

LED-sportveldverlichting in de gemeente 's-Hertogenbosch

Eindverslag



Robert van Lith

22 november 2013



's-Hertogenbosch

**UNIVERSITEIT
TWENTE.**

LED-sportveldverlichting in de gemeente 's-Hertogenbosch

Eindverslag voor de Bachelor Eindopdracht

Robert van Lith

's-Hertogenbosch, 22 november 2013

Begeleiding vanuit de Universiteit Twente:

Dr. Ir. A.G. Entrop (Assistant Professor Sustainable Building)

Faculteit Construerende Technische Wetenschappen

Begeleiding vanuit de Gemeente 's-Hertogenbosch:

Dhr. T. Verhagen (Manager openlucht accommodaties)

Dhr. H. Bekkers (Beheerder buitensportaccommodaties)

Afdeling Sport en Recreatie

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport *LED-sportveldverlichting in de gemeente 's-Hertogenbosch*. Het onderzoeksrapport vormt de afsluiting van de Bachelor Eindopdracht van de opleiding Civiele Techniek aan de Universiteit Twente. Onderdeel van dit onderzoek was een stage van tien weken bij de afdeling Sport en Recreatie van de gemeente 's-Hertogenbosch.

Allereerst wil ik Bram Entrop, als begeleider vanuit de Universiteit Twente, bedanken voor zijn steun aan het opstarten van het onderzoek en het geven van feedback op mijn tussenverslagen.

Daarnaast wil ik de collega's van de afdeling Sport en Recreatie van de gemeente 's-Hertogenbosch bedanken. Tijdens deze tien weken ben ik hier erg goed opgevangen en was iedereen bereid om mee te denken en te helpen bij het uitvoeren van het onderzoek. In het bijzonder wil ik hier Theo Verhagen bedanken die als stagebegeleider heeft opgetreden tijdens mijn verblijf bij de gemeente. Verder hebben Peter Lindsen en Henrie Bekkers mij met veel praktische zaken geholpen als collega's van de unit Buitensportaccommodaties. Daarnaast hebben Hans Verkammen van de unit Beleid en Strategie en Kinie Lont van de afdeling Milieu mij geholpen met het verkrijgen van inzicht in het beleid van de gemeente 's-Hertogenbosch.

Tijdens mijn onderzoek heb ik verschillende verenigingen bezocht om een beeld te kunnen vormen van de actuele situatie. Graag wil ik de medewerkers en vrijwilligers van O.S.S.-VOLO en Hockeyclub Den Bosch hiervoor bedanken. Ook ben ik dank verschuldigd aan mijn broer Reny die heeft geholpen bij het uitvoeren van de verlichtingssterktemeting bij O.S.S.-VOLO.

Ten slotte ben ik dank verschuldigd aan Frans Pasveer van Heijmans Techniek en Mobiliteit, Henk Vrolijk van Vrolijk en Overgaauw en Joost Verhoeks van LED Expert, die mij hebben geholpen met hun kennis van zowel LED- als conventionele verlichting.

's-Hertogenbosch, 22 november 2013

Robert van Lith

Samenvatting

De gemeente 's-Hertogenbosch streeft volgens het Energie- en Klimaatprogramma 2008-2015 naar een klimaat neutrale gemeentelijke organisatie in 2020. In 2010 heeft de gemeente LED-sportveldverlichting laten aanbrengen bij Hockeyclub Den Bosch. De afdeling Sport en Recreatie heeft aan de gemeenteraad toegezegd om de ontwikkeling van LED-sportveldverlichting te volgen. In overleg met de gemeente is hierdoor gekomen tot de volgende doelstelling voor het onderzoek:

Het verkrijgen van inzicht in de mogelijkheden die LED-sportveldverlichting biedt voor de gemeente 's-Hertogenbosch door het vergelijken van de financiële-, kwalitatieve- en energie-eigenschappen van conventionele- en LED-sportverlichting bij een bepaalde vereniging.

Tijdens het onderzoek is atletiekvereniging O.S.S.-VOLO gebruikt als onderzoeksobject, omdat de verlichting daar binnen twee jaar is afgeschreven. Daarnaast is HC Den Bosch gebruikt als onderzoeksobject, aangezien daar al LED-sportveldverlichting aanwezig is. De centrale vraagstelling is opgedeeld in een viertal deelonderwerpen die hieronder worden besproken.

Lichtkwaliteit

De lichtkwaliteit is het eerste onderdeel van de vergelijking tussen LED- en conventionele sportveldverlichting. Als de lichtkwaliteit niet voldoet kan ook niet worden gesproken over een volwaardig alternatief. Het onderwerp lichtkwaliteit kan worden opgedeeld in twee onderdelen. Enerzijds is er het doel van de verlichting, namelijk het goed en veilig kunnen uitoefenen van een sport. Anderzijds kan de verlichting ook voor lichthinder zorgen in de omgeving. De Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV) heeft richtlijnen opgesteld voor zowel de parameters voor lichtkwaliteit op het veld, als voor de maximale waarden voor de parameters die lichthinder beschrijven.

Berekeningen met het programma CalcuLuX laten zien dat zowel LED- als conventionele verlichting aan alle richtlijnen voor de verlichtingssterkte op het veld bij de atletiekvereniging kunnen voldoen. Onderzoek op locatie bij HC Den Bosch heeft echter laten zien dat de theoretische waarden voor LED-verlichting in de praktijk niet hetzelfde waren. Aanvullend onderzoek zal nodig zijn om te achterhalen of hier sprake is van een incident of dat deze problemen vaker optreden. De gebruikers bij HC Den Bosch geven wel aan dat de kleur van de LED-verlichting wordt verkozen boven de kleur van de conventionele verlichting.

De richtlijnen van de NSVV met betrekking tot de parameters lichthinder worden pas van toepassing als er ook daadwerkelijk lichthinder optreedt. Bij het toepassen van conventionele verlichting zou er op basis van de berekeningen met het programma CalcuLux lichthinder kunnen ontstaan. Voor de huidige gebruikers vormt dit echter geen probleem. De lichthinder door LED-verlichting is in ieder geval lager, doordat er minder licht naast het speelveld valt. Ondanks dat de lichthinder minder zal zijn, valt niet uit te sluiten dat de grenswaarden worden overschreven. Dit moet bij elke individuele situatie apart worden bekeken.

Energiegebruik

De belangrijkste reden om voor LED-sportveldverlichting te kiezen is de afname van het energiegebruik. Doordat het geïnstalleerd vermogen bij de LED-verlichtingsinstallatie lager is, neemt

het energiegebruik af. Deze energiebesparing wordt een statische besparing genoemd. LED-lampen kunnen daarnaast direct worden in- of uitgeschakeld, terwijl conventionele lampen ongeveer twintig minuten moeten afkoelen en een opstarttijd van vier minuten hebben. LED-verlichting geeft de gebruikers hierdoor meer mogelijkheden om de verlichting actief te bedienen. Als hierdoor een aanvullende energiebesparing wordt behaald spreekt men van een dynamische besparing.

In het geval van de atletiekvereniging bleek dat zowel de statische- als de dynamische besparing groter is bij LED- dan bij conventionele sportveldverlichting. Op jaarbasis kan hierdoor bij LED-verlichting een energiebesparing van 2.822 kWh worden behaald tegen een energiebesparing van 945 kWh bij nieuwe conventionele verlichting. Als deze besparing echter wordt vergeleken met andere sporten dan valt op dat de mogelijke besparing bij tennis en hockey hoger liggen dan bij voetbal en atletiek. Het verdient daarom de voorkeur om LED-sportveldverlichting bij deze sporten als eerste toe te passen.

Kosten en opbrengsten

De aanschafkosten van LED-armaturen zijn ongeveer duizend euro hoger dan de aanschafkosten van conventionele armaturen. Daarnaast is voor het dynamisch schakelen nog een bedieningsapparaat nodig. Het energiegebruik van de LED-verlichting is lager, waardoor de energiekosten afnemen. Bij O.S.S.-VOLO is kan door het lagere installatievermogen ook worden bespaard op de vaste energiekosten. De onderhoudskosten liggen lager, aangezien de lampen niet hoeven te worden vervangen gedurende de afschrijvingsperiode.

Op basis van een Life-Cycle Cost berekening is gebleken dat de kosten voor LED-sportveldverlichting bij de atletiekvereniging ongeveer driehonderd euro hoger liggen tijdens de afschrijvingsperiode van twintig jaar. Een investering in LED-sportveldverlichting is bij de atletiekvereniging dus niet terug te verdienen binnen de afschrijvingstermijn. Over de onvoorziene kosten is echter nog weinig bekend en tijdens de verlichtingssterktemeting bij HC Den Bosch is gebleken dat er een aantal gebreken waren aan de LED-verlichting. Om deze onvoorziene kosten goed te kunnen inschatten is aanvullend onderzoek nodig.

Toepassing op gemeentelijke schaal

Als de gemeente LED-sportveldverlichting wil gaan toepassen zal er beleid moeten worden opgesteld over de verdeling van de baten van de investering. De energierekening wordt namelijk betaald door de sportvereniging, waardoor deze baten ook voor de vereniging zouden zijn. De gemeente hanteert als beleid dat er geen winst hoeft te worden gemaakt op de investering. Bij een eventueel tekort zou de afdeling Sport en Recreatie aanspraak kunnen maken op een bijdrage van de afdeling Milieu voor investeringen in duurzaam energiegebruik. Over het exacte bedrag dat beschikbaar wordt gesteld zal nader overleg met deze afdeling moeten worden gepleegd.

Ten slotte is een globale berekening uitgevoerd om te bepalen wat LED-sportveldverlichting zou kunnen betekenen als het wordt toegepast bij alle voetbal-, tennis en hockeyverenigingen. Als de LED-verlichting gefaseerd wordt ingevoerd in veertig jaar zullen de jaarlijkse investeringskosten ongeveer 170 duizend euro bedragen. Hiermee kan een maximale energiebesparing worden behaald van ongeveer 293 MWh per jaar.

