

Belysning i projektorer

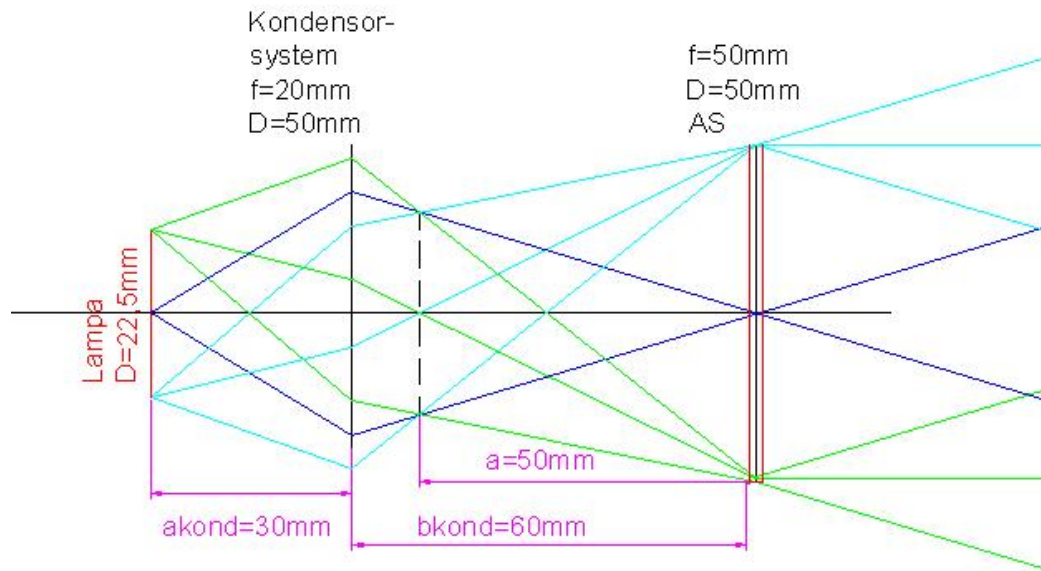
Belysningssystemet i en projektor ska ge

- God ljusekonomi dvs stor del av det från källan utgående ljuset ska tas om hand
- Jämn belysning
- Inga färgartefakter
- Inga artefakter från glödtråd eller liknande.

En standardmetod att göra detta är att välja ett kondensorsystem som avbildar lampan på objektivet inträdespupill (inte större för då försämras ljusekonomin och inte mindre av ett skäl som kommer att framgå. **(för då kan lampan placeras närmre kondensorsystemet och alltså nyttiggöras i större rymdvinkel)**)

Kondensorn ska ligga så nära objektet ("diabilden", LCDmatrisen) som möjligt för att slippa vinjettering och lampartefakter.

Ett exempel med ett objektiv som består av en enkel lins med $f=50\text{mm}$ ses nedan.



Vi har där lagt kondensorn 10mm innan diabilden, vilket är rimligt. Eftersom objektivet är givet vet vi då att kondensorn ska ge en lampbild som är 50mm i diameter på ett bildavstånd av 60mm. Väljer vi 2ggr förstörande blir kondensorsystemets fokallängd 20mm. Hade vi valt 3ggr förstörande hade vi fått $f=15\text{mm}$. Eftersom kondensorn måste vara större än objektet (Varför??) leder detta till ett bländartal på kondensorsystemet på 0,4 (resp 0,3) vilket är svårt men inte omöjligt. Därmed blir objektsavstånd och lampstorlek givet.

Hur stor del av flödet passerar igenom?

Det avgörande för detta är hur stor rymdvinkel kondensorn upptar sett ifrån en given lamp punkt. Av bekämlighet (och för att det inte gör så stor skillnad) brukar man välja denna punkt på symmetriaxeln.

Lampans rymdvinkel kan då beräknas med en formel från fotometriavsnittet:

