

Themareeks: Energie besparen in scholen

Thema: Verlichting

Deel 2: Verlichting in schoolgebouwen – Specifieke aandachtspunten

Versie: februari 2002

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Verlichten van klaslokalen	3
2.1	Visueel comfort	3
2.1.1	Voldoende verlichtingssterkte	3
2.1.2	Een uniforme verlichtingssterkte.....	4
2.1.3	Geen verblinding	4
2.1.4	Geen storende weerkaatsing	4
2.1.5	Geen schaduwen	5
2.1.6	Een aangename verlichting.....	5
2.2	Een maximaal visueel comfort met een minimaal elektriciteitsverbruik	5
2.2.1	Is de verlichtingsinstallatie efficiënt?	5
2.2.2	Is de gebruiksduur van de installatie efficiënt?	6
2.3	De verlichtingsinstallatie is aan vernieuwing toe	7
1.	Relamping	7
2.	Retrofit	8
3.	Renovatie.....	8
4.	Relighting	9
2.4	Richtlijnen	9
2.4.1	Voor de verlichting van een klaslokaal	9
2.4.2	Voor de verlichting van het bord	11
2.4.3	Voor het bureau van de leerkracht.....	11
2.4.4	Voor een computerlokaal.....	11
2.4.5	Voor tekenzalen.....	11
2.4.6	Voor de ramen	11
2.5	Intelligente sturing	12
2.5.1	Algemeen.....	12
2.5.2	Zonering is een minimale vereiste.....	12
2.5.3	Tijdschakelaars en tijdsmanagementsprogramma's	13
2.5.4	Aanwezigheids- en afwezigheidsdetectie	13
2.5.5	Daglichtsturing	14
3	Verlichting van sportzalen en werkplaatsen.....	16
3.1.1	Sportzalen	16
3.1.2	Werkplaatsen	16
4	Verlichting van gangen en trappen.....	16
4.1	Waarom speciale aandacht voor de verlichting van gangen en trappen?	16

4.2	Richtlijnen voor de verlichting	16
4.2.1	Gangen	16
4.2.2	Trappen	17
4.3	Richtlijnen voor de regelsystemen	18
4.3.1	In blinde gangen	18
4.3.2	In gangen met veel daglicht	18
5	Bij nieuwbouw	18
5.1	De passieve zonverlichting maximaal benutten	18
5.2	Factoren die de hoeveelheid licht in gebouw bepalen	18

Thema: Verlichting

Deel 2: Verlichting in schoolgebouwen – Specifieke aandachtspunten

1 Inleiding

Ook de vijfde aflevering van de reeks *Energie sparen op school* werd aan het thema verlichting gewijd. Daarin vindt u algemene richtlijnen om beter te verlichten met minder energie.

Dit tweede deel is een leidraad bij de vernieuwing van de verlichtingsinstallatie in uw school. Klaslokalen, sportzalen, werkplaatsen, gangen en trappen komen aan bod. Bovendien geven we een aantal karakteristieke punten die bij nieuwbouw moeten worden gerealiseerd.

2 Verlichten van klaslokalen

2.1 Visueel comfort

De vervanging van de verlichtingsinstallatie moet u een maximum aan visueel comfort leveren. Zo kunnen de leerlingen visuele taken als lezen, schrijven, rekenen, tekenen... verrichten in ideale omstandigheden:

- Er is voldoende licht van goede kwaliteit.
- Het is regelbaar naar gelang van de behoefte.

Zes voorwaarden garanderen u een visueel comfort:

- voldoende verlichtingssterkte,
- uniforme verlichtingssterkte,
- geen verblinding,
- geen storende weerkaatsing,
- geen schaduwen,
- aangename verlichting.

2.1.1 Voldoende verlichtingssterkte

Een luxmeter meet de verlichtingssterkte. Een minimale verlichtingssterkte is absoluut noodzakelijk om de informatie op het bord en op het werkvlak goed te kunnen lezen. Een te zwakke verlichtingssterkte eist van de ogen een enorme inspanning. Hierdoor raken de leerlingen sneller vermoeid en kunnen er concentratieproblemen optreden.

Voor een gewoon klaslokaal ligt de aanbevolen verlichtingssterkte tussen 300 en 500 lux op het werkvlak.

2.1.2 Een uniforme verlichtingssterkte

In een klaslokaal mogen geen donkere zones voorkomen. De sterkte van de verlichting moet voldoende uniform zijn. Zo kunnen alle leerlingen van dezelfde werkomstandigheden genieten en vermijdt men dat de ogen zich telkens moeten aanpassen als de kijkrichting verandert.