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting.....	7
1. Inleiding	11
1.1. Achtergrond.....	11
1.2. Beschrijving van de externe organisatie.....	12
1.3. Probleemstelling.....	12
1.4. Doelstelling.....	13
1.5. Onderzoeksvragen.....	13
1.6. Beschrijving van de case.....	16
1.7. Leeswijzer	16
2 Lichtkwaliteit	17
2.1 Lichtkwaliteit op het veld	17
2.2 Parameters voor de lichtkwaliteit op het veld	18
2.3 Lichtkwaliteit buiten het veld	20
2.4 Parameters voor de lichtkwaliteit buiten het veld.....	20
2.5 Lichtkwaliteit op het veld bij O.S.S.-VOLO.....	21
2.6 Lichtkwaliteit buiten het veld bij O.S.S.-VOLO	24
2.7 Deelconclusie.....	27
3 Energiegebruik.....	29
3.1 Theorie bij energiegebruik	29
3.2 Statisch energiegebruik bij O.S.S.-VOLO	30
3.3 Mogelijkheden tot dynamische besparing bij O.S.S.-VOLO	31
3.4 Deelconclusie.....	33
4 Kosten en opbrengsten	34
4.1 Bepalen van de Life-Cycle Cost en terugverdientijd.....	34
4.2 Investeringskosten bij O.S.S.-VOLO	34
4.3 Onderhoudskosten bij O.S.S.-VOLO	37
4.4 Energiekosten bij O.S.S.-VOLO	39
4.5 Verwijderingskosten bij O.S.S.-VOLO	40
4.6 Life-Cycle Cost en terugverdientijd bij O.S.S.-VOLO.....	40
4.7 Deelconclusie.....	41
5 LED-sportveldverlichting op gemeentelijke schaal	43
5.1 Verdeling van baten	43

5.2	Verdeling van de baten bij een vergelijkbaar project	43
5.3	Verdeling van de baten bij O.S.S.-VOLO	44
5.4	Investeringskosten LED-verlichting op gemeentelijke schaal	45
5.5	Energiebesparing door LED-verlichting op gemeentelijke schaal	48
5.6	Deelconclusie.....	49
6	Discussie, conclusie, aanbevelingen en vervolgonderzoek.....	51
6.1	Discussie	51
6.2	Conclusie	51
6.3	Aanbevelingen.....	53
6.4	Mogelijkheden voor vervolgonderzoek.....	54
	Bibliografie	55
	Bijlagen	62
	Bijlage A – Lichtkwaliteit	62
	A.1 – Verlichtingsplan huidige installatie O.S.S.-VOLO.....	62
	A.2 – Verlichtingssterktemeting bij O.S.S.-VOLO	65
	A.3 – Berekening verlichtingssterkte en lichthinder met CalcuLuX	69
	A.4 – Verlichtingssterktemeting bij Hockeyclub Den Bosch.....	89
	Bijlage B – Energiegebruik	90
	B.1 – Branduren O.S.S.-VOLO	90
	Bijlage C – Kosten en opbrengsten.....	92
	C.1 – Subsidies	92
	C.2 – Opbouw energierekening	94
	C.3 – Energiemeting bij HC Den Bosch	95
	C.4 – Benodigde elektrische aansluiting bij O.S.S.-VOLO	96
	C.5 – Life-Cycle Cost berekening bij O.S.S.-VOLO.....	98
	Bijlage D – LED-sportveldverlichting op gemeentelijke schaal	99
	D.1 – Aantal armaturen bij de verschillende typen hockey- en voetbalvelden	99
	D.2 – Gemiddeld aantal branduren van sportveldverlichting	100
	D.3 – Energiebesparing door LED-armaturen bij voetbal-, hockey- en tennisverenigingen	103

1. Inleiding

De term LED is al behoorlijk ingeburgerd in het Nederlandse taalgebruik. LED is de afkorting voor Light Emitting Diode. Het internationaal woordenboek voor de verlichtingskunde vertaalt de term als een *“lichtgevende diode”* en omschrijft dit als *“een halfgeleiderelement met een p-n overgang dat bij aanslag door een elektrische stroom optische straling uitzendt”* (NSVV, 1992, p. 50).

In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de achtergrond van LED-verlichting en wordt een beschrijving gegeven van de externe organisatie waar het onderzoek heeft plaatsgevonden. Vervolgens worden de probleemstellingen en de doelstelling geformuleerd, waarna er een aantal onderzoeksvragen zijn opgesteld. Hierna zal de case worden toegelicht die wordt gebruikt als onderzoeksobject. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een leeswijzer.

1.1. Achtergrond

De ontdekking van de werking van de LED vond al in het begin van de twintigste eeuw plaats. Henry Joseph Round publiceerde in 1907 een kort bericht in *Electrical World* waarin hij beschrijft dat hij een heldere gloed had waargenomen tijdens een experiment met carborundum (Round, 1907). Loebner (1976) geeft aan dat Round echter niet kan worden gezien als de uitvinder van de LED, maar dat deze eer toekomt aan Oleg Losev. Zheludev onderschrijft dit in een artikel over de honderdjarige geschiedenis van de LED. Losev herontdekte de LED in de jaren twintig van de vorige eeuw en beschreef mogelijkheden om hem ook daadwerkelijk te gebruiken. Daarnaast wist hij de verschijnselen, die zich voordeden, te koppelen aan bestaande theorieën (Zheludev, 2007).

In de jaren zestig worden LED's voor het eerst op industriële schaal gebruikt. De kosten daalden aanzienlijk door de grote productielijnen van Monsanto en Hewlett-Packard en leidden tot een grote groei van de markt van displays voor rekenmachines en later ook voor polshorloges (Philips, 2008). In de jaren zeventig worden er LED's geproduceerd in de kleuren groen, oranje en geel, door de ontwikkeling van nieuwe halfgeleidermaterialen (OSRAM, 2013). In de jaren negentig zijn de LED's doorontwikkeld en commercieel een groot succes geworden. Een belangrijke rol in dit proces was weggelegd voor Shuji Nakamura, die verschillende kleuren LED's ontwikkelde op basis van galliumarsenide (Veerman, 2006).

In 2005 had Ede de primeur als eerste gemeente in Nederland waar LED-verlichting werd toegepast als straatverlichting. En al in 2009 gaf Philips aan dat het technisch gezien mogelijk zou zijn om voor de helft van de Nederlandse straatverlichting gebruik te maken van LED-verlichting (Philips, 2009).

Twee decennia na de doorbraak van Nakamura is LED-verlichting doorgedrongen tot bijna elke denkbare toepassing van lichtgebruik. Een onderzoek van McKinsey & Company (2011) voorspelt dat in 2020 LED-verlichting een aandeel van 60% zal uitmaken van de gehele markt voor verlichting. Yadav, Joshi, & Moharil (2012) geven aan dat LED-verlichting wordt beschouwd als de belangrijkste lichtbron van de 21^{ste} eeuw.

Het gebruik van LED's voor het verlichten van sportvelden heeft langer op zich laten wachten dan LED-straatverlichting. In 2009 had Sportcomplex Eindhoven-Noord de wereldprimeur om als eerste vereniging de sportvelden te verlichten met LED-verlichting. Sindsdien neemt het aantal LED-sportveldverlichtingsinstallaties echter snel toe en komen er ook voortdurend nieuwe modellen op de markt. Een illustrerend voorbeeld hiervan is het EK hockey dat in augustus van dit jaar plaatsvond

in Boom (België). Het stadion van hockeyclub Braxgata is tijdens het toernooi volledig verlicht door LED-lampen (Cobouw, 2013).

Binnen de gemeente 's-Hertogenbosch beschikt Hockeyclub Den Bosch reeds over LED-sportveldverlichting. Sinds 2010 zijn hier twee velden voorzien van LED-sportveldverlichting.

1.2. Beschrijving van de externe organisatie

De opdracht zal worden uitgevoerd bij de Gemeente 's-Hertogenbosch. 's-Hertogenbosch is de hoofdstad van de provincie Noord-Brabant en telt 142.825 inwoners (Gemeente 's-Hertogenbosch, 2013). Het stadsbestuur wordt gevormd door een coalitie van vier partijen: VVD, PvdA, CDA en Rosmalens Belang. Aanvankelijk bestond de coalitie uit vijf partijen, maar begin september heeft GroenLinks de coalitie verlaten.

Binnen de gemeente zijn er 32 buitensportverenigingen die samen 149 verlichte velden hebben. Bij de gemeente houdt de afdeling Sport en Recreatie zich hiermee bezig. De velden en de bijbehorende verlichting zijn gedeeltelijk eigendom van de gemeente en gedeeltelijk van de verenigingen zelf. Het beleid van de gemeente inzake de eigendom van veldverlichting is het volgende:

1. De verlichtingsinstallaties bij natuurgrasvelden zijn eigendom van de vereniging.
2. Nieuwe verlichtingsinstallaties bij kunstgrasvelden zijn eigendom van de gemeente.
3. Oude verlichtingsinstallaties bij kunstgrasvelden (al aanwezig bij de aanleg van het kunstgrasveld) die nog niet versleten zijn blijven eigendom van de vereniging. Nieuwe verlichtingsinstallaties bij deze velden worden volgens punt twee door de gemeente aangeschaft.
4. Uitzonderingen hierop zijn: atletiekvereniging O.S.S.-VOLO (gemeente is eigenaar van het gehele complex), Honk- en Softbalvereniging Gryphons (verlichting voor EK op hoog kwaliteitsniveau gebracht) en inlineskaterhockeyvereniging De Daredevils (de baan is van kunststof, maar verder geldt hetzelfde als voor kunstgras).
5. De tennisverenigingen zijn volledig geprivatiseerd en de verenigingen zorgen daardoor zelf voor de verlichting.

Met dit onderzoek hoopt de afdeling Sport en Recreatie meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden die LED-sportveldverlichting kan bieden voor de buitensportverenigingen binnen de gemeente. Hiermee kan de afdeling Sport en Recreatie de verenigingen beter bijstaan en kan de afdeling werken aan de milieudoelstellingen van de gemeente. Deze doelstellingen bestaan onder andere uit een klimaat neutrale gemeentelijke organisatie in 2020 (Gemeente 's-Hertogenbosch, 2008).

1.3. Probleemstelling

In het coalitieakkoord 2010 – 2014 van de gemeente 's-Hertogenbosch neemt duurzaamheid een prominente plaats in. De ondertitel van het document is: 'werken aan een veilig, economisch en sociaal sterk en duurzaam 's-Hertogenbosch'. De coalitie geeft aan dat er meer nadruk zal worden gelegd op "het inzetten van bewezen technologieën en maatregelen voor duurzaam recreëren" (VVD, GroenLinks, PvdA, CDA, Rosmalens Belang, 2010, p. 5). De gemeente 's-Hertogenbosch ondersteunt echter ook nieuwe technologieën op het gebied van duurzaam recreëren. Een voorbeeld hiervan is de aanleg van LED-sportveldverlichting bij twee velden van de Hockeyvereniging Den Bosch.

De aanleiding hiervoor was de (aangenomen) motie: ‘vreemd aan de orde van de dag, veldverlichting buitensportvereniging’ van de Partij van de Arbeid. In deze motie staat dat het voor buitensportverenigingen van groot belang is dat de verlichting “energetisch gezien klimaat neutraal is en ook duurzaam, zodat het energiegebruik lager wordt en de energiekosten voor de verenigingen verlaagd worden”. Hierna verzocht de partij om “bij de begroting van 2010 met een plan van aanpak te komen waarin voor verenigingen een opzet en kostenindicatie is uitgewerkt voor een klimaat neutrale en duurzame veldverlichting” (Marcelis, 2009).

Later dat jaar heeft het college van B&W de gemeenteraad geïnformeerd over de stand van zaken van de hierboven beschreven motie. Hierbij is aangegeven dat bij het pilotproject bij de Hockeyclub Den Bosch onderzoek zal worden gedaan naar “het informeren van gebruikers over een beter energiemanagement, bijvoorbeeld het vergroten van schakelmogelijkheden van verlichtingsmasten en het toepassen van energiezuinige lampen” en naar “het volgen van de ontwikkeling van LED-sportveldverlichting” (Gemeente 's-Hertogenbosch, 2009). De probleemstelling die hieruit volgt is:

Hoe kan LED-sportveldverlichting voor een gemeente bijdragen aan het terugdringen van het energiegebruik en de energiekosten van buitensportverenigingen?

Deze probleemstelling heeft geleid tot een doelstelling, die in de volgende paragraaf zal worden toegelicht.

1.4. Doelstelling

Het begrip duurzaamheid, waar de coalitie in het coalitieakkoord aan refereert, bevat een omvangrijk aantal mogelijkheden voor onderzoek. Daarnaast telt de gemeente 's-Hertogenbosch tientallen sportverenigingen. Om de onderzoeksopdracht binnen de daarvoor gestelde termijn van tien weken uit te voeren is het noodzakelijk om het onderzoeksgebied af te bakenen.

