

Villaägarnas Riksförbund  
Box 7118  
192 07 SOLLENTUNA

## Utvärdering av KUBIE™ Energibesparingsbox i scenario: Belysning villa

### Sammanfattning

En utrustning som benämns ”KUBIE™ Energibesparings box” anges sänka energiförbrukningen med mellan 8 och 15 procent om den installeras i en villa eller ett fritidshus. Variationen i besparing sägs bero på vilken energiförbrukande utrustning som finns ansluten samt var i landet som huset ligger. RISE har fått i uppdrag av Villaägarnas Riksförbund att undersöka om påståendet om sänkt energiförbrukning stämmer. KUBIE sägs även göra att dina elapparater håller mer än 30 procent längre. En undersökning av livslängden på elapparater är mycket omfattande och tidskrävande så i det aktuella fallet har ingen provning utförts utan inverkan av livslängd nämns enbart som generella resonemang.

Resultaten av provningen visar att de naturvetenskapliga lagarna gäller även för Energibesparingsboxen KUBIE™ och att den inte ger någon lägre energiförbrukning med bibehållen nytta. Sänker man genom KUBIE effekten, måste t.ex. ett värmeelement vara på en längre tid innan önskad värme uppnås, men någon lägre energiförbrukning åstadkoms inte. Man betalar helt enkelt för den energi man förbrukar och man får det man betalar för, kanske bara inte i den energiform man tänkte sig. Den energi som t.ex. används för att driva en glödlampa, omvandlas delvis till ljus och delvis till värme.

Det är dessutom så att KUBIE i sig förbrukar ström, så även om alla elektriska förbrukare stängs av, kommer en inkopplad KUBIE att på ett år förbruka ca 200 kWh, som omvandlas till värme.

När det gäller energiförbrukare med konstant effekt som radio, tv och dator samt viss belysning, ser en elektronisk krets till att effektförbrukningen till utrustningen är konstant. Vid sänkt spänning ökar strömmen i kretsen så att effekten kan bibehållas. Den ökade strömmen medför en större värmeutveckling, vilket ger en förhöjd effektförbrukning och kan leda till utökat slitage/åldrande av utrustningen. När KUBIE kopplas in, påverkas således inte energiförbrukningen nedåt i förbrukare med konstant effekt.

### RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress

Box 857  
501 15 BORÅS

Besöksadress

Brinellgatan 4  
504 62 BORÅS

Tfn / Fax / E-post

010-516 50 00  
033-13 55 02  
info@ri.se

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE  
i förväg skriftligen godkänt annat.

Vid energiförbrukare med spänningsberoende effekt som motorer, värmeelement, vattenberedare samt viss belysning, beter sig dessa så att när spänningen minskas, sjunker strömmen och därmed även effekten. En lampa lyser därmed svagare och en motor får mindre kraft. Ett värmeelement kommer att få vara tillslaget en längre tid för att kunna uppnå samma rumstemperatur innan termostaten stänger av och det kommer att ta längre tid för en varmvattenberedare att värma upp vattnet. När effektuttaget sjunker, ger det generellt ett skonsammare slitage på utrustning, men effekten skulle även kunna bli att viss utrustning havererar, t.ex. att en trögstartad motor inte kommer igång pga. den sänkta spänningen utan står stilla och bränner lindningarna. Det hör även till saken att man även utan KUBIE kan minska slitaget och sänka effektuttaget på utrustningen, t.ex. genom att köra en elvisp på en lägre hastighet eller ställa in ett värmeelement på en lägre temperatur.

Effekten när KUBIE kopplas in och belysning används, varierar med typen av belysning. Resultatet kan bli sänkt ljusflöde, att större andel av ljusflödet hamnar inom det för ögat osynliga infraröda strålningsområdet och/eller att det krävs mer ström för att driva belysningen.

### Mätningar

Mätningarna utfördes på olika typer av ljuskällor kopplade direkt på elnätet, 230 volt växelström (VAC) samt, kopplade via KUBIE för en spänningssänkning till 210 – 215 volt växelström. Lampornas ljus belyste en detektor anpassad för ögats ljuskänslighet, dvs detektorn registrerar ljusflödet, den ”nyttiga effekten” – ljuset som människan kan uppfatta. Inkopplingen beskrivs i detalj under rubriken Provförutsättningar, se sidan 5.