Wist u dat

alleen een aparte bordverlichting de hinderlijke schaduwen op het bord kan wegwerken.

Richtlijnen voor een uniforme verlichtingssterkte	
E	= de verlichtingssterkte uitgedrukt in lux
$E_{\min \text{ klas}} / E_{\text{gemiddeld klas}} > 0,8$	Dat betekent dat de verlichtingssterkte voor geen enkele leerling minder bedraagt dan 80 % van de gemiddelde verlichtingssterkte.
$E_{\min \text{ bord}} / E_{\text{gemiddeld bord}} > 0,5$	
$E_{\text{gemiddeld gang}} / E_{\text{gemiddeld klas}} > 0,2$	De verlichtingssterkte in de gang mag niet minder dan 20 % van de gemiddelde lichtsterkte in de klas bedragen.

2.1.3 Geen verblinding

Toestellen verblinden als het helderheidscontrast te groot is. Het oog moet zich dan constant aanpassen aan zijn taak en aan de lichtbron die zich in het gezichtsveld bevindt. Dat kan tot gevolg hebben dat men tijdelijk niet kan zien of lezen.

De verblinding neemt toe naarmate:

- de luminantie (of lichtsterkte) van de storende lichtbron toeneemt;
- de achtergrond waarop de storende lichtbron invalt, donkerder is;
- de lichtbron zich dichtbij de kijkrichting bevindt.

Niet alleen vensters kunnen een bron van verblinding zijn, maar ook de plaatsing van de armaturen en de verdeling van het licht dat wordt uitgestraald.

Vermijd verblinding.

- ✓ Plaats verlichtingsarmaturen met roosters.

2.1.4 Geen storende weerkaatsing

Op het bord is het risico voor hinderlijke weerkaatsing het grootst als het bord zeer blinkend is en als de luminantie van de verlichtingstoestellen te groot is. Om op bepaalde delen op het bord te kunnen lezen, gaan leerlingen een slechte houding aannemen: het hoofd of de romp buigen of draaien. Dat leidt tot vermoeidheid en prestatieverlies.

Ook op de banken komt dikwijls weerkaatsing voor, vooral als de verlichtingstoestellen parallel worden geplaatst met het bord.

2.1.5 Geen schaduwen

Bij het lezen en schrijven mogen de leerlingen geen last hebben van schaduwen. Schaduwen komen voor als voor rechtshandigen de verlichting van rechts invalt en voor linkshandigen van links of als het licht invalt op de rug van de leerlingen.

Vermijd schaduw.

- ✓ Plaats de verlichtingstoestellen in rijen loodrecht op het bord en tussen de banken.

2.1.6 Een aangename verlichting

Twee parameters bepalen of het licht als aangenaam wordt ervaren.		
De kleurweergave-index (KWI)		
omschrijving	Deze index laat toe om de kleurweergave van een lichtbron te vergelijken met die van het daglicht.	
KWI	Wordt uitgedrukt op een schaal van 0 tot 100: <ul style="list-style-type: none">• 100 stemt overeen met het daglicht;• 0 geeft aan dat kleuren niet kunnen worden herkend.	
De kleurtemperatuur (K)		
K	De temperatuur wordt uitgedrukt in Kelvin.	
omschrijving	Het licht straalt een kleur uit. Deze bepaalt of het licht als aangenaam wordt ervaren, maar heeft geen invloed op de visuele prestaties. <ul style="list-style-type: none">• warme kleuren = kleurtemperatuur < 3000 K• koude kleuren = kleurtemperatuur > 3000 K	
voorbeelden	extra warmwit	ongeveer 2700 K (gloeilamp)
	warmwit	ongeveer 3000K
	friswit	ongeveer 4000 K
	koelwit	hoger dan 5000K
	daglicht	ongeveer 6500K

2.2 Een maximaal visueel comfort met een minimaal elektriciteitsverbruik

- ✓ Realiseer een maximum aan visueel comfort met een minimaal elektriciteitsverbruik.
- ✓ Bereken:
 1. de efficiëntie van de installatie;
 2. de regeling van de verlichtingsinstallatie.

2.2.1 Is de verlichtingsinstallatie efficiënt?

Aan de hand van de volgende indicatoren kunt u op een eenvoudige manier nagaan of het elektriciteitsverbruik in verhouding is met het visueel comfort.

