



100% **Schoonlicht** in Scholen

PRESTATIE EISEN



Inhoudopgave

1. **Het belang van daglicht in het onderwijs**
2. **Schoonlicht, definitie**
3. **Daglicht**
 - 3.1 Daglichtambitie
 - 3.2 Verlichtingeisen en functies
 - 3.3 Referentie's
4. **Kunstlicht**
 - 4.1 Besparingsopties
 - 4.2 Digiborden
5. **Energie-opwekking**
 - 5.1 Duurzame energie
6. **Prestatie-eisen**
 - 6.1 Prestatie-eisen op basis van PvE Frisse scholen
7. **Financiën**
 - 7.1 Terugverdientijd: een bestaande school
 - 7.2 Terugverdientijd: een nieuwe school met 100% Schoonlicht

Literatuurlijst

Opdrachtgever: Dhr. H. Korbee, AgentschapNL
Voorzitter: Dhr. P. Elemans, Stichting Living Daylights
Daglicht: Dhr. T. Haartsen, Climatic Design Consult
Kunstlicht: Dhr. R. Visser, Rienk Visser Lichtontwerp en -advies.
Onderwijs: Dhr. L. Heijnders, Service Centrum Scholenbouw
Communicatie: Dhr. D. Teeuwen / H. Elsendoorn, Communication Concert

Bemurde weerd OZ 3514 AP Utrecht
Stichting Living Daylights
Stichting Living Daylights



Ministerie van Binnenlandse Zaken en
Koninkrijksrelaties

1. Belang van licht in het onderwijs

Maatschappelijke ontwikkelingen

Krimp overspoelt Nederland en ook het primaire onderwijs. Landelijk zal een terugloop van het aantal leerlingen gaan plaatsvinden met bijna 7% tussen 2006 en 2040. Door deze ontwikkeling is de verwachting dat een efficiëntieslag zal plaatsvinden -en al plaats vindt- door fusies op bestuurlijk niveau. Daarnaast is de verwachting dat de concurrentie positie van scholen zal worden vergroot door aandacht voor meer onderwijskwaliteit en betere binnenmilieu- en leeromstandigheden. Een ouder kiest behalve voor een onderwijsconcept sneller voor een frisse school dan voor een bedompte. Naast een goede kwaliteit van verse lucht, de juiste temperatuur en een goede akoestiek is een goede daglichtkwaliteit van grote waarde. Waarom?.....

A. Betere leerprestaties met veel Schoonlicht

Wereldwijd is uit onderzoek gebleken dat natuurlijk daglicht een positieve bijdrage heeft op concentratie, gedrag, aandacht, welbevinden, motivatie en leerprestaties. De Heschong Mahone Group bijvoorbeeld onderzocht 20.000 leerlingen in Amerika (waar soms in in pandige ruimten les wordt gegeven) en constateerde een significante verbetering in concentratie en leerprestaties. In betere daglichtconditie's stegen de leerprestaties met 11 tot 18%. Andere onderzoeken, bijvoorbeeld die van Philips in samenwerking met Universiteit Twente, geven een soortgelijke uitkomst.

B. Minder ziekteverzuim met Schoonlicht

Bij een aantal van de uitgevoerde onderzoeken over de invloed van licht op de gezondheid is ook gebleken dat daglicht bevorderend is voor het welzijn en kan zorgen voor minder ziekteverzuim. Het gemiddelde landelijke percentage van 6% kan dus door voldoende daglichttoetreding worden verlaagd.

C. Minder energiegebruik met Schoonlicht

Een efficiënte daglichttoetreding en een energie-efficiënte kunstverlichting die bovendien daglichtafhankelijk kan worden geregeld, kunnen een besparing op het energiegebruik van de verlichting tot ca. 75% opleveren.



2. Schoonlicht, definitie

Licht is met de luchtkwaliteit, de warmte huishouding en de geluidskwaliteit een belangrijk onderdeel van het totaal aan binnenklimaat.

100% Schoonlicht ontstaat door de volgende drie ontwerpuitgangspunten aan te houden:

A. Maximaliseren efficiëntie daglichttoetreding

Maximaal gebruik van daglicht: Een daglicht autonomie van 70%. Gemiddeld is dan op jaarbasis 70% van de tijd geen kunstverlichting nodig. (daglichtfactor minimaal 3%) Dit is alleen mogelijk bij zoveel mogelijk onbelemmerde daglichttoetreding en beperking van de warmte-uitstraling 's nachts. Daglichttoetreding uiteraard wel zonder nadelige warmte-instraling en verblinding.

B. Minimaliseren energiegebruik

Door vervangen van armaturen met conventionele voorschakelapparatuur door armaturen met elektronische, hoogfrequente (HF)-voorschakelapparatuur is een besparing mogelijk met circa 40%. Door toepassing van armaturen voorzien van regelbare hoogfrequente voorschakel apparaten in combinatie met een daglichtafhankelijke lichtregeling en bewegingsmelders kan dit oplopen tot meer dan 75%.

C. Duurzame energiebronnen

Om een energieneutrale kunstverlichting te realiseren moet de elektrische energie die uit het net wordt opgenomen worden gecompenseerd door eigen stroomopwekking. Dit kan in de vorm van PV-cellen en/of windenergie. Beide vragen om bouwkundige voorzieningen op het dak of naast het gebouw die een langdurige en probleemloze energieopwekking mogelijk maken. Daarnaast moet de energie die niet voor eigen gebruik nodig is teruggeleverd kunnen worden aan het openbare elektriciteitsnet.

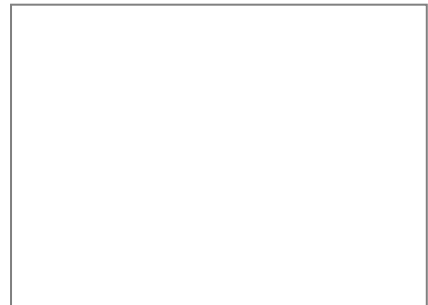


Wat is Schoonlicht?

- Mooi
- Functioneel
- Duurzaam: Zuinig , lampen zonder giftig cadmium
- Goedkoper in gebruik
- Gezond: bevordert welzijn en leerprestaties



3. Daglicht



3.1 Daglichtambitie

Licht is gezond

Behalve voor de uitvoering van visuele taken, vervult licht ook een belangrijke rol bij de gezondheid van kinderen en volwassenen. Dit is het zogenaamd biologisch effect van licht. Dit blijkt uit grootschalige, medisch-wetenschappelijke onderzoeken met proefpersonen van de afgelopen 25 jaar.