Het onderzoek zal zich daarom toelagen op een drietal verenigingen binnen de gemeente 's-Hertogenbosch. Het gaat hier om atletiekvereniging O.S.S.-VOLO op sportpark de Schutskamp. Deze vereniging heeft namelijk lichtinstallaties die binnen afzienbare tijd aan vervanging toe zijn en hiervoor is LED-sportveldverlichting één van de mogelijkheden. Daarnaast zal Hockeyclub Den Bosch ter referentie dienen als onderzoeksobject, aangezien hier reeds LED-sportveldverlichting aanwezig is. Ten slotte zal ter referentie ook worden gekeken naar de conventionele sportveldverlichting die aanwezig is bij Hockeyclub Den Bosch. Het is daarnaast een wens van de afdeling Sport en Recreatie om ook een globaal beeld te krijgen van de invloed die LED-sportveldverlichting kan bieden als het wordt toegepast bij alle buitensportverenigingen. De doelstelling van het onderzoek is:

Het verkrijgen van inzicht in de mogelijkheden die LED-sportveldverlichting biedt voor de gemeente 's-Hertogenbosch door het vergelijken van de financiële-, kwalitatieve- en energie-eigenschappen van conventionele- en LED-sportverlichting bij een bepaalde vereniging.

Om deze doelstelling te behalen zijn er een aantal onderzoeksvragen opgesteld, die elk een verschillend aspect uit de doelstelling behandelen.

1.5 Onderzoeksvragen

Uit de doelstelling zijn een viertal onderzoeksvragen afgeleid. Deze vragen zijn vervolgens weer gesplitst in een aantal deelvragen.

Onderzoeksvraag 1

De eerste onderzoeksvraag heeft betrekking op de kwaliteit van het licht, zowel op als buiten het veld. Er kan immers alleen een keuze worden gemaakt als LED-verlichting kan voldoen aan de eisen die aan het licht worden gesteld.

Er zijn verschillende eisen die worden gesteld aan sportveldverlichting. De Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV) heeft vastgesteld welke verlichtingssterkte het licht op het speelveld minimaal moet hebben, uitgedrukt in de eenheid Lux. Daarnaast is ook de lichtkleur van belang. Doorgaans wordt geprobeerd om het licht van de zon te benaderen. De eenheid die hiervoor wordt gebruikt is Ra, waarbij zonlicht wordt beoordeeld met 100 Ra. Sneppen (2013) geeft aan dat confessionele lampen 90 tot 95 Ra halen, terwijl veel LED-lampen niet verder komen dan 85 Ra. Een groot voordeel van LED-verlichting is dat het erg goed te richten is. De NSVV heeft in NEN-EN 12193 beschreven welke mate van strooilicht aanvaardbaar is om te voldoen aan een lichthinderberekening. Leveranciers beweren dat LED-sportveldverlichting een aanzienlijke afname van het strooilicht oplevert.

1. Wat zijn de verschillen in de kwaliteit van het licht van LED- en conventionele sportveldverlichting?
 - 1.1 Welke verschillen zijn er in de kwaliteit van het licht op het speelveld?
 - 1.2 Wat is het verschil in strooilicht tussen LED- en conventionele sportveldverlichting?

Onderzoeksvraag 2

De tweede onderzoeksvraag heeft betrekking op het energieverbruik van LED-sportveldverlichting ten opzichte van conventionele sportveldverlichting.

Bij dynamisch gebruik wordt de mogelijkheid benut van het dimmen of tussendoor uitschakelen van LED-verlichting. Bij statisch gebruik van een LED-verlichtingsinstallatie wordt er geen gebruik gemaakt van deze mogelijkheden. De leveranciers van LED-sportveldverlichting geven aan dat een besparing kan worden gehaald van 18% tot 41% bij statisch gebruik en 41% tot 64% bij dynamisch gebruik, afhankelijk van het sporttype (Heijmans Techniek & Mobiliteit). Ander onderzoek geeft bij dynamisch gebruik voor een hockeyvereniging een maximale besparing van 30% tot 40% van het energieverbruik (Sneppen, 2013). De mogelijkheid tot het dimmen van LED-verlichting wordt bij verschillende toepassingen gebruikt: "As LEDs become more prevalent in popular use, the need for dimming applications also increases" (Narra & Zinger, 2004, p. 1671).

2. Wat is het verschil in energieverbruik tussen LED- en conventionele sportveldverlichting?
 - 2.1 Wat is het energieverbruik van LED- en conventionele sportveldverlichting als de verlichting is ingeschakeld bij een gelijkwaardige lichtopbrengst?
 - 2.2 Hoeveel energie kan worden bespaard door het dynamisch gebruik maken van LED-sportveldverlichting ten opzichte van statisch gebruik?

Onderzoeksvraag 3

De derde onderzoeksvraag heeft betrekking op de aanschafkosten, onderhoudskosten en opbrengst van LED-sportveldverlichting ten opzichte van conventionele sportveldverlichting.

Waar de algemene opinie is dat LED-verlichting veel duurder is dan conventionele verlichting, wijst onderzoek uit dat de investeringskosten voor LED-sportveldverlichting voor meer dan de helft uit installatiekosten bestaan en voor minder dan een kwart uit de kosten voor de LED-chips (Sneppen, 2013). Leveranciers beweren daarnaast dat de levensduur van de LED-lampen ongeveer tien maal zo lang is als de levensduur van een conventionele lamp (OSRAM).

3. Wat zijn de kosten en opbrengsten bij de aanschaf van LED- en conventionele sportveldverlichting bij O.S.S.-VOLO?
 - 3.1 Wat zijn de initiële aanschafkosten van LED- en conventionele sportveldverlichting?
 - 3.2 Wat zijn de onderhoudskosten van LED- en conventionele sportveldverlichting?
 - 3.3 Wat zijn de energiekosten van LED- en conventionele sportveldverlichting?

Onderzoeksvraag 4

De vierde onderzoeksvraag heeft betrekking op de verwachte kosten en opbrengsten bij het aanschaffen van LED-sportveldverlichting bij O.S.S.-VOLO en bij alle buitensportverenigingen.

De verwachting is dat een investering in LED-sportverlichting op de lange termijn voordeel oplevert. In dit verband wordt er daarom vaak gesproken over de terugverdientijd van de investering. De constructie bij de Gemeente 's-Hertogenbosch is echter opmerkelijk, omdat de gemeente eigenaar is van de lichtmasten van O.S.S.-VOLO, maar de energiekosten voor de rekening van de atletiekvereniging komen. Hierdoor zijn de baten van de investering in principe deels voor de atletiekvereniging en zal de verdeling moeten worden bekeken.

De afdeling Sport en Recreatie is geïnteresseerd in de globale kosten voor een overstap naar LED-sportveldverlichting van alle buitensportverenigingen binnen de gemeente. Het lijkt onlogisch om prima functionerende sportveldverlichting te vervangen door LED-sportveldverlichting en ook Sneppen (2013, p. 31) raadt dit af: "sportclubs doen er goed aan om pas op led over te stappen wanneer het oude systeem ook echt aan vervanging toe is, en zeker niet omdat ze denken veel op energie te kunnen besparen". Het kan echter wel een goed beeld geven van de totale investering waar het hier om gaat en welke energiebesparing hiermee zou kunnen worden behaald.

4. Wat zijn de gevolgen van de aanschaf van LED-sportveldverlichting voor de gemeente?
 - 4.1 Hoe kunnen de kosten en baten van LED-sportveldverlichting worden verdeeld?
 - 4.2 Wat zijn de globale kosten bij de aanschaf van LED-sportverlichting voor alle buitensportverenigingen in de gemeente 's-Hertogenbosch?
 - 4.3 Hoeveel energie wordt er bespaard bij de aanschaf van LED-sportverlichting voor alle buitensportverenigingen in de gemeente 's-Hertogenbosch?

In de onderzoeksvragen komt atletiekvereniging O.S.S.-VOLO meerdere keren aan bod. In de volgende paragraaf volgt daarom een beschrijving van deze atletiekvereniging en de atletiekbaan waar ze gebruik van maken.

1.6 Beschrijving van de case

De atletiekbaan op sportpark De Schutskamp in 's-Hertogenbosch-West zal bij dit onderzoek fungeren als testcase om de mogelijkheden te bepalen die LED-sportveldverlichting kan bieden bij een individuele sportvereniging. De baan wordt gebruikt door atletiekvereniging O.S.S.-VOLO. Dit is een kleinschalige vereniging die is opgericht in 1922. De vereniging heeft momenteel ongeveer vierhonderd leden (O.S.S.-VOLO, 2013a). De atletiekbaan is van het type 'zeslaans kunststof' (Atletiekunie), wat inhoudt dat er op de rondbaan zes banen zijn. De lengte van de rondbaan is 400 meter.



Figuur 1.1 - Bovenaanzicht van de atletiekbaan op sportpark De Schutskamp

De huidige verlichting van de atletiekbaan is aangebracht in 1995. De huidige baanverlichting bestaat uit 8 lichtmasten met elk twee (conventionele) hogedruk kwikdamplampen van 2.000 Watt. De armaturen worden bij de afdeling Sport en Recreatie afgeschreven in twintig jaar. De afdeling Sport en Recreatie wil de verlichting van de atletiekbaan binnenkort upgraden en overweegt daarbij de mogelijkheid van LED-sportveldverlichting.

De gemeente is eigenaar van de gehele accommodatie, inclusief het kantinegebouw en het kleedgebouw. Daarnaast is de gemeente verantwoordelijk voor het groot onderhoud aan de baan, de verlichting en de gebouwen. Het klein onderhoud, zoals de binnenvverlichting en het groenonderhoud, wordt door de vereniging zelf uitgevoerd. Ook de energiekosten zijn voor de vereniging zelf. Zowel het kleedgebouw als het kantinegebouw beschikken over een elektrische aansluiting met een capaciteit van respectievelijk 3x80A en 3x25A. De atletiekbaan maakt onderdeel uit van sportpark De Schutskamp in de gelijknamige wijk. De atletiekbaan wordt ingesloten door een voetbalvereniging CHC, een school Atlent, een sauna en industrieterrein de Rietvelden.



Figuur 1.2 - Omgeving van de atletiekbaan

Gaandeweg dit rapport zal meerdere keren worden teruggegrepen op deze informatie over de atletiekvereniging. In de volgende paragraaf zal de indeling van dit rapport verder worden toegelicht.

1.7 Leeswijzer

Het rapport bestaat, naast dit hoofdstuk, uit nog vijf hoofdstukken. De onderzoeksvragen één tot en met vier worden achtereenvolgens besproken in de Hoofdstukken 2 tot en met 5. Hoofdstuk 2 heeft betrekking op de lichtkwaliteit van LED- en conventionele sportveldverlichting. Hoofdstuk 3 gaat in op de mogelijke energiebesparing die kan worden behaald door de keuze voor een type verlichting. Hoofdstuk 4 vergelijkt de kosten van de investering en de baten door besparingen op de energie- en onderhoudskosten. Hoofdstuk 5 behandelt de verdeling van de baten tussen de gemeente en de gebruiker en gaat in op de kosten en besparingen die kunnen ontstaan door alle hockey-, tennis- en voetbalverenigingen in de gemeente 's-Hertogenbosch te voorzien van LED-sportveldverlichting. Het zesde en laatste hoofdstuk bestaat uit een conclusie op basis van de bevindingen in dit onderzoek en biedt aanbevelingen en discussie naar aanleiding van het onderzoek.