Eerste indicator: bereken het specifieke vermogen van de installatie			
referentiewaarden	Specifiek vermogen van energiezuinige installatie bedraagt maximaal: <ul style="list-style-type: none"> • 2,5 W/m² per 100 lux in de klassen; • 3,5 W/m² per 100 lux in de gangen. 		
Referentiewaarden worden overschreden.	✓ Laat de installatie in detail bekijken door een verlichtingsspecialist.		
Attentie bij de vernieuwing van de installatie	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Behaal het vereiste comfort. ✓ Verhoog het elektrische vermogen niet. ✓ Speel in op de verschillende componenten van de verlichtingsinstallatie: <ul style="list-style-type: none"> - ballasten, - lampen, - armaturen. 		
voorbeeld	aanbevolen verlichtingssterkte in een klaslokaal	400 lux	
	kenmerken van de verlichtingsinstallatie	<ul style="list-style-type: none"> • 12 armaturen met twee lampen van 36 W en elektromagnetische ballasten • oppervlakte: 48 m² 	
	totaal geïnstalleerd vermogen	12 armaturen *2lampen*36W vermogen *1,2ballasten (verbruik van 20 % van de lampen)	1037 W
	specifiek vermogen	1037W/48m ² = 22 W/m ² per 400 lux	5,5 W/m ² per 100 lux
	conclusie	De installatie is niet energiezuinig. Het specifiek geïnstalleerd vermogen ligt hoger dan 2,5W/m ² per 100 lux.	
Tweede indicator: de gebruikte componenten (lampen, ballasten en armaturen)			
componenten die niet efficiënt zijn	<ul style="list-style-type: none"> • armaturen zonder reflectoren; • armaturen met opaalkappen of prismakappen; <i>attentie:</i> In werkplaatsen of sanitaire ruimten zijn afdekkappen soms noodzakelijk. • gloeilampen of fluorescentielampen met een diameter van 38 mm; • elektromagnetische ballasten. 		
conclusie	Vernieuw de installatie.		

2.2.2 Is de gebruiksduur van de installatie efficiënt?

Derde indicator: regeling van de verlichtingsinstallatie	
kenmerken van een onaangepaste verlichtingsinstallatie	<ul style="list-style-type: none"> • blijft dikwijls branden als de klassen niet bezet zijn; • blijft branden als er voldoende daglicht invalt; • het bord wordt niet afzonderlijk verlicht; • blijft in de gangen de volledige dag branden.
conclusie	Een betere regeling van de installatie is

	noodzakelijk.
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Let op de reële behoeften. ✓ Houd rekening met: <ul style="list-style-type: none"> • de bezettingsgraad, • de inval van het daglicht. 	

2.3 De verlichtingsinstallatie is aan vernieuwing toe

Een nieuwe installatie moet steeds resulteren in een kleiner of gelijk elektriciteitsverbruik voor een sterk verbeterd visueel comfort.

Er zijn verschillende niveaus van vernieuwing mogelijk:

1. relamping
2. retrofit
3. renovatie
4. relighting

1. Relamping	
omschrijving	<ul style="list-style-type: none"> • Lampen in bestaande armaturen vervangen door lampen met een hoger rendement en een langere levensduur. • Eventueel ook de voorschakelapparatuur vervangen (zie deel 1 van het thema verlichting).
wanneer?	De oude installatie geeft: <ul style="list-style-type: none"> • bleke gezichten; • valse kleuren; • een onaangename sfeer; • knipperende lampen.
opties	<ol style="list-style-type: none"> 1. groepsvervanging 2. partiële vervanging
1. groepsvervanging	
omschrijving	Alle lampen worden tegelijk vervangen.
voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • De grote investering is snel terugverdiend: <ul style="list-style-type: none"> – Het elektriciteitsverbruik vermindert aanzienlijk. – Er is minder onderhoud nodig. • een constant lichtniveau en een hoger lichtcomfort; • een groter lichtrendement; • geen onverwachte uitval of verschillende lichtkleuren; • geen oponthoud in het werkritme.
2. partiële vervanging	
omschrijving	Defecte lampen worden vervangen door energiezuinige lampen.