Den ”nyttiga effekten” mäts i enheten lumen (lm) och motsvarar elektrisk effekt (W) men enbart i ögats känslighetsområde, dvs värmestrålning och icke synligt ljus mäts ej. Ljusflödet (lm) som fås med inkopplad KUBIE anges som procent, till det ljusflöde som fås vid direkt inkoppling på elnätet, dvs med 230 VAC. Mätningarna utfördes i ett stängt rum, med mät- och manöverutrustning i ett angränsande kontrollrum – ingenting i mätupställningen förändrades i skiftet mellan direktinkoppling och KUBIE-inkoppling.

Den tillförda elektriska trefas-effekten mättes med en digital effektmätare med sex kanaler. Tre av kanalerna mätte på inkommande ledningar, vilket motsvarar den effekt som registreras av husets elmätare och som ligger till grund för elräkningen. De återstående tre kanalerna mätte effekten på ledningarna efter KUBIE. Dessa ledningar förser ljuskällorna med den elektriska effekt som omvandlas till ljus i ljuskällan.

Vid provningen var inkommande spänning i stort sett stabil kring 230 VAC och med KUBIE kopplad på utgång C respektive utgång B sänktes spänningen till ca 215 VAC resp. ca 210 VAC, vilket rekommenderas i inkopplingsanvisningen för KUBIE. De övriga utgångarna hade gett en spänning som ligger utanför det område som anges av tillverkaren och har därför inte utvärderats. Spänningsvariationen i inkommande spänning följdes noggrant av utspänningen från KUBIE. Varje prov pågick i 60 minuter och är ett medelvärde av 360 mätningar utförda var 10:e sekund. Förbrukad energi vid provningen kan därav anges som effekten under provtiden.

## Elförbrukares karakteristik

Elektriska apparater benämns elförbrukare och kan delas in i tre undergrupper:

1. utrustning vars elförbrukning är konstant oavsett variation i drivspänningen.
2. utrustning vars elförbrukning följer drivspänningens variationer.
3. utrustning som i olika grad utgör kombinationer av dessa kategorier.

Som regel kan sägas att utrustning tillverkas för att fungera som bäst vid märkspänningen 230 VAC men klarar av att fungera mer eller mindre väl i ett intervall kring märkspänningen, dvs även vid en något sänkt eller något högre spänning.

### *Förbrukare med konstant effekt*

En elektronisk krets ser till att effektförbrukningen till utrustningen är konstant. Vid sjunkande spänning, som med KUBIE, ökar strömmen i kretsen så att effekten kan bibehållas. Den ökade strömmen medför en ökad värmeutveckling som ger en förhöjd effektförbrukning och kan leda till utökat slitage/åldrande av utrustningen. Konstant-effekt är vanligt förekommande på elektronisk utrustning som radio, tv och dator men förekommer även på viss belysning.

### *Förbrukare med spänningsberoende effekt*

Förbrukare med spänningsberoende effekt är t.ex. värmeelement, elektriska motorer och glödlampor. När spänningen minskas, som med KUBIE, så sjunker strömmen och därmed även effekten. Det betyder att en glödlampa lyser svagare och att en motor får mindre kraft. Ett värmeelement kommer att få vara tillslaget en längre tid innan termostaten stänger av och varmvattenberedaren värmer upp vattnet långsammare. Ett minskat effektuttag ger generellt ett skonsammare slitage på utrustning men man kan även tänka sig ett fall där en trögstartad motor inte kommer igång pga. den sänkta spänningen utan står stilla och bränner lindningarna.

### Glödlampa/halogenlampa

Glödlampor och halogenlampor är förbrukare med spänningsberoende effekt som mycket annan utrustning i hemmet. Andra exempel är värmeelement, varmvattenberedare och strykjärn. Det betyder att den nyttiga effekten, som man kan utnyttja, sänks med sjunkande spänning. Precis på samma sätt som ett värmeelement avger mindre värme vid sänkt spänning, så blir glödlampans temperatur lägre och därmed försvagas även ljuset från glödlampan med KUBIE inkopplad. Energieffektiviteten hos en glödlampa är ganska låg, så det mesta av den tillförda energin blir värme. Endast en begränsad del omvandlas till nyttig effekt, det vill säga ljus. En stor del av effekten strålar bort som infraröd värmestrålning, vilket människan inte kan se. När spänningen och effekten på lampan sjunker förändras lampans så kallade färgtemperatur, den blir gulare, mer dämpad. Det innebär att en relativt sett större del av lampans uteffekt hamnar inom det infraröda strålningsområdet. Den förändring av färgtemperatur som framkom vid mätningarna innebar att ljusflödet var 13% - 15% lägre än det som beror på minskad tillgänglig effekt. Följden blir att minskningen i ljusflöde, -22%, är relativt sett större än sänkningen av effekten, -9%, med KUBIE.