2 Lichtkwaliteit

De lichtkwaliteit is het eerste onderdeel van de vergelijking van LED- en conventionele sportveldverlichting. Een voorwaarde, om een afweging te kunnen maken, is dat beide typen verlichting kunnen voldoen aan de geldende voorschriften met betrekking tot sportveldverlichting. Het hoofdstuk is opgedeeld in twee facetten van lichtkwaliteit die vaak een tegenstrijdig belang hebben. Het doel van de verlichting is enerzijds het goed en veilig kunnen uitoefenen van een sport. Anderzijds kan de verlichting ook lichthinder opleveren voor de omgeving.

2.1 Lichtkwaliteit op het veld

De sportveldverlichting is bedoeld om ook in het donker sport te kunnen beoefenen. Om de kwaliteit van het licht te bepalen zijn er verschillende parameters. Door de NSVV zijn richtlijnen opgesteld als “praktisch advies voor de verlichting van atletiekbanen” (NSVV, 2002, p. 6). De richtlijnen gaan uit van vier parameters waar de verlichting aan een minimumwaarde moet voldoen. Deze parameters zijn:

- Gemiddelde horizontale verlichtingssterkte ($E_{H,gem, einde}$)
- Gelijkmaticheid ($E_{H,min} : E_{H,gem}$)
- Verblindingswaarde (VW)
- Kleurweergave (CRI)

Het gebruik van de atletiekbaan is van grote invloed op de normen waar de verlichting van de baan aan moet voldoen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen gebruiksdoelen, zoals weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 – Verlichtingsclassificaties voor atletiekbanen

Verlichtingsclassificatie	Omschrijving
NEN-EN Klasse I	Topwedstrijden, zoals internationale (Europese) en nationale wedstrijden. Gewoonlijk zijn hierbij grote toeschouwersvoorzieningen met grote kijkaftanden aanwezig. Training op topniveau kan in deze klasse vallen.
NEN-EN Klasse II	Wedstrijden op gemiddeld niveau, zoals regionale of lokale wedstrijden. Gewoonlijk zijn gemiddelde toeschouwersaantallen met kleine kijkaftanden aanwezig. Training op niveau kan in deze klasse vallen.
NEN-EN Klasse III	Wedstrijden op laag niveau, zoals lokale wedstrijden of clubkampioenschappen. Gewoonlijk zijn nauwelijks toeschouwers aanwezig. Algemene training en zuiver recreatieve sportbeoefening vallen ook in deze klasse.

Daarnaast adviseert de NSVV om bij de keuze voor een lichtbron rekening te houden met de kleurtemperatuur (NSVV, 2011). Deze parameter zal ook worden meegenomen bij de vergelijking tussen LED- en conventionele sportveldverlichting. Hiermee zijn er vijf parameters gevonden waarmee de lichtkwaliteit van sportveldverlichting beoordeeld kan worden. In de volgende paragraaf zullen deze parameters verder worden toegelicht.

2.2 Parameters voor de lichtkwaliteit op het veld

Voor het onderzoek naar de lichtkwaliteit op het veld is het van belang om te weten wat de eerder genoemde parameters inhouden. Daarnaast moet per parameter worden vastgesteld aan welke grenswaarde de verlichting moet voldoen. Bij de beschrijving van de parameters is gebruik gemaakt van de informatie van Sportacom (2013) en de aanbevelingen 'Verlichting voor sportaccommodaties, Algemene grondslagen' (NSVV, 2011) en 'Verlichting voor sportaccommodaties, Atletiek (outdoor)' (NSVV, 2002).

Gemiddelde horizontale verlichtingssterkte ($E_{H,gem, einde}$)

De gemiddelde horizontale verlichtingssterkte ($E_{H,gem}$) wordt uitgedrukt in de SI-eenheid lux. Eén lux betekent dat er één lumen op één vierkante meter valt, waarbij lumen de eenheid is van lichtstroom. Een goede horizontale verlichtingssterkte zorgt ervoor dat het oog contouren kan waarnemen. Om ervoor te zorgen dat de verlichtingsinstallaties de gehele levensduur aan de normen voldoen moet er gerekend worden met een nieuwwaarde-index. Hiermee wordt ingespeeld op vervuiling en veroudering van de verlichting. De NSVV geeft in de richtlijn aan dat moet worden gerekend met een nieuwwaarde-index van 1,25. De gemiddelde horizontale verlichtingssterkte die wordt behaald is afhankelijk van het aantal, de typen en de instellingen van de armaturen.

Gelijkmatigheid ($E_{H,min} : E_{H,gem}$)

Om te voorkomen dat een atleet of official niet optimaal kan presteren door het aanpassen aan verschillende verlichtingssterktes, is er een norm opgesteld voor de gelijkmatigheid van het licht. Dit is de verhouding tussen de minimale ($E_{H,min}$) en de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte ($E_{H,gem}$). De gelijkmatigheid is dus afhankelijk van de resultaten die worden gevonden bij de bepaling van de horizontale verlichtingssterkte op het sportveld. Of er wordt gerekend met de verlichtingssterkte aan het begin of het eind van de levensduur maakt voor de gelijkmatigheid niet uit, aangezien er wordt gerekend met een lineair verval met een factor 1,25 van zowel de minimale als de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte.

Verblindingswaarde (VW)

De verblindingswaarde (VW) is een dimensieloze parameter voor de mate van verblinding, die door de verlichting kan optreden op het speelveld. Een VW van nul betekent geen verblinding en een VW van honderd betekent volledige verblinding. De mens begint hinder te ondervinden bij een VW groter dan vijftig. De VW is afhankelijk van de diffuse reflectie van het oppervlak. Dit is vooral een probleem als de baan is voorzien van een spraycoating of een oppervlak heeft met een regelmatig patroon. De formule voor de VW is afhankelijk van de hoeveelheid licht die valt op een plek waar de waarnemer naar kijkt (L_{sa}) en het licht dat door het oppervlak wordt uitgestraald (L_{so}). De formule voor de VW is:

$$VW[-] = 27 + 24 \times \log \frac{L_{sa}[\text{candela}/m^2]}{L_{so}[\text{candela}/m^2]^{0,9}}$$

De verblindingswaarde wordt vastgesteld met behulp van software om alle mogelijke locaties en kijkrichtingen te kunnen bepalen.

Kleurweergave (CRI)

De Kleurweergave of Color Rendering Index (CRI) geeft aan in welke mate verschillende kleuren te herkennen zijn bij een bepaalde lichtbron, vergeleken met een gloeilamp. De waarde van een gloeilamp is dus per definitie 100. Hoewel de CRI veel wordt gebruikt om de lichtkwaliteit te beschrijven, wordt er in wetenschappelijke artikelen veel kritiek op geuit. Uit een onderzoek van Narendran en Ding (2002) blijkt dat verschillende typen LED-lampen door gebruikers als fijner worden ervaren dan een gloei- of halogeenlamp, terwijl de CRI ervan lager is. Ook Smet, Ryckaert, Pointer, Deconinck & Hanselaer (2012) geven aan dat de CRI slecht correleert met de visuele waardering van bepaalde typen witte verlichting, waaronder LED. Er zal daarom worden gekeken of beide typen verlichting aan de norm kunnen voldoen. De parameter wordt echter verder niet meegenomen bij de afweging tussen de beide typen verlichting, vanwege de controverse rond de uitgangspunten van de parameter.

Kleurtemperatuur

De kleurtemperatuur van licht geeft een indicatie van de warmte waarmee het licht wordt ervaren. De eenheid van kleurtemperatuur is Kelvin. Licht met een kleurtemperatuur onder de 3000 Kelvin wordt warm licht genoemd, terwijl licht vanaf 3500 Kelvin koud licht is (Brittany, 2013). Een waarnemer geeft de voorkeur aan een lagere kleurtemperatuur bij een kleine verlichtingssterkte en geeft de voorkeur aan een hogere kleurtemperatuur bij een grote verlichtingssterkte (Kruithof, 1941). Uit onderzoek blijkt dat de voorkeur van waarnemers voor een bepaalde kleurtemperatuur een grote mate van overeenkomst vertoont (Weintraub, 2000). Als een gebruiker dus een voorkeur uitspreekt voor een bepaalde kleurtemperatuur, dan is de kans groot dat andere gebruikers dezelfde voorkeur hebben.

Richtlijnen voor de parameters

In Tabel 2.2 is vervolgens voor de verschillende gebruiksdoelen aangegeven welke waarden de verschillende parameters minimaal moeten hebben aan het eind van de onderhoudsperiode.

Tabel 2.2 - Richtlijnen voor de verlichting van een atletiekbaan per verlichtingsklasse (NSVV, 2002)

Verlichtingsklassen	$E_{H, \text{gem, einde}}$	Gelijkmatigheid	VW	CRI
NEN-EN Klasse I	$\geq 500 \text{ lux}$	$\geq 0,7$	50	$\geq 60^*$
NEN-EN Klasse II	$\geq 200 \text{ lux}$	$\geq 0,5$	55	≥ 60
NEN-EN Klasse III	$\geq 100 \text{ lux}^{**}$	$\geq 0,5$	55	$\geq 20^{***}$

* NSVV voorkeur is ≥ 80

** Voor loopevenementen $\geq 50 \text{ lux}$

*** NSVV voorkeur is ≥ 60

De NSVV geeft verder aan dat “voor niet-overdekte sportaccommodaties de kleurtemperatuur moet liggen tussen 4000 K en 6500 K om een redelijke balans tussen dag- en kunstlicht te hebben” (NSVV, 2011, p. 11).

2.3 Lichtkwaliteit buiten het veld

Elke verlichtingsinstallatie heeft, naast de lichtopbrengst op het veld, ook een effect op voor de omgeving van het sportveld. Voor omwonenden, weggebruikers of flora en fauna kan dit leiden tot lichthinder. De NSVV geeft als definitie van lichthinder:

“het ten gevolge van een verlichtingsinstallatie ontstaan van ongewenste visuele neveneffecten bij meer dan een nader bepaald percentage van de personen buiten de groep van personen waarvoor de verlichtingsinstallatie oorspronkelijk bestemd is” (NSVV, 1999, p. 8).

Gehinderden bestaan uit omwonenden en weggebruikers. Hierbij moet worden opgemerkt dat omwonenden naast bewoners van omliggende woningen ook kunnen bestaan uit medewerkers van omliggende bedrijven. Bij de verlichting van sportvelden zijn er twee regelingen belangrijk bij het bepalen van de lichthinder die ontstaat.

Allereerst is er het Activiteitenbesluit milieubeheer art. 3.148. Hierin beschrijft de regering wanneer de verlichting mag worden ingeschakeld. Het belangrijkste punt uit het artikel is dat de verlichting niet mag worden gebruikt tussen 23.00 uur en 7.00 uur (Cramer & Huizinga-Heringa, 2007).

Daarnaast zijn er richtlijnen van de NSVV waarin grenswaarden worden aangegeven voor de lichtinstallatie (NSVV, 1999). Bij een lichthinderonderzoek worden twee parameters onderzocht:

- De verticale verlichtingssterkte op een gevel (E_v);
- De maximale lichtsterkte vanuit een individuele lamp naar een bepaald punt (I).