voordelen	De investeringskosten zijn te verwaarlozen.
nadelen	<ul style="list-style-type: none"> • Het duurt een hele tijd vooraleer men daadwerkelijk elektriciteit bespaart.
	<ul style="list-style-type: none"> • De kans op te hoge verlichtingssterkte is reëel: De verlichtingsinstallaties uit de jaren '70 zijn dikwijls overgedimensioneerd. Deze hebben dus een hogere verlichtingssterkte dan noodzakelijk. Bijgevolg was het tekort aan licht niet te wijten aan de verlichtingssterkte, maar aan slecht onderhoud en veroudering. Oude lampen door nieuwe energiezuinige lampen vervangen, zal opnieuw een te hoge verlichtingssterkte geven.
opmerking	<p><i>Hoe verlichtingssterkte verminderen?</i></p> <p>Verwijder per armatuur een lamp. Er moet dan wel per lamp een ballast, een starter en een condensator aanwezig is.</p>
tips	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vervang gloeilampen door spaarlampen of inductielampen. ✓ Vervang fluorescentielampen van 38 mm door 26 mm lampen. ✓ Verwijder overbodige lampen.
2. Retrofit	
omschrijving	<ul style="list-style-type: none"> • In bestaande behuizing worden nieuwe lampen, lampenhouders, optieken of voorschakelapparatuur geplaatst. • De bedrading en aansluitingen blijven bestaan.
wanneer?	<ul style="list-style-type: none"> • De oude installatie heeft: <ul style="list-style-type: none"> – lampen met een slechte kleurweergave; – oude opalen plexikappen (vergeeld); – optieken van de vorige generaties (zonder reflectoren). • Het geïnstalleerde vermogen is groter is dan 2,5W/m² per 100 lux. • De kasten (frames) van de bestaande armaturen kunnen behouden blijven.
tips	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vervang gloeilampen door spaarlampen of inductielampen. ✓ Vervang fluorescentielampen van 38 mm door 26 mm lampen. ✓ Verwijder overbodige lampen. ✓ Gebruik elektronische voorschakelapparatuur. ✓ Gebruik efficiënte spiegeloptieken met een hoog rendement.
3. Renovatie	
omschrijving	Nieuwe armaturen worden geïnstalleerd op dezelfde plaats van de bestaande armaturen. Dus zowel het plafond als de inplanting van de armaturen blijft behouden.
wanneer?	<ul style="list-style-type: none"> • De oude installatie heeft: <ul style="list-style-type: none"> – lampen met een slechte kleurweergave; – oude opalen plexikappen (vergeeld); – optieken van de vorige generaties.

	<ul style="list-style-type: none"> • Het geïnstalleerde vermogen is groter dan 2,5W/m² per 100 lux. • Het plafond moet worden behouden. • De inplanting van de armaturen moet worden behouden.
tips	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gebruik efficiënte armaturen met spiegeloptieken. ✓ Gebruik fluorescentielampen met een diameter van 26 of 16 mm. ✓ Gebruik elektronische voorschakelapparatuur.
4. Relighting	
omschrijving	Zowel de technologie, de plaatsing van de armaturen als de regelsystemen worden gekozen afhankelijk van de noden.
ter vergelijking	Bij relamping, bij retrofit en renovatie worden de minst efficiënte elementen vervangen. Bijgevolg kan men geen rekening houden met alle elementen die noodzakelijk zijn voor een kwalitatieve verlichtingsinstallatie.
wanneer?	<ul style="list-style-type: none"> • De oude installatie heeft: <ul style="list-style-type: none"> – lampen met een slechte kleurweergave; – oude opalen plexikappen (vergeeld); – optieken van de vorige generaties. • Het geïnstalleerde vermogen groter is dan 2,5W/m² per 100 lux. • Het gebouw wordt volledig heringericht. • De plafonds worden vernieuwd.

2.4 Richtlijnen

2.4.1 Voor de verlichting van een klaslokaal

Algemeen		
verlichting	Gebruik directe verlichting.	De armaturen sturen het licht rechtstreeks en enkel naar het werkvlak.
lampen	Gebruik fluorescentielampen: <ul style="list-style-type: none"> • met een diameter van 26 of 16 mm; • met hoogfrequente elektronische ballasten; • met een kleurtemperatuur tussen 3000 en 4000 K; • met een kleurweergave-index tussen 80 en 90. 	
optieken	Kies voor optieken met een satijnglanzende reflector en met roosters. Deze vermijden verblinding.	