Vooral relatief hoge lichtniveaus op het oog sturen:

- de biologische klok en daarmee ons dag- en nachtritme. Onderstaande grafiek illustreert het verloop van waakzaamheid, activiteitsniveau en de lichaamstemperatuur over de dag;
- de stemming. Korte grijze dagen 's winters kunnen winterdepressie veroorzaken (SAD: Seasonal Affective Disorder) of winterblues, een lichtere vorm hiervan;
- de alertheid en activiteit. Nachtploegen bijvoorbeeld werken effectiever met minder faalkosten bij zeer hoge lichtniveaus.

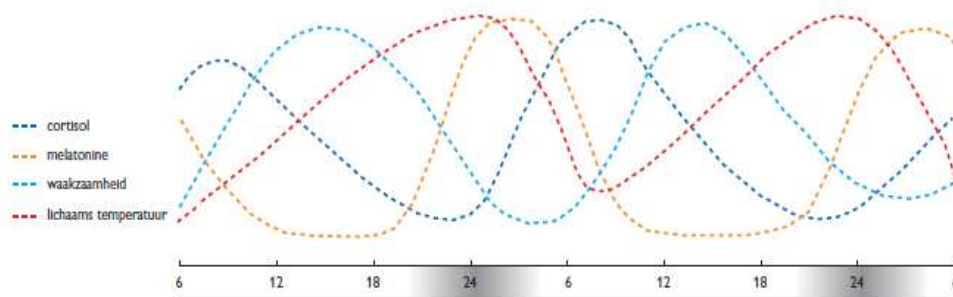
Absentiepercentages verminderen in het algemeen bij hoge lichtniveaus. Tevens blijkt dat *variatie in verlichtingsomstandigheden* het activeringsniveau van leerlingen en leraren ten goede komen.

Daglicht doet het goed

Belangrijk voordeel van gebruik van veel en goed daglicht is dat de lichtkleur varieert over de dag en zorgt voor een natuurlijke afstemming van het activiteitsniveau over de dag, maar ook aansluit op het natuurlijk verloop van lichtintensiteiten over de seizoenen. Zo is het koele en relatief blauwe opwekkende ochtendlicht bevorderlijk voor de alertheid en concentratie terwijl het warmere avondlicht een ontspannende en rustgevende werking heeft.

Daglichtambitie

Creëer, om een zo natuurlijk mogelijk verloop van het licht over de dag en het seizoen te volgen, met gedurende een groot deel van de tijd bovengenoemde positieve effecten, een ruime daglichttoetreding. Daartoe is het gewenst dat ook verder van de gevel afgelegene plekken in leslokalen een daglichtfactor van tenminste 3% krijgen en een zo groot mogelijk deel van de lokalen een daglichtfactor van 5% of meer. Laat zowel leerlingen als leraren minimaal 30 minuten per dag in het volle daglicht buiten verblijven.



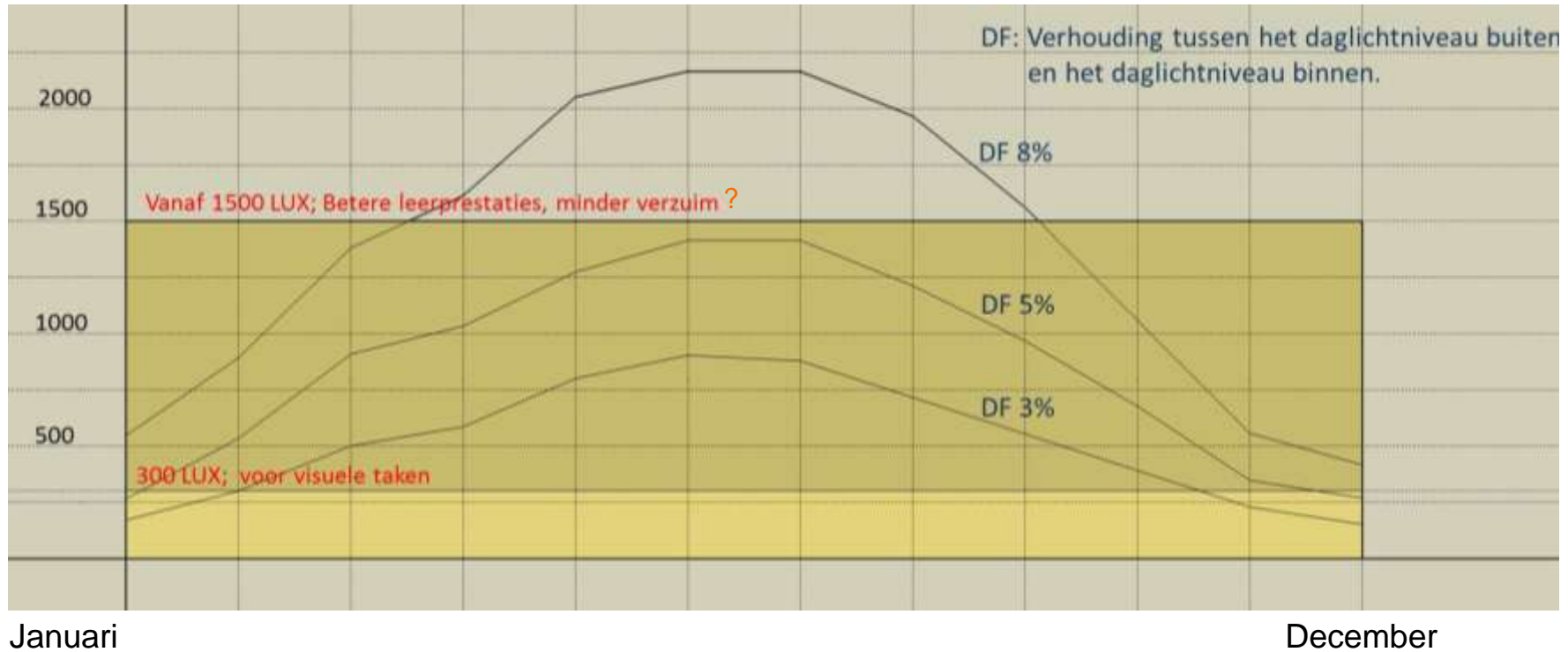
De afbeelding toont hoe daglicht onze lichaamsprocessen stuurt

Concretisering daglichtambitie in de bouwopgave

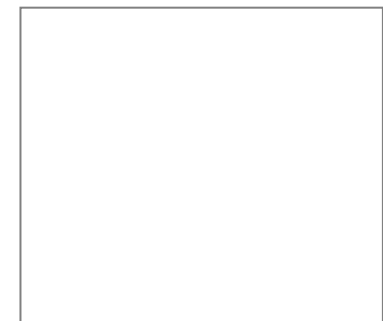
Streef in het midden van de lokalen daglichtfactoren in de klasse goed (B) 5% of zeer goed (A) 8% na volgens het Programma van Eisen Frisse Scholen.