De grenzen hiervoor zijn afhankelijk van de zone waarin de gehinderde zich bevindt. Door de NSVV worden vier zones onderscheiden (NSVV, 1999):

- | | | |
|----|-----------------------------------|---|
| 1. | Natuurgebied (E1): | Zeer lage omgevingsdichtheid, vastgelegd in de Ecologische Hoofdstructuur door de rijksoverheid |
| 2. | Landelijk gebied (E2): | Buiten stedelijke en landelijke woongebieden |
| 3. | Stedelijk gebied (E3): | Woongebieden |
| 4. | Stadscentrum/Industriegebied (E4) | Stedelijk- of industriegebied met intensieve nachtelijke activiteiten |

In de volgende paragraaf zullen de twee parameters verder worden toegelicht en worden de maximale waarden weergegeven voor deze parameters.

2.4 Parameters voor de lichtkwaliteit buiten het veld

Om de mogelijke lichthinder te kunnen bepalen, is het van belang om te begrijpen hoe de lichthinder ontstaat en hoe deze terugkomt in de parameters. Daarnaast moet per parameter een grenswaarde worden vastgesteld om te kunnen onderzoeken of er sprake kan zijn van lichthinder.

Verticale verlichtingssterkte (E_v)

Bij een lichthinderberekening wordt gerekend met “de verticale verlichtingssterkte in een punt van een relevant oppervlak: bij woningen meestal de verticaal geveloppervlakken, in het bijzonder de ramen” (NSVV, 1999, p. 11). De verticale verlichtingssterkte wordt uitgedrukt in de eenheid lux. Aangezien het hier gaat om lichthinder, wordt er niet gerekend met een gemiddelde (zoals bij de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte), maar met de maximaal gevonden waarde, omdat

hierdoor de meeste hinder ontstaat. Daarnaast wordt hier gerekend met de verlichtingssterke bij het opleveren van de verlichting en moet de nieuwwaarde-index dus buiten beschouwing worden gelaten om de maximale hinder te vinden. De verlichtingssterkte wordt gevonden met de volgende formule (CompuPhase, 2012):

$$\text{Verlichtingssterkte [lumen/m}^2\text{]} = \frac{\text{lichtstroom [lumen]}}{\text{Oppervlakte [m}^2\text{]}}$$

Maximale lichtsterkte vanuit een individuele lamp (I)

Deze parameter wordt gehanteerd om te bepalen wat de maximale lichtsterkte is vanuit een individuele lamp op een bepaalde waarnemer. De SI-eenheid van lichtsterkte is candela (Cd). Het verband tussen de lichtsterkte (I) en lichtstroom (ϕ) is recht evenredig en verder nog afhankelijk van een bepaalde constante (factor α), die te maken heeft met de hoek (α) tussen de waarnemer en de individuele lamp (CompuPhase, 2012):

$$\text{lichtsterkte [Cd]} = \text{lichtstroom [lumen]} \times \text{factor}(\alpha) [1/\text{steradiaal}]$$

Richtlijnen voor de parameters

In Tabel 2.3 is per zone weergegeven wat de maximale waarden zijn op verschillende tijdstippen. Volgens het Activiteitenbesluit milieubeheer moet de verlichting gedoofd zijn tussen 23.00 uur en 7.00 uur, waardoor deze waarden voor sportverenigingen niet van toepassing zijn. In de tabel zijn dus de waarden van belang die horen bij de tijd 7.00 uur tot 23.00 uur.

Tabel 2.3 - Grenswaarden lichthinder (NSVV, 1999)

Parameter	Tijd (uur)	Zone E1	Zone E2	Zone E3	Zone E4
E_v op de gevel	7.00 – 23.00	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
	23.00 – 7.00	1 lux	1 lux	2 lux	4 lux
I per lamp	7.00 – 23.00	2500 cd	7500 cd	10000 cd	25000 cd
	23.00 – 7.00	0 cd	500 cd	1000 cd	2500 cd

Regelgeving

Deze richtlijnen worden door gemeenten gehanteerd als norm voor het afgeven van een bouwvergunning voor de aanleg van een nieuwe verlichtingsinstallatie (Gemeente Arnhem, 2002). De Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (WABO) schrijft voor dat er geen bouwvergunning hoeft te worden aangevraagd bij vervanging van armaturen, mits er geen verandering aan de draagconstructie plaatsvindt (Raad van State, 2012). Toch kan de gemeente haar zorgplicht uitvoeren met een bestuursrechtelijk optreden. De gemeente kan de gebruiksvergunning intrekken voor de vereniging als de grenswaarden voor lichthinder worden overschreden (Gemeente Moerdijk).

2.5 Lichtkwaliteit op het veld bij O.S.S.-VOLO

Atletiekvereniging O.S.S.-VOLO is een kleinschalige vereniging die geen wedstrijden organiseert waarbij licht nodig is. De atletiekbaan valt daarmee in de NEN-EN klasse III en moet dus voldoen aan de eisen uit de laatste rij van Tabel 2.2.

Horizontale verlichtingssterkte

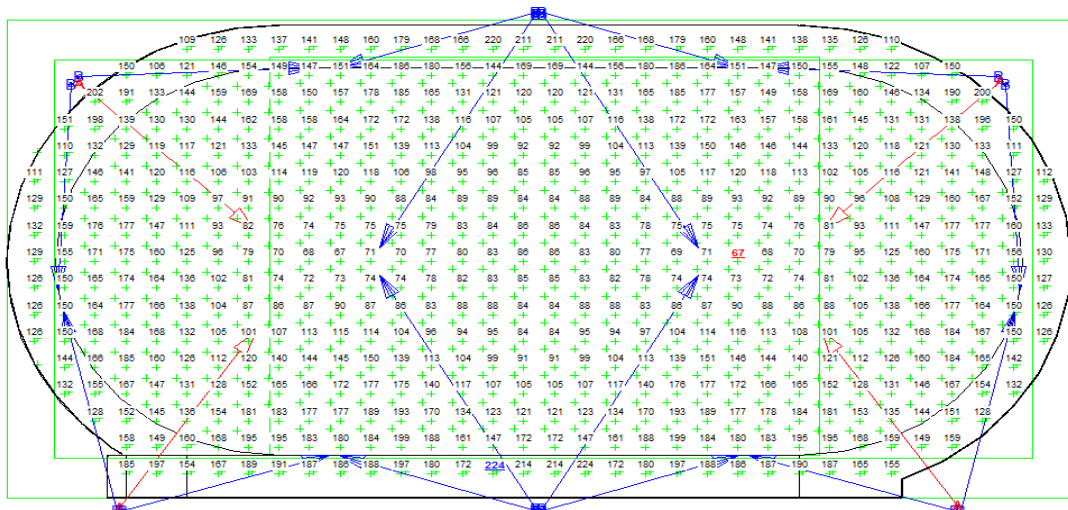
De huidige verlichtingsinstallatie bij de atletiekbaan is in 1995 aangelegd. Hiervoor is een ontwerpplan gemaakt dat uitgaat van vierentwintig Philips MNF 307 armaturen. De richtlijnen van de NSVV waren destijds niet hetzelfde. Een overzicht van de oude normen is weergegeven in Bijlage A.1. Het ontwerp geeft een gemiddelde verlichtingssterkte voor de rondbaan van 200 lux, voor de aanloopbanen van 140 lux en voor de segmenten van 140 lux (Philips Nederland Eindhoven applicatiegroep licht, 1995).

Later is echter van dit ontwerp afgeweken en zijn er slechts zestien armaturen geplaatst. Ook is er niet gekozen voor nieuwe, maar voor gebruikte HNF 013 armaturen. De reden hiervoor is niet vermeld in het opleveringsrapport. In de geaccepteerde offerte wordt aangegeven dat deze armaturen bij oplevering een gemiddelde verlichtingssterkte van 110 lux zullen geven voor de rondbaan en 90 lux voor de aanloopbanen (Oostendorp - Nederland b.v., 1995). Bij vervanging wordt uitgegaan van een resterende verlichtingssterkte van respectievelijk 100 lux en 80 lux. Dit komt niet overeen met de aanbevelingen van de NSVV die uitgaan van een nieuwwaarde-index van 1,25. Hiermee zou bij vervanging een verlichtingssterkte van respectievelijk 88 lux en 72 lux overblijven. Tijdens een verlichtingssterktemeting op 10 oktober is gebleken dat deze waarden behoorlijk overeenkomen met de praktijk, want er zijn waarden gevonden van respectievelijk 90 en 69 lux. De parameterwaarden die zijn gevonden bij de meting zijn weergegeven in Tabel 2.4. De onderzoeksopzet en alle meetresultaten van de verlichtingssterktemeting zijn te vinden in Bijlage A.2.

Tabel 2.4 - Resultaten bij de verlichtingssterktemeting

Baandeel	Parameter	Gevonden waarde
Rondbaan	Gemiddelde horizontale verlichtingssterkte (Lux)	90
	Gelijkmatigheid	0,24
Sprintbaan	Gemiddelde horizontale verlichtingssterkte (Lux)	69
	Gelijkmatigheid	0,44
Binnenveld	Gemiddelde horizontale verlichtingssterkte (Lux)	58
	Gelijkmatigheid	0,21
Gehele veld	Gemiddelde horizontale verlichtingssterkte (Lux)	75
	Gelijkmatigheid	0,16

Om de horizontale verlichtingssterkte van een conventionele verlichtingsinstallatie te bepalen zijn berekeningen uitgevoerd met het programma CalcuLuX. Het programma rekent alle verlichtingssterktes uit in een raster van vijf meter bij vijf meter, zoals de richtlijn voorschrijft. Dit programma wordt ook door verlichtingsbedrijven gebruikt om verlichtingsplannen op te stellen en lichthinderonderzoeken uit te voeren. De berekening is te vinden in Bijlage A.3. Voor de armatuur- en lampkeuze is gebruik gemaakt van een verlichtingsontwerp van Heijmans Techniek en Mobiliteit. Met CalcuLuX is bepaald dat, bij de indeling volgens Bijlage A.3, zowel de horizontale gemiddelde verlichtingssterkte als de gelijkmatigheid voldoen aan de norm voor NEN-EN klasse III. De gemiddelde horizontale verlichtingssterkte bedraagt, na correctie met de nieuwwaarde-index, 133 Lux.



Figuur 2.1 - Horizontale verlichtingssterkte in elk rasterpunt volgens de berekening met CalcuLux voor conventionele verlichting

Voor LED-verlichtingsinstallaties worden de verlichtingsplannen op een vergelijkbare manier bepaald met CalcuLux. De gegevens over de LED-lampen zijn echter nog niet openbaar gemaakt, waardoor momenteel alleen leveranciers van LED-armaturen hiermee kunnen rekenen. Toch lijkt LED-sportveldverlichting qua gemiddelde horizontale verlichtingssterkte in ieder geval niet onder te doen voor conventionele sportveldverlichting, omdat conventionele armaturen nu al regelmatig worden vervangen door LED-armaturen. Dit blijkt ook uit enkele onderzoeken met LED-armaturen in CalcuLux die openbaar zijn gemaakt. Er wordt bijvoorbeeld bij een voetbalveld van NEN-EN klasse II, zowel bij onderzoeken met conventionele- als bij onderzoeken met LED-sportveldverlichting, uitgegaan van zestien armaturen (Russo, 2009; Blok, 2012).

Bij een verlichtingssterktemeting op 7 november is gebleken dat de gemiddelde verlichtingssterkte van de LED-verlichting bij HC Den Bosch een waarde heeft van 319 lux, waar de hockeybond een minimale waarde verlangt van 250 lux voor een klasse II hockeyveld (NSVV, 2000a). De onderzoeksopzet en alle meetresultaten van de verlichtingssterktemeting zijn te vinden in Bijlage A.4.