armaturen	<p>Kies armaturen met een hoog lichtrendement: De gegevens worden vermeld op de armatuur of vraag ze aan uw installateur.</p> <p><i>Attentie</i></p> <p>Hoe lager het lichtrendement, hoe meer armaturen nodig zijn om eenzelfde verlichtingssterkte te garanderen, met als resultaat een hoger verbruik en een grotere investering.</p>
Plaatsing van de armaturen	
1. Voor klassen met een vaste opstelling van de banken	
Plaats de armaturen in rijen parallel met de ramen.	<ul style="list-style-type: none"> • Via een regelsysteem wordt het daglicht optimaal benut naar gelang van de afstand tot de ramen. • Geen verblinding. Het risico voor verblinding is door de roosters meestal kleiner als in de longitudinale richting wordt gekeken. • Geen reflectie en schaduwen op het werkvlak dankzij de armaturen die loodrecht op de kijkrichting geplaatst zijn. • Geen schaduwen door in een unidirectionele verlichting te voorzien. • Verzekert een uniforme verlichting in het lokaal.
Plaats de armaturen tussen de banken.	Om teveel schaduw te vermijden, moet het licht in ideale omstandigheden van links invallen en aangevuld worden van rechts. Het licht afkomstig van de rug van de leerling, zorgt voor een schaduw op het werkvlak. Het licht dat invalt op het gezicht van de leerling, zorgt voor weerkaatsingen op de banken.
Stel de armaturen in continue lijnen op.	Dat verdeelt de schaduwen op het werkvlak beter, omdat het licht dat invalt op het werkvlak van verschillende richtingen komt.
Breng de armaturen aan het plafond aan of integreer ze in het plafond	<ul style="list-style-type: none"> • Als het plafond hoger is dan 3,5m worden de armaturen opgehangen. • <i>Attentie:</i> Iedere armatuur heeft een optimale hoogte om opgehangen te worden. Houd rekening met de gegevens van de fabrikant.
Plaats het laatste verlichtingstoestel ter hoogte van de laatste banken.	<ul style="list-style-type: none"> • De lampen die achter de laatste banken worden gehangen, kunnen voor schaduwen zorgen. • Het einde van de klas moet niet onnodig verlicht worden.
Plaatsing van de armaturen	
2. Voor klassen met een variabele opstelling van de banken	
Plaats de armaturen zo dat het licht uniform wordt verdeeld.	De leerling heeft geen vaste plaats. De richting van het invallend daglicht en de kijkrichting zijn voor iedere leerling verschillend.

Wist u dat

een vervuilde armatuur tot 50 % van zijn verlichtingsenergie verspilt.

✓ Reinig de armaturen regelmatig en houd de planning bij:

- In lokalen met veel stof is een jaarlijks onderhoud aangeraden.
- In lokalen met weinig stof is een tweejaarlijks onderhoud voldoende.

2.4.2 Voor de verlichting van het bord

Plaats afzonderlijke verlichting.	
Plaats fluorescentielampen met elektronische voorschakelapparatuur.	
Spaarlampen kunnen worden gebruikt.	Een minder uniforme verlichting is dan een mogelijk gevolg.
Plaats asymmetrische armaturen.	Verdeel deze over de volledige lengte van het bord.
Plaats de armaturen niet te ver van het bord.	Verhinder hinderlijke weerkaatsingen.

2.4.3 Voor het bureau van de leerkracht

Als een punctuele verlichting vereist is, gebruik dan spaarlampen.

2.4.4 Voor een computerlokaal

Kies optieken met hoogglansreflectoren.	Deze schermen het licht nog verder af.
plaats van de armaturen	<ul style="list-style-type: none">• Elimineer hinderlijke lichtbronnen (vensters of armaturen) uit het gezichtsveld.• Garandeer een zeker evenwicht tussen de luminanties van verschillende zones.• Vermijd hinderlijke weerkaatsing op het scherm.
plaats van de computers in grote klassen met verschillende werkposten	<ul style="list-style-type: none">• in het midden van het lokaal;• ver van de vensters;• tussen de armaturen.

2.4.5 Voor tekenzalen

plaats van de armaturen	<ul style="list-style-type: none">• niet juist boven het werkvlak;• links of rechts van het werkvlak.	voorkomt weerkaatsing
-------------------------	--	-----------------------

2.4.6 Voor de ramen

Vermijd verblinding.	Een groot venster werkt minder
----------------------	--------------------------------

	verblindend dan verschillende kleine vensters.
Verminder het contrast muur-venster.	<ul style="list-style-type: none"> • Maak de kader helder. • Verlicht de muur die het venster bevat. • Verhoog het gedeelte van de indirecte dagverlichting.
Verduister de hemel.	met een zonnewering of een gordijn
Verduister een gedeelte van de hemel.	Laat het raam uitzicht geven op elementen met minder lichtsterkte. Bijvoorbeeld: een atrium of een binnenplaats.

2.5 Intelligente sturing

2.5.1 Algemeen

Absolute voorwaarden om zo rationeel mogelijk met elektriciteit om te springen zijn:

- verlichten waar en wanneer het nodig is;
- zoveel mogelijk de verlichting toespitsen op de persoonlijke behoefte van elke gebruiker.