### CFL (Lågenergilampa) / Lysrör

Äldre lysrör med glimtändare samt många lysrörs-lampor (CFL) uppträder på samma sätt som glödlampor med KUBIE inkopplad, de lyser svagare när inspänningen sjunker och är således förbrukare med spänningsberoende effekt. Elektroniken i modernare CFL kan även ge ett konstant-effekt uppträdande, eller ge ett uppträdande som utgör en blandning av spänningsberoende effekt och konstant effekt. CFL har inte mycket strålningseffekt i det infraröda området och det uppträder heller inte någon förändring av färgtemperaturen så man förlorar inte ljusflöde i det synliga området. Det minskade ljusutbytet på 1% jämfört med sänkningen av effekten beror till stor del på förluster i transformatorn – KUBIE.

## LED-lampa

Många LED-lampor har en konstant-effekt karakteristik medan andra är beroende av inspänningen. Man skulle förväntat sig att den procentuella effekten av ljusflödet skulle behållas, men med KUBIE inkopplad drar LED mer ström vilket medför högre värmeutveckling. LED får en minskad effektivitet på grund av högre temperatur så LED-lampan lyser lite svagare. Den nyttiga effekten av ljusflödet minskade med 1% medan elektriska effekten ökade 3% med KUBIE inkopplad.

## LED-lysrör

LED-lysrör arbetar oftast med konstant-effekt karakteristik. Det betyder att uttagen effekt är densamma, oavsett om spänningen förändras. Det gäller för många elektroniska utrustningar i ett hem, såsom till exempel tv, radio och dator. Att sänka spänning med KUBIE kommer därför inte att påverka uttagen effekt, då strömmen automatiskt kommer regleras för att uppnå samma konstanta effekt. Den på detta sätt ökade strömmen värmer elektroniken, men inte i någon större grad LED som sitter utspridda längs hela lysröret. LED lyser sämre om de värms upp, men i och med att uppvärmningen av LED-lysrören är marginell, lyser LED -lysröret endast marginellt svagare. KUBIE orsakar även ökad förlust i drivaggregatet, vilket medför att det krävs en större tillförd effekt för att driva LED-lysröret och få det att lysa med motsvarande ljusflöde som utan KUBIE inkopplad. Det får till konsekvens att förhållandet mellan tillförd effekt och nyttig effekt i form av ljusflöde minskade 5 % med KUBIE inkopplad. Endast en mindre del av denna minskning beror på temperaturhöjning i LED.

## LED-panel

LED-paneler har en konstant-effekt karakteristik. Med KUBIE inkopplad blir det externa drivdonet som ger en kontrollerad likström till LED-panelen varmare men värmer inte upp lysdioderna i panelen. Därför lyser dioderna lika mycket oavsett en spänningssänkning till drivdonet. Drivdonet blir varmare på grund av ökade förluster i drivdonet som beror på den ökade strömmen som krävs för att förse panelen med samma effekt. Den av KUBIE orsakade värmeökningen i drivdonet medför förluster och en ökad total effektförbrukning som uppgår till 7 %.

## Tomgång

KUBIE drar ström, även om inga andra elektriska förbrukare är inkopplade. Detta benämns tomgångseffekt. I de fall när man stänger av alla elektriska förbrukare kommer en inkopplad KUBIE att förbruka en tomgångseffekt på ca 23 W som omvandlas till värme. Över ett år innebär det ca 200 kWh som omvandlas till värme. En kall vinterdag får nog detta ses som ”nyttig energi” men är det verkligen värme vi vill ha under sommarhalvåret?