Laat de ontwerpers in hun afweging bij de realisering van een zo groot mogelijke oppervlakte met hoge daglichtfactoren rekening houden met:

- het gebruik van lichtwering bij de toepassing van digiboards e.d.;
- beperking warmtetransmissieverliezen in de winter en
- zonwering in de zomer.



Verloop gemiddelde verlichtingssterkte op horizontaal vlak per maand, afhankelijk van daglichtfactor



3.2 Verlichtingseisen en functies

Naast de daglichtambitie gelden de wettelijke kaders die onderstaand zijn weergegeven.

Alle aangegeven waarden zijn praktijkverlichting sterkten (minimaal aanwezige gemiddelde verlichtingssterkte) conform NEN-EN 12464-1: Licht en verlichting – Werkplekverlichting – Deel 1: Werkplekken binnen.

De aangegeven waarden dienen te worden gerealiseerd met daglicht, kunstlicht of een combinatie van beide.

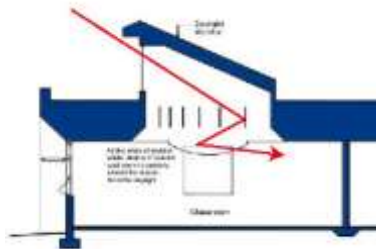
| Verlichtingseisen | Lux | Soort licht |
|-------------------------------|------------|---|
| A. Lezen, rekenen | 300 | Zijlicht van rechts |
| B. Computeren | 300 | Diffuus zijlicht. Geen tegenlicht of licht van achter |
| C. Drama, toneel | 0-300 | Regelbaar daglicht |
| D. Kringgesprekken | 300 | -- |
| E. Zelfstandig werken | 300 | Zijlicht |
| F. Donkere borden | 300 | Verticaal |
| G. Witte borden | 300 | Verticaal |
| H. Digiborden | 100 | Geen direct zonlicht |
| I. Docentenkamers | 300 | -- |
| J. Entree | 200 | -- |
| K. Circulatiegebieden, gangen | 100 | -- |
| L. Trappen | 150 | -- |
| M. Gemeenschapsruimten / aula | 200 | -- |
| N. Gymnastiekzalen | 300 | Geen direct zonlicht |



3.3 Referenties



Een oplossing op basis van een bovenlicht met lichtbaffles.
Deze oplossing is afgestemd op de daglichtniveau's die voorkomen in landen op de breedtegraad van Spanje liggen.
www.innovativedesign.net





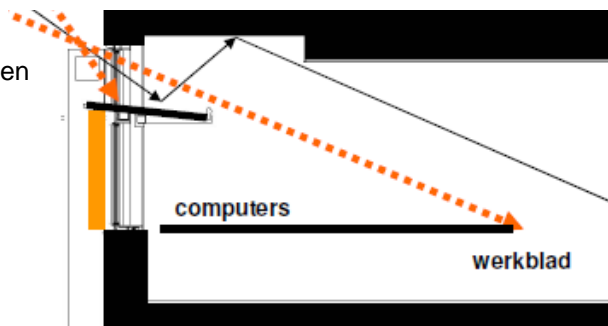
Wel het licht en niet de warmte.

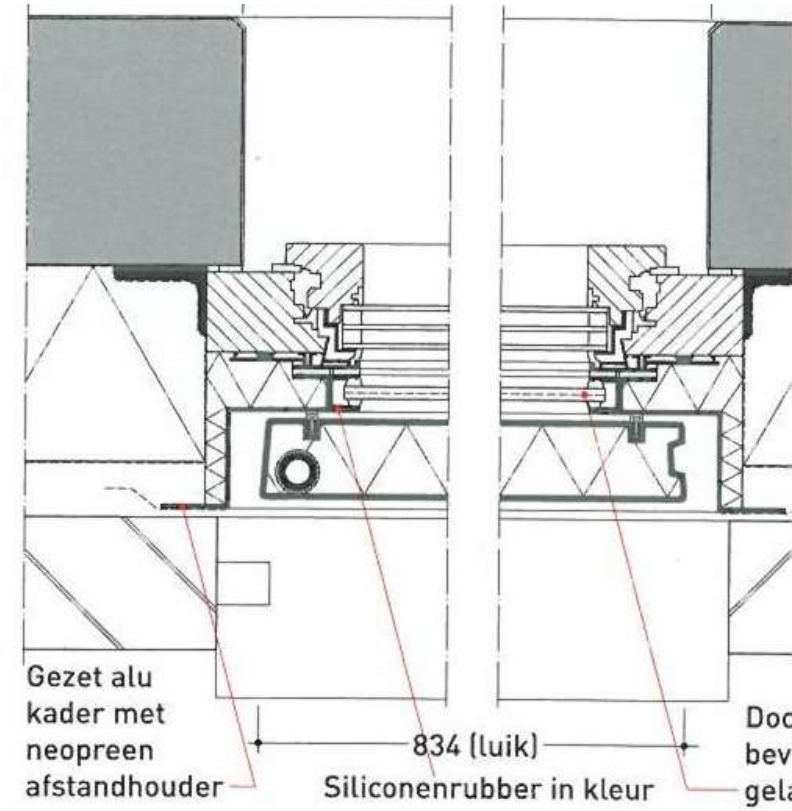
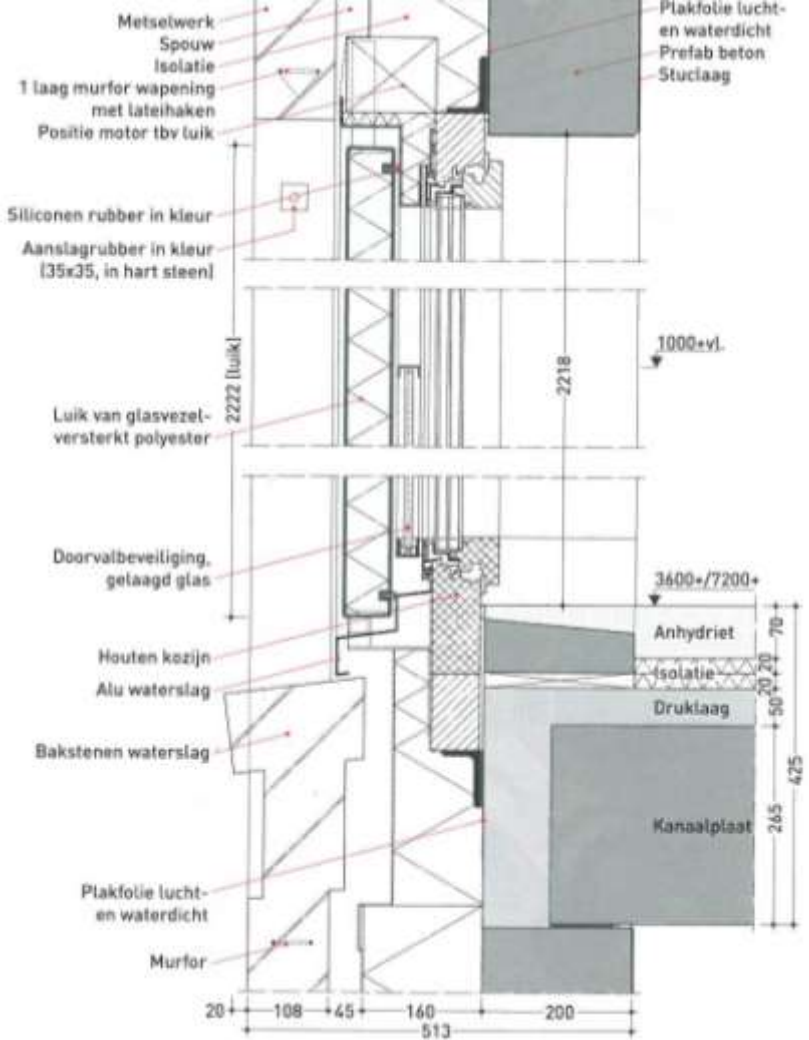
Hollandse bovenlichten met een combinatie van lichtplanken en zonwering, om daglicht binnen te brengen zonder de warmtelast.