Een aangepaste regeling:

- maakt optimaal gebruik van de inval van daglicht;
- houdt rekening met de reële bezettingsperiode van de lokalen.

Zonering is een minimale vereiste

In een school is de diversiteit van de activiteiten zeer groot. Daardoor is het mogelijk en wenselijk de lokalen in de delen naar gelang van de behoefte aan licht.

omschrijving van zonering	De sturing van de armaturen zo hergroeperen dat ze rekening houdt met: <ul style="list-style-type: none"> • de inval van natuurlijk daglicht; • zones van eenzelfde activiteit of eenzelfde bezettingsgraad; • nevenactiviteiten (bv. kuisen).
installeer nooit	een centrale aansturing voor het hele gebouw of per verdieping
1. de manuele schakeling per zone of per klaslokaal	
evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> • Is de meest eenvoudige optie. • Iedereen moet de discipline hebben om het licht aan of uit te schakelen wanneer nodig. • Een centrale puls kan op bepaalde tijdstippen over het net gestuurd worden om alle lichten te doven. Zo vermijdt men dat het licht toch onnodig blijft branden. Waar nodig kan het licht dan opnieuw manueel aangeschakeld worden.
conclusie	<ul style="list-style-type: none"> • Er bestaan intelligentere regelingen.
2. intelligente sturing van de verlichting per zone	
<i>een klaslokaal met traditionele opstelling</i>	
karakteristieken	<ul style="list-style-type: none"> • Is een ruimte gericht naar een bord vooraan. • Slechts zeer zelden hebben klaslokalen geen inval van

	<p>daglicht en moet kunstlicht instaan voor de volledige verlichting.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aan een lange zijde valt het licht via de ramen binnen.
evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> • Er is een goede verlichting dichtbij de vensters. • In het midden van het klaslokaal is de verlichting onvoldoende en heeft men kunstlicht nodig.
conclusie	Niet de gemiddelde waarde van het licht in het lokaal vraagt om kunstlicht, wel bepaalde zones in het lokaal.
richtlijnen	<ul style="list-style-type: none"> • De sturing van de verlichting van een klas gebeurt per zone. • Doof de armaturen parallel aan de vensters als het invallend daglicht voldoende is. • De verlichting van het bord moet afzonderlijk kunnen in- en uitgeschakeld worden. Het natuurlijk daglicht is voldoende om de werkvlakken te verlichten, maar onvoldoende voor het bord.
<i>een klaslokaal met een niet-traditionele opstelling</i>	
karakteristieken	De opstelling van verschillende schakelmogelijkheden geeft een soepel gebruik van het lokaal.
voorbeeld	In een kleuterklas wordt de zonering aangepast aan de verschillende werkhoeven: leeshoek, slaaphoek, speelhoek...

2.5.3 Tijdschakelaars en tijdsmanagementsprogramma's

In scholen wordt gewerkt met een vast lesrooster. Om te vermijden dat het licht op het einde van de schooldag of bij het verlaten van het lokaal niet wordt gedoofd, is het interessant om het licht automatisch te laten doven met tijdschakelaars of tijdsmanagementsprogramma's

werking	<p>Het commandosysteem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • dooft het licht in het volledige gebouw, of per zone; • programmeert ook middagpauzes.
een derogatieschakelaar	<ul style="list-style-type: none"> • zorgt ervoor dat licht buiten de normale uren mogelijk is; • dooft nadien het licht.
opmerking	Als de discipline van leerkrachten en leerlingen om de lichten 's avonds uit te schakelen groeit, dan daalt het rendement van de tijdschakelaars.
<p>Wist u dat</p> <p>de tijdschakelaar die minimaal zes klassen bestuurt en het licht 1 uur extra per schooldag dooft, zijn investering terugverdiend op 1 à 2 jaar.</p>	

2.5.4 Aanwezigheids- en afwezigheidsdetectie

een infraroodsensor	<ul style="list-style-type: none"> • detecteert beweging en warmte,
---------------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> • schakelt de verlichting aan zodra iemand in de buurt komt; • schakelt de verlichting weer uit bij het verlaten van de ruimte.
een afwezigheidsdetector	schakelt het licht uit vijf minuten nadat de laatste leerling de klas heeft verlaten.
evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> • interessant in klassen met een discontinu gebruik; • nadelig in klassen met permanent gebruik: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Let erop dat het verbruik van de sensor niet boven 1W komt.
meer rationele sturing	een manuele aan- uitschakeling in combinatie met een automatische afwezigheidsdetectie.
voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • De gebruiker heeft de volledige controle over het aanschakelen van de verlichting. • Het licht blijft niet onnodig branden. • Bij voldoende daglicht wordt het licht niet opnieuw aangeschakeld. • Er is geen basisverbruik van de sensor als de verlichting is uitgeschakeld.