## Övrigt

Energi som köps via elnätet ger oss ett mervärde, en nytta eller ökad komfort. Vi har under utvärderingen av KUBIE inte identifierat något fall där en lägre energiförbrukning sker utan en påföljande effekt- eller komfortminskning. Däremot har flera fall identifierats där en komfortminskning sker utan att energiförbrukningen minskar, t.ex. att vattenkokaren tar längre tid men förbrukar samma mängd energi.

Energi kan inte förstöras, bara omvandlas. Man får alltid det man betalar för och därför har den minskning av ljus som har framkommit för glödlampan omvandlats till infrarött ljus, värme. Faktum är att även ljuset, det som vi här kallar för den nyttiga energin, omvandlas till värme när det absorberas i en väggyta.

## Teknisk beskrivning av utvärderingen

RISE Research Institutes of Sweden har gjort en utvärdering avseende effektförbrukning vid användning av KUBIE™ Energibesparingsbox jämfört med motsvarande förbrukning utan. Som elektrisk last har använts olika typer av ljuskällor.

### Testobjekt

Ett exemplar av trefas transformator KUBIE™ Energibesparingsbox 35A 3-fas, sn: C46184.3.17320A.0528. Testobjektet är tillhandahållet av uppdragsgivaren.

Ljuskällor anskaffade av RISE:

- 90 st halogen glödlampor av två olika typer, total effekt ca 3,5 kW.
- 90 st CFL (Compact fluorescent lamp) av 9 olika typer, total effekt ca 1,0 kW.
- 90 st LED-lampor av 6 olika typer, total effekt ca 800 W.
- 18 st LED-lysrör (LED-Tube) av 2 olika typer, total effekt ca 500 W.
- 12 st LED-paneler (600 • 600 mm) av 2 olika typer, total effekt ca 400 W.

### Identifiering

Ankomstdatum: 2019-01-25

Objektets tillstånd: Fabriksny

Er referens: Ulf Stenberg

Provningsort: RISE, Borås

Provningsdatum: 2019-02-19 — 2019-03-07

### Bakgrund

KUBIE™ Energibesparingsbox görs gällande att spara minst 8 % och upp till 15 % på elförbrukningen. Detta uppges ske utan att du behöver ändra dina vanor, vilket kan uppfattas som sänkt elförbrukning utan att sänka nyttan eller komforten av förbrukningen. Villaägarnas Riksförbund gav RISE i uppdrag att undersöka förändringen i elförbrukning och nyttoeffekt vid användande av KUBIE. Undersökningen utfördes på belysning men är tillämpbar på alla former av elförbrukande utrustning.

KUBIE™ Energibesparingsbox gör även gällande att förlänga livslängden på elapparater och belysning med minst 30 %. RISE har inte utfört något prov eller analys på förändringar i livslängd av använda ljuskällor och rapporterar inte livslängd annat än som generella resonemang rörande elektrisk utrustning i allmänhet.

Källa: <https://kubie.se/>

### Provförutsättningar

Fem olika typer av elförbrukande belysning, jämt fördelat på de tre faserna, användes som last under provningarna. Mätningar utfördes med lasten kopplad via KUBIE till inkommande elnät och jämfördes därefter med lasten direktkopplad till elnätet. Effekten i de tre faserna mättes före och efter de två 4-poliga (on-off-on) omkopplarna som skiftade mellan ström via KUBIE respektive ström direkt från elnätet. Det relativa ljusflödet från belysningen, lasten, mättes samtidigt med en fotometrisk detektor som via en förstärkare indikerade mätvärdet med en voltmeter. Avläsningen utfördes simultant med grupp-trigg på IEEE-488 instrument buss var 10:e sekund över en 60 minuters mätperiod.