De lichtplankaan de buitenzijde weerkaatst de zomerzon.

De lichtplank aan de binnenzijde weert de laagstaande winterzon van het de werktafels.

www.lichtopbinnenklimaat.nl





Een oplossing met geïsoleerde luiken die de thermische verliezen als gevolg van de nachtelijke uitstraling structureel verminderen





4. Kunstlicht

4.1 Besparingsopties

Als basis geldt een optimaal daglichtontwerp. Pas daarna dient gezocht te worden naar een aanvulling met een optimale energie zuinige kunstverlichting.

A. Keuze verlichtingssysteem

Het energiegebruik is afhankelijk van de keuze van verlichtingsarmaturen voor lokaal- en bordverlichting. Er zijn vier basissituaties: kale montagebalken, afgeschermd armaturen met conventionele voorschakelapparatuur, idem met T8 tl-lampen en hoogfrequent voorschakelapparaat, idem met T5 tl-lampen en hoogfrequent voorschakel apparaat. Daarnaast wordt het energiegebruik bepaald door de toegepaste borden: donker, wit of digibord. In het laatste geval is in principe geen aanvullende bordverlichting nodig.

B. Daglichtregeling

Extra besparing door toepassing van daglichtafhankelijke regeling (alleen geschikt voor de laatste twee situaties) waardoor het energiegebruik kan worden gereduceerd met wel 60%.

C. Bewegingssensoren

Door toepassing van bewegingssensoren wordt voorkomen dat de verlichting blijft branden wanneer niemand in een bepaalde ruimte aanwezig is. Hierdoor is, uiteraard afhankelijk van de omstandigheden, een totale reductie van het energiegebruik met zo'n 75% mogelijk.

D. Energieneutrale kunstverlichting

Om een energieneutrale kunstverlichting te realiseren moet de elektrische energie die uit het net wordt opgenomen worden gecompenseerd door eigen stroomopwekking. Dit kan in de vorm van photo-voltaïsche cellen (PV-cellen) en/of windenergie. Daarnaast moet de energie die tijdens bepaalde perioden niet voor eigen gebruik nodig is teruggeleverd kunnen worden via het openbare elektriciteitsnet of worden opgeslagen in accu's.



Uitgangspunten kunstlicht

Voor basisscholen wordt met betrekking tot de eisen voor de verlichting uitgegaan van NEN-EN 12464-1: Licht en verlichting – Werkplekverlichting – Deel 1: Werkplekken binnen.

De praktijk verlichtingsterkte (de gemiddelde verlichtingsterkte die onder alle omstandigheden minstens aanwezig moet zijn) in een lokaal moet op het niveau van de tafels 300 lux en op het bord 500 lux bedragen. Hierbij is uitgegaan van een groen of zwart bord.

De Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde houdt in haar toelichting op deze norm 300 lux aan, als witte borden worden gebruikt. Bij toepassing van digiborden is in principe geen aanvullende bordverlichting nodig.

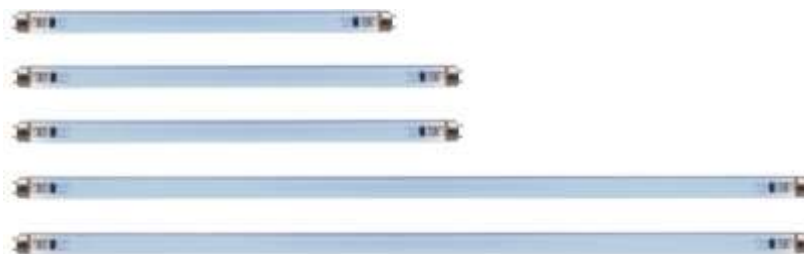
Tabel 1 toont een overzicht van het jaarlijks energieverbruik voor een 8 klassige basisschool in Nederland bij toepassing van verschillende verlichtingssystemen. De eerste twee systemen zijn nu in het merendeel van de bestaande scholen in gebruik.

Voor duurzame verlichting is dus overstappen op een nieuw systeem met daglichtafhankelijke regeling zeer aan te bevelen. Toepassing van aan-/afwezigheidsdetectie voorkomt bovendien dat het licht brandt als niemand in een lokaal aanwezig is.

Hieruit blijkt dat vanuit de meest voorkomende situaties een reductie van het energieverbruik met circa 75% mogelijk is.

Het geïnstalleerde vermogen en energieverbruik voor de overige ruimten in een school is niet in de overzichten opgenomen. Hiervoor worden namelijk meer uiteenlopende typen verlichting gebruikt.

Om een beeld te krijgen van het totale energieverbruik van de verlichting in basisscholen moeten globaal gesproken alle in de tabellen aangegeven waarden met een factor 1,7 worden vermenigvuldigd.



Biodynamische verlichting

Er is een biologisch verband tussen lichtkwaliteit, prestatie en concentratie.

Daarom hebben fabrikanten kunstlicht systemen ontwikkeld die het niveau en de lichtkleur van daglicht benaderen.

Deze kunstverlichting dient als aanvulling als er onvoldoende daglicht aanwezig is. Uit onderzoek is gebleken dat dergelijke systemen concentratie- en prestatieverhogend zijn.