2.5.5 Daglichtsturing

In klaslokalen kan in het algemeen veel worden geprofiteerd van invallend daglicht.

1. Meer dan 60 % van de gevel bestaat uit vensters.	
gevolg	De armaturen het dichtst bij het venster branden bijna nooit.
een foto-elektrische cel	<ul style="list-style-type: none"> • schakelt de armaturen in bij onvoldoende daglicht; • is een eenvoudige regeling; • is een alles of niets sturing.
nadeel	is sterk waarneembaar door de gebruikers.
richtlijnen	<ul style="list-style-type: none"> • Kies voor een systeem dat enkel het uitschakelen van de verlichting stuurt. • Het inschakelen gebeurt manueel. • De rest van de verlichting in het lokaal wordt op een constant niveau gehouden.
2. Minder dan 60 % van de gevel bestaat uit vensters.	
gevolg	<ul style="list-style-type: none"> • De behoefte aan kunstlicht varieert tussen een minimum en een maximum. • De sturing van de installatie gebeurt afhankelijk van het natuurlijk daglicht. • De sturing meet continu de lichtsterkte.
daglichtsensoren	<ul style="list-style-type: none"> • Dimmen het vermogen van de verlichting automatisch naar gelang van het beschikbare daglicht. • Meten via de lichtsterkte van het oppervlak de totale verlichtingssterkte op het werkvlak. • Sturen de ballast van de fluorescentieverlichting totdat een vooraf ingestelde waarde van de lichtstroom wordt bereikt.

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• Doet de meting centraal (per ruimte) of per verlichtingstoestel. |
|--|--|

3 Verlichting van sportzalen en werkplaatsen

De verlichting van sportzalen en werkplaatsen heeft karakteristieke problemen en vergt eigen oplossingen. Daarom kan deze het best aan gespecialiseerde firma's worden overgelaten. Daarom geven we slechts enkele algemene richtlijnen.

3.1.1 Sportzalen

Richtlijnen	
zonering	<ul style="list-style-type: none">• Verdeel de zaal in zones, zo kan de verlichting selectief in- en uitgeschakeld worden.• Verdeel de verlichting in sportzalen zo gelijkmatig mogelijk, geef ook aandacht aan de hoeken en randen van de zaal.
lichtsterkte	Maak de verlichting dimbaar, de maximale verlichtingssterkte is enkel nodig tijdens het beoefenen van sport, niet tijdens het onderhoud.
lampen	Plaats geen gasontladingslampen. Plaats fluorescentielampen: <ul style="list-style-type: none">• Er is een groot aantal armaturen nodig. Het zorgt voor een gelijkmatig verdeeld verlichtingsniveau.• Deze zijn dimbaar.• Een elektronische schakelapparatuur maakt deze lampen snel schakelbaar.

3.1.2 Werkplaatsen

Het verlichten van werkplaatsen kan op dezelfde wijze worden opgevat.

verlichtingssterkte	Plaats accentverlichting boven machines en werkbanken. Het uitvoeren van nauwkeurig werk vergt immers een hogere verlichtingssterkte (tot 750 lux).
attentie	Vermijd het flikkeren van de lampen. In combinatie met sneldraaiende machines kan dat leiden tot levensgevaarlijke situaties.

4 Verlichting van gangen en trappen

4.1 Waarom speciale aandacht voor de verlichting van gangen en trappen?

20 tot 30 % van het elektriciteitsverbruik van de school gaat naar de verlichting van trappen en gangen. Reden hiervoor zijn:

- Er valt minder natuurlijk daglicht binnen. Dikwijls zijn er helemaal geen vensters.
- De verlichting blijft dikwijls branden.
- De verlichtingssterkte is vergelijkbaar met die van de klassen.