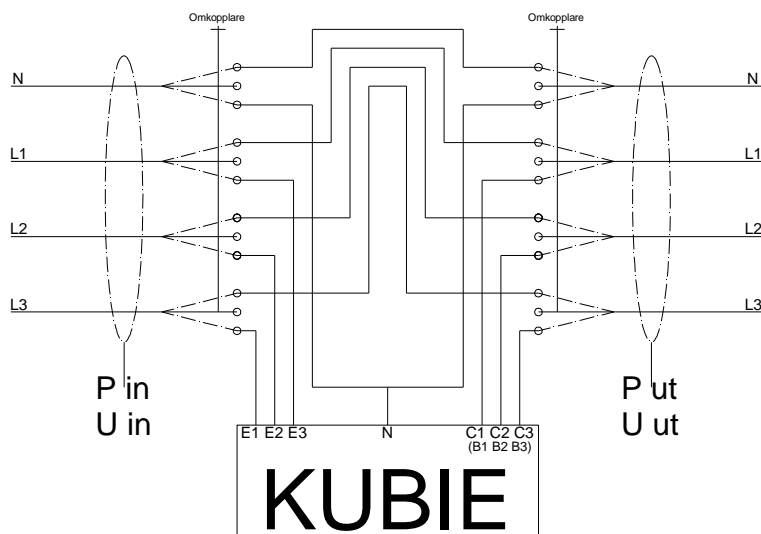


Bild 1: Kopplingschema

Vid omkoppling mellan direkt nätdrift och via KUBIE bröts strömmen först på ingången varvid utgången skiftades och ingången slöts till den andra strömkretsen. Mätningar via KUBIE skedde med inkoppling på utgång C respektive utgång B. Mätningarna utfördes i ett separat rum för belysning och detektor, med mät- och manöverutrustning i ett angränsande kontrollrum. Inför varje mätomgång stabiliserades belysningen i ca 15 minuter.

Efter varje mätperiod mättes ljuskällans färgtemperatur (CCT) med en spektrometer.

## Resultat

Resultaten redovisas i tabeller som ett medelvärde av de 360 mätningar som utfördes under mätperioden för respektive belastningsfall. Ljusflödet redovisas i relation till det ljusflöde som mättes vid direkt inkoppling för varje separat typ av ljuskälla.

Det procentuella förhållandet av elektriska parametrar mellan KUBIE och direkt inkoppling samt den procentuella förändringen av effekt och ljusflöde redovisas i följande tabeller. Vid beräkningen kompenseras för att inspänningens medelvärde, nominellt 230 VAC, inte var exakt lika vid mätning under de tre mätperioderna (Direkt, KUBIE C och KUBIE B). Det procentuella förhållandet är därmed oberoende av temporära fluktuationer på elnätet.

Glödlampa/halogenlampa

Tabell 1.1: Medelvärde av 360 mätningar.

Inkoppling	Spänning in (VAC)	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )	Ljusflöde (rel lumen)	CCT
Direkt	228,3	228,1	3557	3555	-2	1,00	2800K
KUBIE C	227,6	212,1	3205	3177	-28	0,78	2726K
KUBIE B	228,6	207,0	3089	3060	-29	0,72	2701K

Tabell 1.2: Procentuella förhållanden.

Inkoppling	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )	Ljusflöde (rel)	Effekt-förändring	Ljusflöde - förändring
Direkt	100%	100%	100%	0%	100%	0%	0%
KUBIE C	93%	91%	90%	-1%	78%	-9%	-22%
KUBIE B	91%	87%	86%	-1%	72%	-13%	-28%

Kommentar: Ljusflödet minskar procentuellt mer än den elektriska effekten. Anledningen till detta är att en större del av strålningseffekten hamnar i infrarött område vid sänkt färgtemperatur.

CFL (Lågenergilampa) / Lysrör

Tabell 2.1: Medelvärde av 360 mätningar.

Inkoppling	Spänning in (VAC)	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )	Ljusflöde (rel lumen)	CCT
Direkt	228,7	228,6	995	994	-1	1,00	2665K
KUBIE C	230,0	214,6	960	935	-25	0,95	2641K
KUBIE B	228,7	207,5	928	903	-25	0,92	2642K

Tabell 2.2: Procentuella förhållanden.

Inkoppling	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )	Ljusflöde (rel)	Effekt-förändring	Ljusflöde - förändring
Direkt	100%	100%	100%	0%	100%	0%	0%
KUBIE C	93%	95%	93%	-3%	95%	-5%	-5%
KUBIE B	91%	93%	91%	-3%	92%	-7%	-8%

Kommentar: Den enda förluskällan är i stort sett förlusteffekten i KUBIE.

LED-lampa

Tabell 3.1: Medelvärde av 360 mätningar.

Inkoppling	Spänning in (VAC)	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )	Ljusflöde (rel lumen)	CCT
Direkt	231,7	231,6	819	818	0	1,00	2825K
KUBIE C	230,3	214,9	835	811	-24	0,99	2832K
KUBIE B	229,0	207,8	830	806	-24	0,98	2807K

Tabell 3.2: Procentuella förhållanden.