Dit zijn armaturen voorzien van één lamp met een warme lichtkleur en één lamp met een koele lichtkleur. Niveau en -kleurtemperatuur kunnen op elk gewenst moment worden ingesteld door de docent door te kiezen uit een aantal vooraf ingestelde standen.







De kosten hiervoor zijn echter veel hoger en bovendien is het geïnstalleerd vermogen tenminste het dubbele. Dit houdt echter niet in dat het jaarlijkse energiegebruik ook verdubbelt, omdat altijd maar een deel van de verlichting brandt.

Noodverlichting met LED's

Extra besparing op de kunstverlichting is mogelijk door toepassing van noodverlichtingarmaturen en vluchtweg-verlichtingsarmaturen (transparanten) voorzien van LED's. Dit geldt met name voor de transparantverlichting, omdat deze continu, dus 8760 uur per jaar brandt (7 maal langer dan de kunstverlichting). Daardoor is deze verlichting, ondanks de lage vermogens, toch verantwoordelijk voor ca. 10% van het energiegebruik voor de binnen-verlichting in de scholen.

Toepassing van LED-verlichting in deze armaturen is dus rationeel en dient bij maatregelen voor 100% Schoonlicht tenminste te worden overwogen voor klasse B en verplicht te worden gesteld voor klasse A.

Tabel 1: Overzicht jaarlijks energiegebruik verlichting voor 8 groepsruimten van basisscholen bij toepassing verschillende verlichtingssystemen

| Verlichtingssysteem | Bord type | | | Besparing in % | |
|---|------------------|--------------------|-----------------------|----------------|---------------|
| | Geen / digi-bord | Wit bord (300 lux) | Donker bord (500 lux) | Renovatie | Nieuwbouw |
|  Kale montagebalk | 3.882 kWh/jaar | 4.529 kWh/jaar | 5.176 kWh/jaar | 0% | n.v.t. |
|  Witte lamellen, T8-lamp, conventionele vsa | 3.782 kWh/jaar | 4.429 kWh/jaar | 5.076 kWh/jaar | -2% | n.v.t. |
|  Witte lamellen, T8-lamp, elektronisch hoogfrequent vsa | 3.185 kWh/jaar | 3.683 kWh/jaar | 4.230 kWh/jaar | -18% | n.v.t. |
|  Aluminium lamellen, T5-lamp, elektronisch hoogfrequent vsa | 2.190 kWh/jaar | 2.538 kWh/jaar | 3.235 kWh/jaar | -37% | 0% |
|  Idem met daglicht-afhankelijke lichtregeling (40% reductie) | 1.294 kWh/jaar | 1.543 kWh/jaar | 1.991 kWh/jaar | -62% | -41% |
|  Idem met af-/aanwezigheids-detectie (60% reductie) | 896 kWh/jaar | 1.045 kWh/jaar | 1.294 kWh/jaar | -75% | -59% |

Indicatie globaal opgenomen vermogen 8 lokalen van een basisschool per jaar (voor school met groepsruimten 7,2 x 7,2 m) en 1200 branduren per jaar.

Voor groepsruimten van 7,2 x 7,8 of 7,2 x 8,1 zal het aantal W/m² voor de basisverlichting veelal met circa 30% toenemen (mede afhankelijk fabrikaat en type armaturen).

4.2 Digiborden

In grote lijnen zijn er twee veel toegepaste soorten te onderscheiden:

- Interactieve whiteboards (display + beamer, gebruik van markers mogelijk). Gemiddeld opgenomen vermogen ca. 350 W. Digiborden met beamer zorgen voor een hoger energiegebruik ook al wordt de bordverlichting niet meer gebruikt.
- Touchscreens zijn in het algemeen iets kleiner van afmetingen, helderder, en hebben dus minder afscherming van daglicht nodig. Het opgenomen vermogen is gemiddeld ca. 150 W. Dit is met name afhankelijk van de afmetingen. Touchscreens komen uit op ca. 2 tot 3 W/m². Dat komt ongeveer overeen met het opgenomen vermogen voor schoolbordverlichting voor donkere borden.

Hoe de ontwikkeling van deze borden voor basisscholen zal verlopen is moeilijk te voorspellen. De verwachting is dat touchscreens in de toekomst in verhouding meer toegepast zullen gaan worden.

Conclusie

Geadviseerd wordt om te kiezen voor touchscreens omdat zij minder vermogen vragen en minder gevoelig zijn voor wat hogere daglichtniveaus.



Interactieve whiteboards



Touchscreens





5. Energie-opwekking

5.1 Duurzame energie

Onderzoek naar kosten en terugverdientijd van eigen energieopwekking ter compensatie van door verlichting opgenomen vermogen uit het openbare elektriciteitsnet.

1. Energieverbruik van een groepsruimte

Opgenomen vermogen.

Onderzochte situatie: een groepsruimte van een school voorzien van: 6 stuks T5-armaturen 35W en een bordverlichting 300 lux met asymmetrisch armatuur 1x35 W.

Geïnstalleerd vermogen $5,1 \text{ W/m}^2 \rightarrow 264,4 \text{ W/lokaal} \times 8 \text{ lokalen} = 2.115 \text{ W}$.

Energiegebruik $2,115 \text{ kW} \times 1200 = 2.538 \text{ kWh/jaar}$.

Energiekosten € 558,-/jaar (€ 0,22/kWh). Totaal energiegebruik school (lokalen + overige ruimten) ca. 3.500 kWh.

Energiekosten € 770,-/jaar (€ 0,22/kWh).

Duurzame energieopwekking met zonne-energie.

Om het elektriciteitsgebruik voor verlichting met toepassing van T5-armaturen te compenseren is een PV-installatie nodig van ca. 4.000 W_p met een opbrengst van 3.500 kWh/jaar. De kosten hiervoor bedragen ca. $4.000 \text{ W}_{\text{piek}} \times € 3,80/\text{W}_p = € 15.200,-$ inclusief montage en BTW.

Benodigd PV-oppervlak is $4.000/135 \text{ W}_p =$ circa 30 m^2 resp. circa 20 standaardpanelen (1 x 1,50 m).

Conclusie

Globale terugverdientijd inclusief montagekosten (zonder subsidie) circa 20 jaar.

Kosten en terugverdientijd bij toepassing windmolen bedragen voor beide ongeveer 40 jaar.



2. Energiegebruik verlichting van een 8 klassige basisschool

Opgenomen vermogen 8 groepsruimten per jaar van school met 8 groepsruimten, voorzien van:

- 6 Stuks T5-armaturen 35W.
- Bordverlichting 300 lx met asymmetrisch armatuur 1x35W.
- Daglichtafhankelijke lichtregeling en aan-/afwezigheidsdetectie.