4.2 Richtlijnen voor de verlichting

4.2.1 Gangen	
verlichtingssterkte	ter vergelijking:

	<ul style="list-style-type: none"> • sanitair: 100 tot 250 lux • gangen: 50 tot 100 lux • trappen: 100 tot 150 lux
voorbeeld	<p>Om elektriciteit te besparen, beperkt men de gemiddelde verlichtingssterkte tot 100 lux.</p> <p>Gevolg:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het aantal toestellen is relatief klein in verhouding tot de oppervlakte die moet worden verlicht. • De verlichtingssterkte is minder uniform.
lampen	<ul style="list-style-type: none"> • Plaats fluorescentielampen. • Een KWI tussen 60 en 80 is voldoende: de kleurtemperatuur mag lager zijn dan deze voor de klassen (2700...3000K). • De effectiviteit/prijs-verhouding is voordelig.
armaturen	<ul style="list-style-type: none"> • met roosters; • Het aantal armaturen, het vermogen per armatuur en de plaatsing van de armaturen is een compromis tussen: <ul style="list-style-type: none"> – het verkrijgen van een zekere uniformiteit; – de investering; – de elektrische bedrading. • Een opeenvolging van donkere en klare zones is niet hinderlijk als de gang slechts een doorgangplaats is.
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Smalle gangen lijken groter als men de indirecte verlichting van de muren verhoogt. ✓ Lange gangen lijken korter als men de verlichtingstoestellen loodrecht op de kijkrichting plaatst. 	
4.2.2 Trappen	
basisregel	<p>Veiligheid primeert!</p> <p>De verlichting van trappen moet een voldoende groot contrast tussen de treden verzekeren.</p>

4.3 Richtlijnen voor de regelsystemen

4.3.1 In blinde gangen	
aanwezigheidsdetectie	met een vertraging van 10 minuten;
	✓ Laat een dergelijk systeem plaatsen door een vakman, de plaatsing van foto-elektrische cellen is delicaat.
4.3.2 In gangen met veel daglicht	
Enkel 's morgens en 's avonds is kunstlicht vereist, en dan vooral in de winter.	
een tijdsschakelaar	Plaats op het elektrische circuit van de gang een tijdsschakelaar die de verlichting dooft tussen 9.30 uur en 15.30 uur. Enkel de technische verantwoordelijke van het gebouw moet de schakelaar kunnen bedienen.
een schemerschakelaar	Onderbreekt het verlichtingscircuit op het ogenblik dat de inval van daglicht voldoende is.

5 Bij nieuwbouw

Het is niet zinvol om binnen de context van de themareeks *Energie sparen op school* grondig in te gaan op nieuwbouw. We beperken ons tot enkele algemene gedachten.

5.1 De passieve zonverlichting maximaal benutten

Daglicht is de meest directe vorm van zonne-energie en de belangrijkste toepassing ervan in gebouwen. Het daglichtgebruik effectief integreren in het concept van het gebouw, kan dan ook een belangrijke besparing op de elektriciteitsrekening betekenen.

Het nadeel van daglicht is het wisselende karakter: het aanbod kan verschillen van het ene moment op het andere en varieert sterk over de seizoenen. De kunstverlichting die wordt gebruikt als de inval van daglicht onvoldoende is, moet worden gestuurd naar gelang van de hoeveelheid daglicht.

Wil men daglicht aanwenden om elektriciteit te besparen, dan moeten er twee voorwaarden vervuld zijn:

- Het daglicht moet optimaal in het gebouw kunnen binnendringen.
- Het moet op een gecontroleerde manier naar de plaatsen van bestemming worden gebracht.

5.2 Factoren die de hoeveelheid licht in gebouw bepalen

De belangrijkste factoren die de hoeveelheid licht in een gebouw bepalen zijn:

- de lengte van de kamer;
- de grootte en de plaatsing van de ramen en dakkoepels;
- het type beglazing;
- externe obstructie.

Architecten werken daarenboven volgende ontwerpstrategieën uit:

- Het daglicht reflecteren (verdelen) in de ruimte om de helderheid van de kamer te verhogen.

- ✓ Kies voor muren, plafonds en vloeren met een hoge reflectiewaarde: gebruik onder meer lichte kleuren.
- ✓ Vermijd te hoge reflectiewaarden, ze kunnen verblinden.

- Directe zonlichtinstraling vermijden bij visueel kritische taken.
- Het daglicht op grote hoogte in de ruimte opvangen.
- Hellende daken met lichtdoorlatende delen inplanten om meer licht in de ruimte binnen te leiden.
- Het daglicht filteren om te felle lichtsterktes af te zwakken en licht gelijkmatiger te verdelen.
Bijvoorbeeld planten op een externe oversteek plaatsen.

Om de toevoer van daglicht in gebouwen te versterken, te controleren en te regelen, zijn er verschillende mogelijkheden:

- voldoende grote ramen op de juiste plaats;
- light-shelves en overhangende externe delen;
- lichtkoepels zijn een bijzonder belangrijke optie:
 - Per eenheid van oppervlakte brengen ze meer daglicht binnen dan ramen.
 - Het licht kan gelijkmatiger worden verdeeld.
- atria;
- zonneblinden, extern (bij voorkeur) of intern.