? Kan med fordel testes i testtilstand.
- › Svarer efterløbstid(er) til funktionsbeskrivelsen?
- › Er lysstyringen opdelt i zoner jf. funktionsbeskrivelsen
- › Dæmper/slukkes zoner successivt efter dagslysindfald?

Funktionsafprøvning af lysstyring

- > Teknologisk Institut og Realdania har indspillet nogle korte film til inspiration ved: [Funktionsafprøvning af lysstyring](#)
- > Udfør test af bevægelsesfølsomhed – gerne i sensorens testtilstand
- > Mål efterløbstider
- > Udfør en referencemåling uden dagslys i hver dagslyszone.
- > Belys dagslyssensor med kraftig lygte, og konstater om dagszoner dæmper/slukker korrekt, og i korrekt rækkefølge
- > Tilføj dagslys, f.eks. Ved at åbne solafskærmning, og mål lysstyrken i hver zone, for sammenligning med referencemålinger.
- > Såfremt der er automatisk solafskærmning skal det kontrolleres at denne kører ned ved E_{max} og op ved E_{min}

Dokumentation

- > Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under
- > Dokumentation for målepunkter og måleresultater
- > Dokumentation for testresultater
- > Dokumentation for hvilket måleudstyr der er anvendt, inkl. dokumentation for udført kalibrering
- > Konklusion af funktionsafprøvning
- > Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvning

- > Til dokumentation kan Registreringsskemaerne i "Håndbog for funktionsafprøvning", pkt. "9.5.1 Registreringsskemaer" med fordel anvendes.

Dokumentation

Registreringsskema til test 1

Funktionsafprøvning af belysningsstyrke og regelmæssighed (uniformitet)

Anlægsnummer:	Udført af:	Dato:

Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under

Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)

Anvendt måleudstyr	
Type	Kalibreringsdato

Dokumentation

Måleresultater

Lokale		Enhed
Længde		m
Bredde		m
Maksimal afstand mellem punkter i måleplan		m
Minimum antal af punkter i måleplan		-

Målepunkter	Belysningsstyrke [Lux]

Kilde: Teknologisk Institut, Funktionsafprøvning af bygningers installationer – det skal gøres rigtigt, Marts 2021.

Dokumentation

Belysningsstyrke

Målt middelbelysningsstyrke [Lux]	Krav til middelbelysningsstyrke [Lux]	Afvigelse [%]

Regelmæssighed (uniformitet)

Målt minimumsbelysningsstyrke (A) [Lux]	Målt middelbelysningsstyrke (B) [Lux]	Regelmæssighed (A/B) [-]

Beregnet regelmæssighed [-]	Krav til regelmæssighed [-]	Afvigelse [%]

Det samlede resultat

Dokumentation

Dagslysstyring og zoneopdeling

Zone	Målt middelbelysningsstyrke ved maksimal dæmpning [Lux]	Krav til middelbelysningsstyrke [Lux]	Afvigelse [%]

Tjek	Ja/nej
Almenbelysning tænder automatisk, når belysningsstyrken er under E_{min} for lokale/zone	
Reguleringen fungerer jf. dokumentationen – konstateres for eksempel ved at trække gardiner for eller lukke solafskærmning	
Belysningen dæmpes mest i zoner med meget dagslys og mindre i zoner med mindre dagslys	
Ved maksimal dæmpning opfyldes kravene til belysningsstyrke	

Dokumentation

Bevægelsesmelder

Tjek	Ja/nej
Lyset tænder umiddelbart, når person går ind i rummet	
Sensorplacering og følsomhed er tilstrækkelig til ikke at slukke almenbelysning ved stillesiddende/arbejdende person	

Tjek	Tid [min]
Lyset slukkes efter t_{sluk} minutter	
Målt tidsforsinkelse (holdetid) t_{sluk} svarer til indstillingsværdi	

Det samlede resultat

Kilde: Teknologisk Institut, Funktionsafprøvning af bygningers installationer – det skal gøres rigtigt, Marts 2021.

Dokumentation

	Ja	Nej
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?		

Hvis nej – beskriv hvorfor

Kommentarer

Kilde: Teknologisk Institut, Funktionsafprøvning af bygningers installationer – det skal gøres rigtigt, Marts 2021.

Spørgsmål



THANK YOU!