Geïnstalleerd vermogen $2,1 \text{ W/m}^2 \rightarrow 109 \text{ W/lokaal} \times 8 \text{ lokalen} = 871 \text{ W}$.

Energiegebruik $0,871 \times 1200 = 1.045 \text{ kWh/jaar}$.

Energiekosten € 230,-/jaar (€ 0,22/kWh).

Totaal energiegebruik school (lokalen + overige ruimten) ca. 1.400 kWh.

Energiekosten € 308,-/jaar (€ 0,22/kWh).

Zonne-energie bij toepassing van T5-armaturen, daglichtafhankelijke lichtregeling en aan-/afwezigheidsdetectie.

Om het elektriciteitsgebruik voor verlichting met toepassing van T5-armaturen te compenseren is een PV-installatie nodig van ca. 1.900 W_p met een opbrengst van 1750 kWh/jaar. De kosten hiervoor bedragen ca. $1.900 \text{ W}_{\text{piek}} \times € 3,80/\text{W}_p = € 7.220,-$ inclusief montage en BTW.

Benodigd PV-oppervlak is $1900/135 \text{ W}_p = \text{circa } 14 \text{ m}^2$ resp. circa 9 standaardpanelen (1 x 1,50 m).

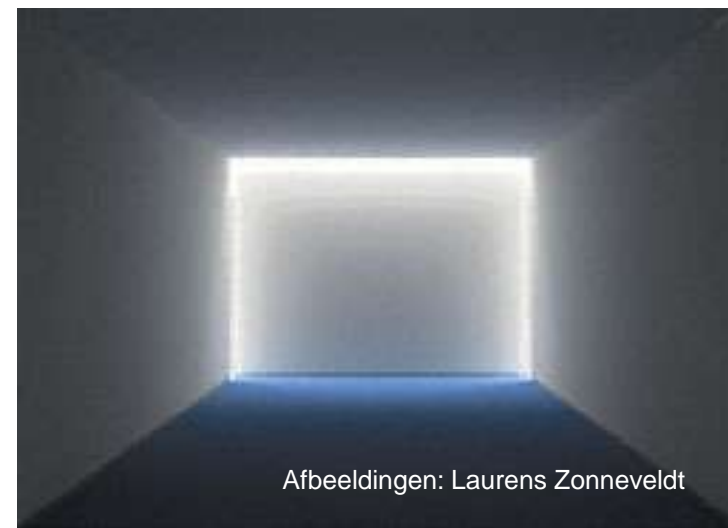
Conclusie

Globale terugverdientijd inclusief montagekosten (zonder subsidie) circa 23 jaar.

Kosten en terugverdientijd bij toepassing windmolen bedragen voor beide ongeveer 46 jaar.

Meerkosten daglichtafhankelijke lichtregeling en aan-/afwezigheidsdetectie circa. € 4500,-.





Afbeeldingen: Laurens Zonneveldt

6. Prestatie-eisen

Prestatie-eisen voor 100% Schoonlicht zijn ingebed in het programma van eisen voor frisse scholen¹.

De vette teksten op de navolgende bladzijden geven aan met welke aanvullingen tevens wordt voldaan aan de eisen voor 100% Schoonlicht.

¹AgentschapNL, Programma van Eisen Frisse Scholen; www.agentschap.nl/content/programma-van-eisen-frisse-scholen

| THEMA | KLASSE C – ACCEPTABEL | KLASSE B – GOED extra t.o.v. klasse C | KLASSE A – ZEER GOED extra t.o.v. klasse B |
|---|--|---|--|
| Beperking warmtelast in de zomer | <ul style="list-style-type: none"> Op zonbelaste gevels (zuid, oost en west) is buitenzonering of zonwerende beglazing met een zontoetredingsfactor (ZTA) $\leq 0,4$ en een lichttoetredingsfactor (LTA) $\geq 0,6$. <p>Toelichting</p> <ul style="list-style-type: none"> Waar mogelijk wordt gebruik gemaakt van de actieve thermische massa van het gebouw (zomernachtventilatie, steenachtige binnenwanden of thermisch open plafonds). | <ul style="list-style-type: none"> 100% Schoonlicht | <ul style="list-style-type: none"> 100% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> Buitenzonwering met ZTA < 0,15. |
| Daglicht - lokalen | <ul style="list-style-type: none"> De daglichtfactor op het werkvlak in het midden van groepsruimtes is minimaal 3%. Glas is blank of grijsgetint. De lichttoetredingsfactor (LTA-waarde) van het glas is minimaal 0,60. Het percentage glas in de gevel van groepsruimten is minimaal 30%. 100% Schoonlicht. | <ul style="list-style-type: none"> De daglichtfactor op het werkvlak in het midden van groepsruimtes is minimaal 5%. Glas is blank of grijsgetint. De lichttoetredingsfactor (LTA-waarde) van het glas is minimaal 0,75. 100% Schoonlicht. | <ul style="list-style-type: none"> De daglichtfactor op het werkvlak in het midden van groepsruimtes is minimaal 8%. 100% Schoonlicht. |
| Kleurweergave beglazing | | | <ul style="list-style-type: none"> 100% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> De kleurweergave-index (Ra) voor doorzicht is >95. De kleurweergave-index (Ra) van binnenkomend licht is >95. <p>Toelichting</p> <ul style="list-style-type: none"> Glas is blank/neutraal. |
| Helderheidwering | <ul style="list-style-type: none"> Bij aanwezigheid van digitale schoolborden is in de groepsruimten (ook aan de noordzijde) helderheidwering aanwezig, waarmee hinderlijk tegenlicht en hinderlijke reflecties worden voorkomen. De helderheidwering wordt zodanig geselecteerd dat luminantieverhoudingen ('contrasten' in het gezichtsveld) tussen taak (bijv. schrift), directe omgeving (bijv. tafelblad) en periferie (bijv. raam) maximaal 1:10:30 (taak:directe omgeving:periferie) bedragen. Bij het gebruik van de helderheidswering blijft enig uitzicht naar buiten mogelijk. Luminantieverhouding visuele taak en periferie bij voorkeur niet meer dan 1:30 en maximaal 1:40 conform NEN 3087. 100% Schoonlicht. | <ul style="list-style-type: none"> In de groepsruimten (ook aan de noordzijde) is helderheidwering aanwezig, waarmee hinderlijk tegenlicht en hinderlijke reflecties worden voorkomen. Bij het gebruik van de helderheidswering blijft enig uitzicht naar buiten mogelijk. De helderheidwering wordt zodanig geselecteerd dat luminantieverhoudingen ('contrasten' in het gezichtsveld) tussen taak (bijv. schrift), directe omgeving (bijv. tafelblad) en periferie (bijv. raam) maximaal 1:3:10 (taak:directe omgeving:periferie) bedragen. 100% Schoonlicht. | <ul style="list-style-type: none"> 100% Schoonlicht. |