Gelijkmatigheid

Bij de verlichtingsplannen van het huidige ontwerp wordt over de verlichtingssterkte op het middenterrein niets gemeld, waardoor de gemiddelde verlichtingssterkte van de hele atletiekbaan niet kan worden bepaald. Mogelijk heeft dit te maken met de korfbalvelden die geplaatst waren in het middenterrein. De gelijkmatigheid is ook niet te controleren, vanwege dezelfde reden. Tijdens de verlichtingssterktemeting bij de atletiekbaan is een gelijkmatigheid gevonden van 0,16.

Bij de berekening met CalcuLux is een minimale verlichtingssterkte van 67 lux gevonden en een gemiddelde verlichtingssterkte van 133 lux. De gelijkmatigheid bedraagt bij de conventionele verlichting dan:

$$\text{Gelijkmatigheid} = \frac{\text{Minimale verlichtingssterkte}}{\text{Gemiddelde horizontale verlichtingssterkte}} = \frac{67 \text{ lux}}{133 \text{ lux}} = 0,50$$

Onderzoek met LED-armaturen in CalcuLux geeft aan dat de gelijkmatigheid van meer dan 0,70 zou kunnen worden behaald (Blok, 2012). Bij de verlichtingssterktemeting bij HC Den Bosch is echter een waarde gevonden van 0,60 voor de gelijkmatigheid. De NSVV schrijft een norm voor van 0,70 voor een klasse II hockeyveld.

Verblindingswaarde

De verblindingswaarde wordt bepaald door de hoeveelheid licht die op een bepaald oppervlak valt en de mate van weerkaatsing van dat licht. De hoeveelheid licht die op het oppervlak valt is afhankelijk van de het lichtniveau dat gewenst is. De weerkaatsing is afhankelijk van de coating en het patroon van de baan. De weerkaatsingsfactor van de atletiekbaan is niet bekend. Wel blijkt uit de definitie dat als de maximale verlichtingssterkte (hoeveelheid licht op een vierkante meter) lager is, de last ook minder zou moeten zijn. Een goede gelijkmatigheid zou daarom bij kunnen dragen aan een lagere verblindingswaarde. De beheerder van de atletiekvereniging heeft geen melding gemaakt van verblinding door weerkaatsing van het licht. Ook tijdens het uitvoeren van de verlichtingssterktemeting is nergens een hinderlijke weerkaatsing van licht geconstateerd.

Kleurweergave

Volgens de productinformatie hebben zowel conventionele als LED-lampen een CRI-waarde van 80 (Philips, 2013; LED-Expert, 2013b). De NSVV geeft aan dat “een goede kleurweergave van belang is bij wedstrijden, maar dat dit voor trainingsdoeleinden in mindere mate geldt” (NSVV, 2002, p. 9). Aangezien de verlichting bij de atletiekvereniging bedoeld is voor trainingen is de kleurweergave ook van minder belang.

Kleurtemperatuur

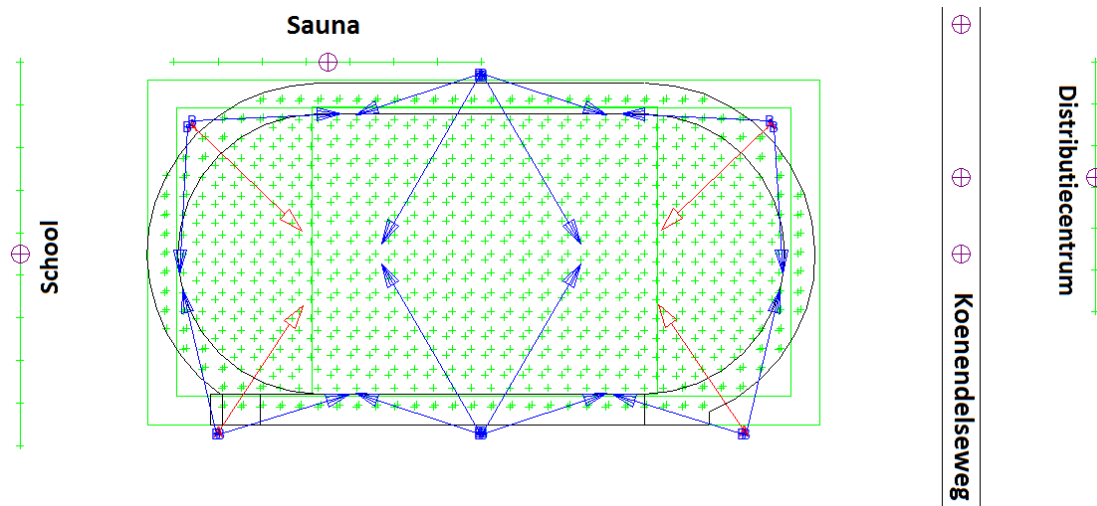
Conventionele sportveldverlichting (4200-4500 Kelvin) en LED-sportveldverlichting (5200-5500 Kelvin) vallen in de categorie koud licht (Philips, 2013; LED-Expert, 2013b; De Boer, 2010). Welke kleurtemperatuur de voorkeur heeft, is afhankelijk van de intensiteit. Hockeyclub Den Bosch heeft teams in de hoogste dames-, heren- en jeugdcompetities. De gebruikers van HC Den Bosch hebben vanwege de snelheid van het spel een groot belang bij goed licht tijdens trainingen en avondwedstrijden. De beheerder gaf tijdens een gesprek aan dat de spelers en speelsters de kleur van LED-verlichting verkiezen boven de kleur van conventionele verlichting, omdat de bal beter te zien is. De NSVV geeft verder aan dat lampen vanaf 5000 Kelvin een koelwitte, op daglicht gelijkende, indruk geven (NSVV, 2011).

2.6 Lichtkwaliteit buiten het veld bij O.S.S.-VOLO

De atletiekvereniging bevindt zich in een woonwijk en de omgeving kan worden beschouwd als stedelijk gebied, waardoor rekening moet worden gehouden met de waarden van E3 in Tabel 2.3. Aan één kant wordt de atletiekbaan ingesloten door industrieterrein De Rietvelden. Gebouwen en wegen op dit industrieterrein kunnen worden beoordeeld als omgeving E4.

Rekenmethode

De lichthinder van een conventionele installatie is bepaald met behulp van het programma CalculuX. De berekening is te vinden in Bijlage A.3. Voor deze berekening zijn de dichtstbijzijnde gebouwen in alle richtingen in het programma ingevoerd (m.u.v. de oostelijke richting waar een andere sportvereniging is gevestigd), met bij elk gebouw een waarnemer om de intensiteit te bepalen. Daarnaast zijn er drie waarnemers geplaatst op een nabijgelegen weg. De situatie is weergegeven in Figuur 2.2. De lichthinderberekeningen zijn uitgegaan van een hoogte vanaf 1,80 m, zoals de richtlijn voorschrijft.



Figuur 2.2 - CalculuX-model voor het lichthinderonderzoek

Met LED-verlichting wordt op een vergelijkbare manier lichthinderonderzoek uitgevoerd. Aangezien de gegevens van deze armaturen echter niet openbaar zijn, kon deze berekening niet met LED-verlichting worden uitgevoerd. Jan Willem de Boer, directeur bij Oostendorp B.V., geeft aan dat in ieder geval niet bij voorbaat kan worden uitgesloten dat er lichthinder plaatsvindt bij het toepassen van LED-sportveldverlichting: “Ik heb wel gemerkt dat LED-installaties die in de praktijk zijn gemeten, aanzienlijke overschrijdingen hadden, los van het feit of lichthinder naar de omgeving daar nu wel of niet een vraagstuk was” (zoals geciteerd in Van Iersel, 2011, p. 63).

Verticale verlichtingssterkte

Met behulp van het model zijn de maximale verlichtingssterktes bij conventionele verlichting bepaald voor de omliggende gebouwen. Deze zijn weergegeven in Tabel 2.5.

Tabel 2.5 – Gevonden waarde voor I bij conventionele verlichting

Locatie	Gevonden I
School	9,5 lux
Sauna	165,3 lux
Distributiecentrum	0,1 lux

Aangezien er geen onderzoek heeft kunnen plaatsvinden met LED-armaturen, is het niet empirisch vast te stellen of de verticale verlichtingssterkte ook daadwerkelijk afneemt bij het gebruik van LED-sportveldverlichting. Wel zijn er een aantal lichthinderonderzoeken met LED-sportveldverlichting

openbaar gemaakt. Zo is in 2012 een lichthinderonderzoek uitgevoerd bij VV Stroe uit Barneveld. Hierbij is onderzoek gedaan naar de lichthinder voor omwonenden door LED-sportveldverlichting, bestaande uit 16 armaturen. De direct omwonenden wonen op een afstand van 20 tot 50 meter van het voetbalveld en verspreid over verschillende richtingen. De conclusie van het rapport is dat de maximale lichtwaarde 2,14 lux bedraagt (Blok, 2012).

De efficiëntie van lampen kan worden weergegeven in het aantal lumen per Watt dat wordt geproduceerd. De lumen per Watt efficiëntie van LED-verlichting is vergelijkbaar met die van conventionele verlichting (LED-Expert, 2012), maar het vermogen van de LED-lampen is lager. De LED-verlichting kan minimaal dezelfde gemiddelde verlichtingssterkte op het speelveld produceren met hetzelfde aantal armaturen. De hoeveelheid lumen die wordt geproduceerd door LED-armaturen is dus lager dan bij de conventionele armaturen, terwijl de lichtopbrengst op het veld hetzelfde is. Hieruit blijkt dat de hoeveelheid lumen dat buiten het speelveld valt lager is. Een berekening hiervoor is weergegeven in Tabel 2.6.

Tabel 2.6 - Lichtopbrengst op en buiten de atletiekbaan

	Conventioneel	LED
Lichtopbrengst (lumen/Watt)	108	108 ¹
Vermogen per armatuur (Watt)	2.040 ²	1.600
Totaal vermogen bij 20 armaturen (Watt)	40.800	32.000
Totale lichtstroom (lumen)	4.406.400	3.456.000
Oppervlakte van het veld	15.000	15.000
Gemiddelde horizontale verlichtingssterkte (lumen/m²)	166	166
Lichtstroom op de atletiekbaan (lumen)	2.490.000	2.490.000
Lichtstroom buiten de atletiekbaan (lumen)	1.916.400	966.000

Lichtsterkte vanuit een individuele lamp

Met het CalcuLuX-model zijn ook de maximale lichtsterktes voor omliggende gebouwen bepaald vanuit een individuele lamp bij conventionele verlichting. Deze waarden zijn weergegeven in Tabel 2.7.

¹ De hoeveelheid lumen per Watt van LED-verlichting is niet bekend, wel geven producenten aan dat LED-verlichting en conventionele verlichting ongeveer dezelfde waarden hebben op dit moment. Dit wordt bevestigd door onafhankelijk verlichtingsconsulent Van Riel: “de lichtopbrengst schommelde enkele jaren terug nog rond de zestig en is nu bijna verdubbeld” (zoals geciteerd in Sneppen, 2013, p. 30). De exacte waarde wordt echter niet genoemd door Van Riel.

² De hoeveelheid lumen per Watt wordt bepaald aan de hand van het vermogen van de lamp en niet aan de hand van het systeemvermogen (bij deze installatie 2.123 Watt). Bij LED-verlichting zijn deze waarden vrijwel gelijk, maar bij conventionele verlichting is het systeemvermogen groter, onder andere door de voorschakelapparatuur.