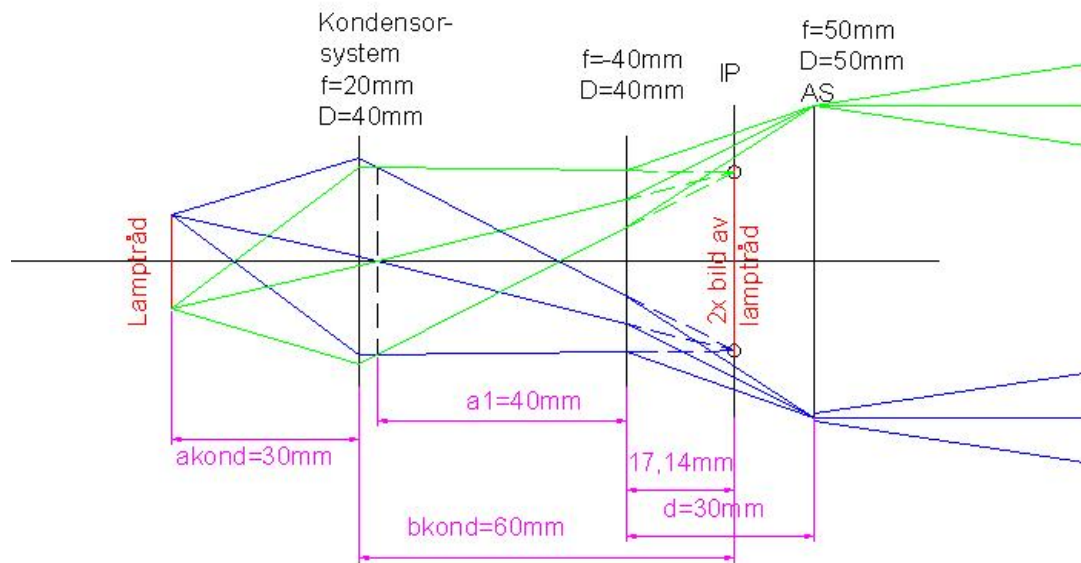
$$\Omega = 2\pi(1 - \cos \theta) = 2\pi \left(1 - \cos \left[\arctan \frac{D_{kond}}{2a_{kond}} \right] \right) = 1,45 \text{sr}$$

placeras man sedan en sfärisk spegel bakom lampan fördubblas denna rymdvinkel. För att få andelen ljus som passerar genom linsen delar man sedan med 4π , vilket i vårt fall ger andelen 23%.

Observera att vi inte behöver följa ljuset genom systemet eftersom vi pga att lampan avbildas vet att allt ljus som passerar kondensorn också passerar objektivet.

Nu ska vi se vad som händer om vi zoomar:

Vi börjar med en figur



Objektivet består av en lens med $f = -40\text{mm}$ och en med $f = 50\text{mm}$. I det läge de befinner sig i figuren, dvs med $d = 30\text{mm}$ blir systemfokallängden = 100mm

Genom att placera slubilden i oändligheten får vi att objektet till lens 2 (=den positiva) ska ligga 50mm före lens 2 dvs 20mm före lens 1. Bildavståndet till lens 1 blir då -20mm vilket ger ett objektsavstånd på 40mm .

Var ligger nu AS? Följer man strålar från en punkt på axeln i objektsplanet ser man att de som går i kanten på lens 1 missar lens 2. Alltså är lens 2 AS.

Var ligger IP? För att få reda på det avbildar vi AS vänsterut genom lens 1 (Objektsavstånd = 30mm ger bildavst = $-17,14\text{mm}$, diameter = $50\text{mm} \times 17,14/30 = 28,6\text{mm}$)

Lägger vi nu kondensorsystemet några mm före objektet blir bildavståndet till kondensorn (som ju ska avbilda lamptråden på IP) 60mm . Om vi har ett kondensorsystem med $f = 20\text{mm}$ blir då objektsavståndet 30mm , dvs lampan ska ligga 30mm före kondensorn och vara 14mm i diameter. Storleken på kondensorn ges av storleken på objektet, och i fig har vi förutsatt en normal diabild $24 \times 36\text{mm}$ (diagonal 43mm)

Andelen nyttiggjort flöde blir nu (beräknat på samma sätt som ovan) $16,8\%$

Antag nu att vi zoomar ut genom att ändra d till 20mm . Då blir systemfokallängden 200mm , och objektet ska placeras 120mm före lens 1.

IP kommer att ligga $13,3\text{mm}$ från lens 1 och vara 33mm i diameter. Om kondensorn och objekt ligger still innebär det att linspaketet ska åka 80mm framåt, dvs bildavståndet till kondensorn blir $(2,86\text{mm} + 120\text{mm} + 13,33\text{mm}) = 136,2\text{mm}$. Vilket ger ett objektsavstånd till kondensorn på $24,4\text{mm}$. Nu blir emellertid bilden av lamptråden $5,8\text{ggr}$ förstord, och missar alltså till en del objektivet.

Hur är det med ljusekonomin då?

Andelen av lampflödet som går igenom kondensorn blir $22,7\%$ av vilket bara $11,9\%$ går igenom IP. Andel nyttiggjort flöde blir alltså $2,7\%$ (!!!). Detta kompenseras delvis av att bildytan blir en fjärdedel så stor (man har ju zoomat ut 2ggr). Men belysningen minskar ändå till ca hälften.

Projektorindustrin använder två metoder att kompensera för detta. Det ena är att välja en mindre lampa så att bilden av den inte fyller ut IP i det första läget. Detta gör förhållandena lika dåliga i alla zoomlägen.

En dyrare variant är att dra lampan bakåt så att man inte längre får en skarp bild på IP. Detta kan ge färgfenomen längst ut i kanten, men anses som det bästa.

Lösning nr tre är förstas också att låtsas som om det regnade och inte göra något alls.