| THEMA | KLASSE C – ACCEPTABEL | KLASSE B – GOED extra t.o.v. klasse C | KLASSE A – ZEER GOED extra t.o.v. klasse B |
|---|--|---|---|
| Kunstlicht | <ul style="list-style-type: none"> Kunstverlichting in de groepsruimten voldoet aan de eisen uit NEN-EN 12464-1: <ul style="list-style-type: none"> De verlichtingssterkte door kunstlicht is op werkvlakniveau minimaal 300 lux. De gemiddelde verlichtingssterkte is 300 lux met een gelijkmatigheid van 0,7. De UGR_L (waarde voor de beperking van de ‘verblindingshinder’) van de in de groepsruimten toegepaste armaturen is <19. De kleurweergave-index (R_a) van de verlichting is minimaal 80 of vergelijkbaar. 100% Schoonlicht. | <ul style="list-style-type: none"> De verlichtingssterkte door kunstlicht is op werkvlakniveau minimaal 500 lux. Indien geen digitale schoolborden worden toegepast zijn er speciale (apart schakelbare) armaturen waarmee een verlichtingssterkte van 500 lux (verticaal) op het schoolbord wordt behaald. 100% Schoonlicht. | <ul style="list-style-type: none"> De verlichtingssterkte door kunstlicht op het werkblad van leerlingen is minimaal 500 lux. Werkplekken voor docenten hebben persoonlijke voorzieningen voor taakverlichting, met een verlichtingssterkte van minimaal 750 lux op het werkblad. De UGR_L (waarde voor de beperking van de ‘verblindingshinder’) van de in lokalen toegepaste armaturen is <16. 100% Schoonlicht. |
| Individuele regelbaarheid | <ul style="list-style-type: none"> Het licht kan in elke ruimte afzonderlijk aan- of uitgeschakeld worden. De helderheidwering kan per groepsruimte worden bediend. | <ul style="list-style-type: none"> Kunstverlichting in groepsruimten is beperkt regelbaar: de verlichting is bijvoorbeeld in delen aan- of uit te schakelen of dimbaar. | <ul style="list-style-type: none"> Kunstverlichting in groepsruimten is dimbaar en in delen aan en uit te schakelen. 100% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> met afwezigheidsschakeling. |
| Energiezuinige verlichting | <ul style="list-style-type: none"> In ruimten waar leestaken worden verricht is daglicht aanwezig (groepsruimten, werkplekken etc.) De verlichting heeft een lichtopbrengst van minimaal 55 lm/W. Algemene ruimten, toiletten etc. hebben een veegschakeling. Verlichtingsarmaturen hebben hoogfrequente voorschakelapparatuur. | <ul style="list-style-type: none"> De daglichttoetreding is optimaal. Zie hiervoor de eisen bij visueel comfort. De toiletten zijn voorzien van aanwezigheidsdetectie voor de verlichting. De regeling is afgestemd op de hoeveelheid daglicht (bijv. daglichtafhankelijke regeling). Het gehele gebouw is voorzien van een veegschakeling. 100% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> De lichtbron incl. voorschakelapparaat (VSA) heeft een lichtopbrengst van minimaal 75 lm/W. | <ul style="list-style-type: none"> In het gehele gebouw is aanwezigheidsdetectie. In de groepsruimten kan deze worden overruled. De verlichting is dimbaar. 100% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> De lichtbron incl. VSA heeft, in lokalen, een lichtopbrengst van minimaal 90 lm/W. Het armatuurrendement bedraagt minimaal 85%. |
| Isolatie van de dichte gebouwschil | <ul style="list-style-type: none"> De gevel, de begane grondvloer en het dak hebben een R_c-waarde (isolatiewaarde) van minimaal 3,5 m²K/W. 100% Schoonlicht. <p>Toelichting</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Naast een prestatie-eis voor het gehele gebouw wordt aan het casco een zwaardere eis gesteld dan in het Bouwbesluit. De levensduur van het casco is namelijk veel groter dan die van de installaties.</i> | <ul style="list-style-type: none"> Het dak heeft een R_c-waarde van minimaal 5,0 m²K/W. 100% Schoonlicht. <p>Toelichting</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Het dak is eenvoudiger te isoleren dan andere bouwdelen.</i> <i>In klasse B moet deze kans worden benut.</i> | <ul style="list-style-type: none"> De gevel, de begane grondvloer en het dak hebben een R_c-waarde (isolatiewaarde) van minimaal 5,0 m²K/W. 100% Schoonlicht. <p>Toelichting</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Bij een zeer hoge energieprestatie hoort een maximale inzet op energiebesparing.</i> |

| THEMA | KLASSE C – ACCEPTABEL | KLASSE B – GOED extra t.o.v. klasse C | KLASSE A – ZEER GOED extra t.o.v. klasse B |
|---|--|---|---|
| Isolatie van puien en beglazing | <ul style="list-style-type: none"> De beglazing heeft een U-waarde (warmtegeleiding) van maximaal 1,2 W/m²K (HR++). | | <ul style="list-style-type: none"> 100% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> De puien hebben een gemiddelde U-waarde van maximaal 0,8 W/m²K. <p><i>Toelichting</i></p> <ul style="list-style-type: none"> U-waarde puien te realiseren door bijvoorbeeld het sluiten van (rol)luiken 's nachts en/of in het weekeinde. |
| Elektriciteitsgebruik verlichting | <ul style="list-style-type: none"> 100% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> Elektriciteitsgebruik voor verlichting < 5 kWh/m² per jaar. <p><i>Toelichting</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Op basis van 1200 branduren per jaar. | <ul style="list-style-type: none"> 100% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> Elektriciteitsgebruik voor verlichting < 4 kWh/m² per jaar. <p><i>Toelichting</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Op basis van 1200 branduren per jaar. | <ul style="list-style-type: none"> 100% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> Elektriciteitsgebruik voor verlichting < 5 kWh/m² per jaar. <p><i>Toelichting</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Op basis van 1200 branduren per jaar. |
| Duurzame elektriciteitsopwekking op weg naar 100% Schoonlicht | <ul style="list-style-type: none"> 100% groen licht: <ul style="list-style-type: none"> Voor alle thema's moet aan de voorwaarden van 100% Schoonlicht worden voldaan, maar in plaats van elektriciteitsopwekking op eigen perceel groene stroom inkopen ter grootte van het elektriciteitsgebruik voor verlichting. | <ul style="list-style-type: none"> 50% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> Voor alle thema's moet aan de voorwaarden van 100% Schoonlicht worden voldaan, maar de hoeveelheid opgewekte energie met PV-panelen en/of windmolens op eigen perceel bedraagt minimaal 50% van het elektriciteitsgebruik voor verlichting. Voor de overige 50% van het elektriciteitsverbruik voor verlichting groene stroom inkopen. | <ul style="list-style-type: none"> 100% Schoonlicht: <ul style="list-style-type: none"> Elektriciteitsopwekking met PV-panelen en/of windmolen op eigen perceel even groot als het elektriciteitsgebruik voor verlichting. |



7. Financiën



7.1 Terugverdientijd: een bestaande school

1. Nul situatie: een primaire school uit de jaren '70

Oppervlak: ca. 1.000 m².