Tabel 2.7 - Gevonden waarde voor I bij conventionele verlichting

Locatie	Gevonden I
School	28.145 cd
Sauna	283.974 cd
Distributiecentrum	5.364 cd
Koenendelse weg (Aa)	5.738 cd
Koenendelse weg (Bb)	7.361 cd
Koenendelse weg (Cc)	9.699 cd

Bij het lichthinderonderzoek bij VV Stroe, dat al werd aangehaald bij de andere parameter voor lichthinder, werd een maximaal gemeten lichtsterkte gevonden van 6.513 candela (Blok, 2012).

Ook voor deze parameter is de waarde theoretisch gezien lager bij LED-verlichting dan bij conventionele verlichting. De maximale lichtsterkte per lamp is namelijk afhankelijk van de lichtopbrengst van de lamp en de hoek waaronder het object zich bevindt. De lichtopbrengst van een LED-armatuur is lager dan de lichtopbrengst van een conventioneel armatuur. Daarnaast bestaat een LED-armatuur uit acht lampen, die ook individueel worden gericht. De lichtopbrengst per lamp is dus aanzienlijk lager dan bij conventionele verlichting, waardoor de maximale lichtsterkte door één lamp aanzienlijk zal afnemen.

2.7 Deelconclusie

In dit hoofdstuk is onderzoek gedaan naar de lichtkwaliteit van conventionele en LED-sportveldverlichting op het veld en voor de omgeving. De doelstelling van dit hoofdstuk was het vinden van een antwoord op de volgende vraag:

Wat zijn de verschillen in de kwaliteit van het licht van LED- en conventionele sportveldverlichting?

Lichtkwaliteit op het veld

Momenteel voldoet de verlichting bij de atletiekbaan niet aan de richtlijn voor de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte. Hiervoor dient de gemiddelde verlichtingssterkte 100 lux te zijn en die is momenteel slechts 75 lux. Wel is de baan geschikt voor loopevenementen waarvoor de gemiddelde verlichtingssterkte 50 lux dient te zijn. Met het gehanteerde verlichtingsplan van 20 armaturen wordt met een gemiddelde van 133 lux wel ruimschoots aan deze norm voldaan. Ook de gelijkmatigheid van het veld voldoet met een waarde van 0,16 niet aan de norm van 0,50. Het gehanteerde verlichtingsplan van twintig nieuwe conventionele armaturen geeft een gemiddelde van 0,50 waarmee precies aan de norm wordt voldaan. Bij HC Den Bosch bleek dat de LED-verlichting niet voldeed aan de gestelde richtlijn voor de gelijkmatigheid. De verblindingswaarde kan alleen worden getest als de weerkaatsingsfactor van het speelveld bekend is. Een betere gelijkmatigheid van het licht zorgt voor een lagere verblindingswaarde. De kleurweergave van zowel conventionele als LED-sportveldverlichting wordt beoordeeld met een CRI-waarde van 80. Dit is ruim boven de CRI-waarde van 20 die in de richtlijn wordt gegeven en de NSVV-voorkeur van 60. Aan deze parameter wordt verder weinig belang gehecht vanwege de grote controversie die over de uitgangspunten bestaat. De kleurtemperatuur van LED-sportveldverlichting is met een waarde van 5200 K hoger dan de waarde van 4200 K van conventionele sportveldverlichting. Beiden voldoen aan de richtlijn van de NSVV, die voorschrijft dat de waarde tussen de 4000 en de 6500 Kelvin moet zijn. De hogere kleurtemperatuur

wordt door sporters verkozen boven de lagere temperatuur en ook de NSVV raadt aan om een kleurtemperatuur te kiezen boven de 5000 K.

LED- en conventionele sportveldverlichting kunnen voldoen aan de meeste richtlijnen, die zijn opgesteld door de NSVV, met betrekking lichtkwaliteit op het veld. De verblindingswaarde kan niet worden gemeten, aangezien de weerkaatsingsfactor niet bekend is. De gelijkmatigheid van LED-verlichting is gemeten bij Hockeyclub Den Bosch en voldoet hier niet aan de norm, terwijl het verlichtingsplan een betere gelijkmatigheid geeft. Bij een verlichtingssterktemeting bij Hockeyclub Maliskamp met vergelijkbare conventionele verlichting is gebleken dat hier wel aan de richtlijn wordt voldaan. Bij de parameter kleurtemperatuur verdient LED-sportveldverlichting duidelijk de voorkeur.

Lichtkwaliteit buiten het veld

Uit de Tabellen 2.5 en 2.7 blijkt dat de sauna naast de atletiekbaan op basis van de CalcuLuX-berekeningen veel lichtoverlast zou kunnen ondervinden. Het gebouw heeft echter aan de kant van de atletiekvereniging geen ramen, waardoor het ook geen hinder zal ondervinden. Ook de school ondervindt volgens de berekening hinder van het licht. De school is 's avonds echter gesloten waardoor de hinder tijdens de avonduren beperkt zal zijn. Mocht echter ooit een andere bestemming worden gegeven aan de school of de sauna dan zullen er mogelijk aanvullende maatregelen nodig zijn om de hinder te beperken. Het distributiecentrum en de weg bij het distributieterrein zullen geen lichthinder ondervinden. De lichtstroom is bij LED-verlichting lager ten opzichte van conventionele verlichting, terwijl de lichtstroom op het speelveld gelijkwaardig is. De lichtstroom die buiten het veld valt is daardoor lager. Beide parameters voor de lichthinder zijn positief afhankelijk van de lichtstroom. De waarden voor de lichthinderparameters zijn bij LED-verlichting dus lager dan bij conventionele verlichting.

Conventionele verlichting kan lichthinder opleveren voor de omgeving. Er kan niet worden uitgesloten dat deze potentiële lichthinder ook ontstaat bij de toepassing van LED-verlichting. Wel kan op basis van de theorie worden gesteld dat de waarden voor de lichthinderparameters per definitie lager zijn bij LED-verlichting dan bij conventionele verlichting.

3 Energiegebruik

Energiebesparing is de belangrijkste reden voor een keuze voor LED-sportveldverlichting (Van Iersel, 2011). De besparing van energie kan op twee manieren plaatsvinden. In de tweede paragraaf wordt ingegaan op de besparing door het installeren van een lager systeemvermogen. De derde paragraaf gaat in op de mogelijkheid tot energiebesparing, door gebruik te maken van het dynamisch schakelen van de verlichting.

3.1 Theorie bij energiegebruik

De mate van energiegebruik van een verlichtingsinstallatie hangt af van de tijd dat de lampen branden en het systeemvermogen. Het systeemvermogen is het vermogen van de gehele installatie inclusief de voorschakelapparatuur (VSA). De SI-eenheid van energie is joule, maar als wordt gesproken over stroomgebruik wordt dit vaak uitgedrukt in kilowattuur (kWh). Dit is namelijk ook de eenheid waarmee wordt gerekend in de energierekeningen (NUON). Energiegebruik wordt berekend met de volgende formule:

$$\text{Energiegebruik (kWh)} = \text{Brandtijd (uur)} \times \text{Systeemvermogen (kW)}$$

Statische en dynamische energiebesparing

Als de verlichting enkel wordt ingeschakeld bij aanvang van het sporten en wordt uitgeschakeld na het sporten wordt gesproken van statisch gebruik. Als op deze manier energie wordt bespaard, wordt gesproken over een statische besparing (Heijmans Techniek & Mobiliteit).

Door het dimmen van lampen of het uitzetten van (een deel van) de lampen tijdens het sporten, kan eveneens energie worden bespaard (Fuller, 2013). Het op deze manier actief bedienen van de lampen bij verschillende spelsituaties wordt 'dynamisch gebruik' genoemd en hiermee wordt dan een 'dynamische besparing' behaald. Hiervoor moet bij conventionele verlichting de bekabeling worden aangepast. "Bij led-verlichting heb je daar vanwege de elektronische regeling geen last van" (De Boer, 2010, p. 111). Naast een bedieningskastje is het ook mogelijk om LED-sportveldverlichting te bedienen met een computer, tablet of smartphone (LED-Expert, 2013a). "Bij LED-verlichting is het lichtniveau regelbaar van 5% tot 100%" (ZIUT, 2012, p. 60). LED-lampen worden minder efficiënt bij een hoger vermogen door warmteverlies. Bij een lager vermogen ontstaat daardoor een minder dan evenredige daling van de lichtsterkte (Sheehan, 2011). Conventionele verlichting moet na het uitschakelen ongeveer twintig minuten afkoelen voordat de lampen weer mogen worden ingeschakeld (Oostendorp - Nederland b.v., 1995). LED-verlichting kan wel direct weer worden opgestart (Fuller, 2013).

Alternatieve uitdrukkingen voor energiebesparing

Energiebesparing wordt vaak uitgedrukt in een besparing van kWh. Deze eenheid wordt vaak gebruikt omdat energiemaatschappijen hiermee rekenen bij de bepaling van de energiekosten. Het is echter lastig om op basis van een aantal kWh een beeld te vormen van de omvang van de besparing. Navraag bij de afdeling Milieu leert dat zij vaak gebruik maken van een besparing in het aantal maal het gemiddelde jaarlijkse energiegebruik van een huishouden. Een gemiddeld huishouden in Nederland gebruikt 3.500 kWh per jaar (Consumentenbond, 2013). Door de besparing in kWh dus te delen door 3.500 kWh ontstaat een equivalent van het aantal gemiddelde huishoudens dat hiermee een jaar zou kunnen worden voorzien. Een andere eenheid die vaak wordt gebruikt met betrekking

tot energiebesparing is een besparing in CO₂-emissie. Voor de gemeente 's-Hertogenbosch is dit de belangrijkste reden om hoog in te zetten op energiebesparing:

“CO₂ is het belangrijkste gas dat het broeikaseffect veroorzaakt. Om de concentratie CO₂ in de lucht te verminderen is het noodzakelijk dat we minder fossiele brandstoffen gebruiken. Dat bereiken we door op energie te besparen én door duurzame energie op te wekken” (Gemeente 's-Hertogenbosch, 2008, p. 4).

Er bestaan verschillende manieren om energiebesparing om te rekenen naar een CO₂-reductie. Allereerst is er de referentieparkmethode, die is opgesteld door een samenwerking van Harmelink Consulting, Agentschap NL, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). De meest recente gegevens hebben betrekking op het jaar 2011 en toen werd met de referentieparkmethode een waarde gevonden van 0,56 kg CO₂-emissie per bespaarde kWh (Segers, 2013). Deze partijen hebben ook een alternatieve methode opgesteld, namelijk de integrale methode, waarvoor in hetzelfde rapport een waarde wordt gegeven van 0,46 kg CO₂-emissie per kWh. Daarnaast wordt in NEN 7120 ook een rekenwaarde vermeld volgens de Energie Prestatie Norm (EPN) om de CO₂-uitstoot voor het produceren van elektriciteit te bepalen. De waarde die daar wordt gegeven is 0,0694 kg CO₂ per MJ, wat overeenkomt met 0,25 kg CO₂ per kWh (AgentschapNL). Deze methode is specifiek bedoeld voor het berekenen van de Energieprestatiecoëfficiënt van nieuwe woningen.