Inkoppling	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )	Ljusflöde (rel)	Effekt-förändring	Ljusflöde - förändring
Direkt	100%	100%	100%	0%	100%	0%	0%
KUBIE C	93%	103%	100%	-3%	99%	+3%	-1%
KUBIE B	91%	104%	101%	-3%	98%	+4%	-2%

Kommentar: En kombination av spänningsberoende och konstant-effekt ljuskällor innebär att ineffekten ökar till viss del och att ljusflödet sjunker till viss del.

LED-lysrör

Tabell 4.1: Medelvärde av 360 mätningar.

Inkoppling	Spänning in (VAC)	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )	Ljusflöde (rel lumen)	CCT
Direkt	229,2	229,1	498	498	0	1,00	6200K
KUBIE C	229,2	213,9	524	501	-23	1,00	7657K
KUBIE B	228,7	207,6	523	500	-23	1,00	8892K

Tabell 4.2: Procentuella förhållanden.

Inkoppling	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )	Ljusflöde (rel)	Effekt-förändring	Ljusflöde - förändring
Direkt	100%	100%	100%	0%	100%	0%	0%
KUBIE C	93%	105%	100%	-4%	100%	+5%	0%
KUBIE B	91%	105%	101%	-4%	100%	+5%	0%

Kommentar: Konstant-effekt reglering medför att ljusflödet är konstant medan förlusteffekten i KUBIE och ökade förluster i drivelektronik ger en ökning i effekten man måste tillföra.



LED-panel

Tabell 5.1: Medelvärde av 360 mätningar.

Inkoppling	Spänning in (VAC)	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )	Ljusflöde (rel lumen)	CCT
Direkt	230,1	230,0	427	427	0	1,00	4002K
KUBIE C	228,8	213,5	451	427	-23	1,00	4002K
KUBIE B	229,0	207,8	451	428	-23	1,00	4004K

Tabell 5.2: Procentuella förhållanden.

Inkoppling	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )	Ljusflöde (rel)	Effekt-förändring	Ljusflöde - förändring
Direkt	100%	100%	100%	0%	100%	0%	0%
KUBIE C	93%	107%	101%	-5%	100%	+7%	0%
KUBIE B	91%	107%	101%	-5%	100%	+7%	0%

Kommentar: Konstant-effekt reglering medför att ljusflödet är konstant medan förlusteffekten över KUBIE och ökade förluster i drivelektronik ger ökad ineffekt.

Tomgång/utan belastning

Tabell 5.1: Medelvärde av 360 mätningar.

Inkoppling	Spänning in (VAC)	Spänning ut (VAC)	Effekt in (W)	Effekt ut (W)	$\Delta$ Effekt ( $W_{ut}-W_{in}$ )
Direkt	229,0	228,9	0	0	0
KUBIE C	229,4	214,2	23	0	-23
KUBIE B	228,9	207,8	23	0	-23

Kommentar: Utan belastning saknar de fotometriska värdena och procentuella förhållandena relevans. KUBIE förbrukar 23 W utan annan utrustning inkopplad vilket motsvarar en energiförbrukning på ca 200 kWh/år.

**Utrustning**

Effektmeter, RISE inv.nr 503981  
Fotodetektor, RISE inv.nr 500746  
Förstärkare, RISE inv.nr BX83008  
Voltmeter, RISE inv.nr BX50207  
Spektrometer, RISE inv.nr 901736

**Mätosäkerhet**

Relativt ljusflöde:  $\pm 0,2$  %  
Spänning:  $\pm 0,05$  %  
Effekt:  $\pm 0,2$  %  
CCT:  $\pm 30$  K

**Slutsats**

I de två mätomgångar där ineffekten minskade så minskade ljusflödet procentuellt mer, dvs. man uppnår en nettoförlust med KUBIE inkopplad. I de övriga mätomgångarna steg ineffekten och ljusflödet var procentuellt oförändrat eller minskade, dvs. man gör även här en nettoförlust med KUBIE inkopplad.

**RISE Research Institutes of Sweden AB**  
**Mätteknik - Tid och optik**

Utfört av

Granskat av

Håkan Skoogh

Per Olof Hedekvist