Aantal leerkrachten in FTE's: 8, waarvan 1 directeur.

Aantal rugzak leerkrachten: 0.

Aantal leerlingen: 8 groepen x gemiddeld 23 leerlingen/groep = 184 leerlingen.

Verlichting: kale TL-montagebalken in de groepsruimten.

Verzuim: 6%, conform het landelijk gemiddelde.

Leerprestaties: gemiddeld.

Energiegebruik: 7.800 kWh (donkere borden in de groepsruimten).

2. Nieuwe situatie: dezelfde school met nieuwe armaturen, T5-lampen, daglichtsturing en bewegingsdetectie

Verzuim: 6%, conform het landelijk gemiddelde.

Leerprestaties: gemiddeld.

Energiegebruik: 1.950 kWh (donkere borden) of 1.350 kWh (digiborden).

3. Kosten/baten

Investering TL-verlichting groepsruimten: € 14.250,- inclusief montage en BTW.

Besparing op elektriciteitsgebruik: 5.850 kWh x € 0,22/kWh = € 1.287,- per jaar.

*Terugverdientijd € 14.250,- / € 1.287,- : **ca. 11 jaar.***

Na deze 11 jaar bespaart de school jaarlijks € 1.287,- op de energiekosten, dus na 25 jaar is dit € 18.018,- .

Daarnaast ontstaat een zeer gezond en prettig binnenklimaat dat zich moeilijk in geld laat uitdrukken.



7.2 Terugverdientijd: een nieuwe school met 100% Schoonlicht

1. Nul situatie: een primaire school uit de jaren '70

Oppervlak: ca. 1.000 m².

Aantal leerkrachten in FTE's: 8, waarvan 1 directeur.

Aantal rugzak leerkrachten: 0.

Aantal leerlingen: 8 groepen x gemiddeld 23 leerlingen/groep = 184 leerlingen.

Verlichting: kale TL-montagebalken in de groepsruimten.

Verzuim: 6%, conform het landelijk gemiddelde.

Leerprestaties: gemiddeld.

Energiegebruik: 7.800 kWh (donkere borden in de groepsruimten).

2. Nieuwe situatie anno 2011: 100% Schoonlicht-school met armaturen v.v. T5-lampen, daglichtsturing, bewegingsdetectie en PV-cellen

Verzuim: onder het landelijke gemiddelde van 6%.

Leerprestaties: boven het landelijke gemiddelde.

Energiegebruik: 1.950 kWh (donkere borden) of 1.350 kWh (digiborden).

3. Kosten/baten

Investering TL-verlichting groepsruimten: € 14.250,- inclusief montage en BTW.

Investering PV-cellen: $1.900 W_{\text{piek}} \times € 3,80/W_p = € 7.220,-$ inclusief montage en BTW, opbrengst ca. 1.750 kWh/jaar.

Besparing op elektriciteitsgebruik: $(5.850 \text{ kWh} + 1.750 \text{ kWh}) \times € 0,22/\text{kWh} = € 1.672,-$ per jaar.

*Terugverdientijd = Investering / Besparing per jaar = € 21.470,- / € 1.672,- = **ca. 13 jaar.***

Na deze 13 jaar bespaart de school jaarlijks € 1.672,- op de energiekosten, dus na 25 jaar dit € 20.064,-

Indien het verminderde ziekteverzuim en de verhoogde leerprestaties meegerekend zouden worden kan de terugverdientijd met meerdere jaren worden verkort. Het kwantificeren van deze besparingen is echter lastig en daarom achterwege gelaten, aangezien vele factoren invloed hebben.

Daarnaast ontstaat een zeer gezond en prettig binnenklimaat dat zich moeilijk in geld laat uitdrukken.



Literatuurlijst

Verlichting algemeen en duurzaamheid

- Energiezuinige verlichting voor scholen, Agentschap NL , 2010.
- Toolbox binnenklimaat onderwijs, Stichting Living Daylights /TU/e.
- Guidelines for Environmental Design in Schools, Building Bulletin 87, 2nd Edition Version 1 (May 2003).
- Guide for Daylighting Schools, Lighting Design Center, Developed by Innovative Design, Administered by Rensselaer Polytechnic Institute, 2004.
- Verlichting voor onderwijsinstellingen, Praktijkdocument NSVV, 2004.
- Licht en gezondheid voor werkenden, Aanbeveling NSVV, 2003.
- Energy Performance of Daylit Schools in North Carolina, Michael Nicklas, Gary Bailey, Innovative Design (NC, USA).
- Daylighting Ohio's Schools, PowerPoint presentation Mike Nicklas, FAIA, Innovative Design (NC, USA).
- Designing Better Learning Environments, Innovative Design (NC, USA).

Verlichting in relatie tot concentratie, prestatie, welbevinden en gezondheid

- Beter licht – hogere cijfers? Philips en Universitätsklinik Hamburg, 2008.
- Literatuurstudie scholen en kindercentra – Binnenmilieu, gezondheid en leerprestaties, Dr. A. Meijer, Dr. Ir. E. Hasselaar en Ing. C.A.M. Snepvangers, TU Delft, 2007.
- Daylighting in Schools, An Investigation into the Relationship between Daylighting and Human Performance, George Loisos of The Pacific Gas and Electric Company, 1999.
- Voel je goed en leer beter met SchoolVision, Philips, 2010.
- Literatuuronderzoek gebouwgebonden gezondheid, comfort, productiviteit en ziekteverzuim in relatie tot energiegebruik, ir. A.C. Boerstra, drs. J.L. Leijten en drs. L. Haans, SenterNovem, 2006.
- Windows and Classrooms: A Study of Student Performance and the Indoor Environment, California Energy Commission, 2003.
- Werkverlichting: Visuele en biologische effecten, Ir. W.J.M. van Bommel en Ir. G.J. van den Beld, Philips Lighting, Nederland 2004.