Harmelink et al. (2012) raden aan om bij het rekenen aan besparingen op het elektriciteitsgebruik gebruik te maken van de referentieparkmethode. In dit rapport is voor de referentieparkmethode gekozen, aangezien deze methode als enige specifiek bedoeld is voor het rekenen aan energiebesparende maatregelen. Opvallend is wel dat er een factor van meer dan twee verschil is tussen de waarde volgens de referentieparkmethode en de waarde die wordt gegeven door de EPN-methode van NEN 7120.

3.2 Statisch energiegebruik bij O.S.S.-VOLO

Bij de berekeningen voor O.S.S.-VOLO in dit hoofdstuk en het volgende hoofdstuk is uitgegaan van een verlichtingsinstallatie met zestien armaturen, zoals momenteel ook aanwezig is. Tijdens de verlichtingssterktemeting gaf de beheerder en oud-voorzitter van de vereniging namelijk aan dat het binnenveld nauwelijks wordt gebruikt en dat er vanuit de vereniging geen wens bestaat om dit deel van de atletiekbaan te verlichten.

Huidige verlichtingsinstallatie

Momenteel wordt de atletiekbaan verlicht door zestien lampen, met elk een vermogen van 2.000 Watt en een systeemvermogen van 35,6 kW (Oostendorp - Nederland b.v., 1995). In Bijlage B.1 is het aantal branduren per jaar geschat, op basis van de trainingstijden van O.S.S.-VOLO en de zonsondergangstijden volgens het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). De brandtijd zou daarmee uitkomen op 109 uur. Het huidige energiegebruik per jaar wordt dan:

$$\text{Energiegebruik} = \text{Brandtijd} \times \text{Systeemvermogen} = 109 \text{ uur} \times 35,6 \text{ kW} = 3.880 \text{ kWh/jaar}$$

Conventionele verlichtingsinstallatie

De laatste jaren heeft de afdeling Sport en Recreatie bij het plaatsen van nieuwe armaturen bij sportverenigingen telkens gekozen voor Philips OptiVision MVP 507 armaturen. De bijbehorende MHN-LA lampen hebben een vermogen van 2.000 Watt en het systeemvermogen bedraagt 2.123 Watt per armatuur (Philips). Bij zestien armaturen bedraagt het totaal systeemvermogen 34,0 kW. Het energiegebruik per jaar wordt dan:

$$\text{Energiegebruik} = \text{Brandtijd} \times \text{Systeemvermogen} = 109 \text{ uur} \times 34,0 \text{ kW} = 3.706 \text{ kWh/jaar}$$

Doordat de verlichtingsinstallatie een lager systeemvermogen heeft, neemt het energiegebruik van de gehele installatie af:

$$\text{Verandering van het energiegebruik} = \frac{3.706 \text{ kWh} - 3.880 \text{ kWh}}{3.880 \text{ kWh}} \times 100\% = -4,5\%$$

LED-verlichtingsinstallatie

Momenteel zijn er twee belangrijke leveranciers voor LED-sportveldverlichting. Lumosa levert armaturen van het type Campo Sportivo met een systeemvermogen van 1.600 Watt per armatuur (Lumosa) en LED Expert levert armaturen van het type WSxxx met een standaard systeemvermogen per armatuur dat tevens 1.600 Watt bedraagt (LED-Expert, 2013b). Bij een zestiental LED-armaturen bedraagt het systeemvermogen dan 25,6 kW. Het gebruik per jaar wordt dan:

$$\text{Energiegebruik} = \text{Brandtijd} \times \text{Systeemvermogen} = 109 \text{ uur} \times 25,6 \text{ kW} = 2.790 \text{ kWh/jaar}$$

Doordat deze armaturen een lager systeemvermogen hebben neemt het energiegebruik van de gehele installatie af:

$$\text{Verandering van het energiegebruik} = \frac{2.790 \text{ kWh} - 3.880 \text{ kWh}}{3.880 \text{ kWh}} \times 100\% = -28,1\%$$

Statisch energiegebruik

Het statisch energiegebruik per type verlichting is weergegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 – Statisch energiegebruik van de drie typen verlichting

	Huidige verlichting	Conventionele verlichting	LED-verlichting
Systeemvermogen (kW)	35,6	34,0	25,6
Brandtijd (uur)	109	109	109
Statisch energiegebruik (kWh)	3.880	3.706	2.790
Energiebesparing t.o.v. de huidige verlichting (kWh)	-	174	1.090

3.3 Mogelijkheden tot dynamische besparing bij O.S.S.-VOLO

Momenteel kan de beheerder van de atletiekvereniging een aantal combinaties van masten onafhankelijk in- en uitschakelen. De beheerder maakt echter geen gebruik van deze mogelijkheid, vanwege de lange heropstarttijd. Daarnaast is bij de verlichtingssterktemeting waargenomen dat er gedurende de gehele trainingstijd hardlopers rondjes lopen op de rondbaan. De beheerder meldde

dat dit gebruikelijk is op trainingsavonden. In deze paragraaf wordt gesproken over energiebesparing en niet over energiegebruik, omdat met dynamisch schakelen geen energie gebruikt wordt, maar juist energie wordt bespaard. Deze besparing heeft betrekking op het energiegebruik dat is gevonden in de voorgaande paragraaf.

Conventionele verlichtingsinstallatie

Volgens het verlichtingsplan (zie Bijlage A.3) is het mogelijk om met twaalf armaturen de rondbaan op een acceptabel niveau te verlichten. Hierdoor zouden twee van de zestien armaturen kunnen worden uitgeschakeld per segment dat niet wordt gebruikt. De segmenten worden voornamelijk gebruikt voor het beoefenen van de werponderdelen. In het trainingsprogramma voor de baanatletiek van O.S.S.-VOLO is dit één van de drie categorieën (naast loop- en springonderdelen), die allemaal even vaak aan bod komen. Hiervoor is dan telkens slechts één van de twee segmenten nodig. De jaarlijkse besparing die hiermee kan worden behaald wordt dan:

$$\text{Besparing dyn. gebr. segm.} = \frac{5}{6} \times 4 \text{ armaturen} \times 2.123 \text{ W} \times 109 \text{ uur} = 771 \text{ kWh/jaar}$$

LED-verlichtingsinstallatie

Bij de LED-verlichting kan op dezelfde manier energie worden bespaard als hiervoor is beschreven bij de conventionele verlichtingsinstallatie. De energiebesparing wordt dan:

$$\text{Besparing dyn. gebr. segm.} = \frac{5}{6} \times 4 \text{ armaturen} \times 1.600 \text{ W} \times 109 \text{ uur} = 581 \text{ kWh/jaar}$$

De LED-lampen kunnen echter ook nog individueel worden gedimd met een percentage naar keuze. Dit percentage afname leidt tot minder dan lineaire afname van de gemiddelde verlichtingssterkte. Voor deze berekening wordt uitgegaan van een lineaire afname, waardoor de lichtsterkte dus altijd hoger zal zijn dan is berekend. Als enkel de twaalf armaturen voor de rondbaan zijn ingeschakeld is de gemiddelde verlichtingssterkte op de rondbaan 111 lux (zie pagina 17 van het lichthinderonderzoek in Bijlage A.3). De NSVV geeft echter aan dat voor looponderdelen slechts een gemiddelde verlichtingssterkte van 50 lux nodig is (NSVV, 2002). Als de atletiekvereniging bijvoorbeeld besluit om genoeg te nemen met een gemiddelde verlichtingssterkte van 50 lux op de rondbaan dan kan er het volgende percentage energie worden bespaard:

$$\text{Percentage besparing dynamisch gebruik} = \frac{50 \text{ lux} - 111 \text{ lux}}{111 \text{ lux}} \times 100\% = -55,0\%$$

De energiebesparing door het dynamisch gebruik van de lampen voor de rondbaan wordt dan:

$$\text{Besparing dyn. gebr. rondbaan} = 55,0\% \times 109 \text{ uur} \times 12 \text{ arm.} \times 1.600 \text{ W} = 1.151 \text{ kWh/jaar}$$

Dynamische energiebesparing

De potentiële dynamische energiebesparing per type verlichting is weergegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 – Energiebesparing door dynamisch energiegebruik van de drie typen verlichting

	Huidige verlichting	Conv. verlichting	LED-verlichting
Systeemvermogen (kW)	35,6	34,0	25,6
Energiebesparing segmenten (kWh/jaar)	0	771	581
Energiebesparing rondbaan (kWh/jaar)	0	0	1.151
Totale dyn. energiebesparing (kWh/jaar)	0	771	1.732

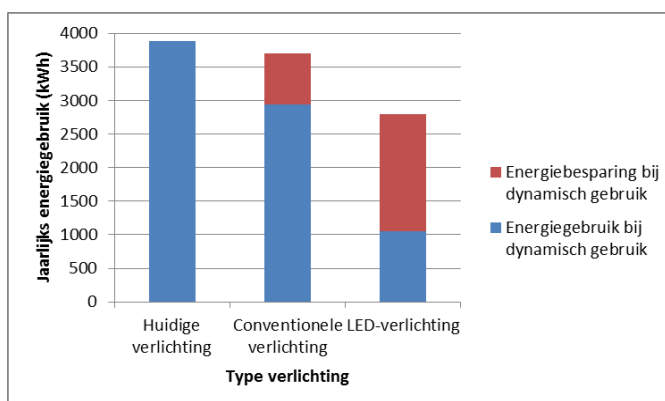
3.4 Deelconclusie

In dit hoofdstuk is het energiegebruik vergeleken van de huidige, conventionele en LED-verlichtingsinstallaties. De doelstelling van dit hoofdstuk was een antwoord te vinden op de volgende vraag:

Wat is het verschil in energiegebruik van LED- en conventionele sportveldverlichting?

In Figuur 3.1 is het energiegebruik van de verschillende typen verlichting weergegeven. De blauwe kolom geeft het energiegebruik aan bij dynamisch gebruik en de blauwe en rode kolom samen vormen het energiegebruik bij statisch gebruik.

De grafiek laat zien dat het energiegebruik weinig af zal nemen bij conventionele verlichting als er niet dynamisch wordt geschakeld. Bij LED-verlichting levert statisch gebruik al een besparing op van ruim 28%. Ook de besparing die met dynamisch gebruik kan worden behaald is groter bij LED-verlichting dan bij conventionele verlichting.



Figuur 3.1 - Energiegebruik bij dynamisch gebruik van de verlichting

In de eerste paragraaf is vastgesteld dat een gemiddeld huishouden in Nederland 3.500 kWh per jaar gebruikt. De energiebesparing die wordt behaald bij de atletiekvereniging als er gebruik wordt gemaakt van dynamisch schakelen, in verhouding tot het gemiddeld energiegebruik van een huishouden, levert een equivalent op van 0,27 voor conventionele verlichting en 0,81 voor LED-verlichting. De CO₂-besparing die wordt behaald door het besparen van een kWh is in de eerste paragraaf bepaald op 0,56 kg. Door gebruik te maken van dynamisch schakelen wordt er 0,53 ton CO₂ bespaard bij conventionele verlichting en 1,58 ton CO₂ bij LED-verlichting.

Het energiegebruik zal bij toepassing van LED-verlichting afnemen. Als gevolg hiervan zal ook een grotere CO₂-besparing worden behaald door te kiezen voor LED-verlichting. De conclusie die hieruit volgt is dat LED-verlichting op basis van het energiegebruik de voorkeur verdient, zowel op basis van het statisch gebruik, als op basis van het dynamisch gebruik.

4 Kosten en opbrengsten

Bij de keuze tussen LED- en conventionele sportveldverlichting zullen de kosten en opbrengsten een belangrijke rol spelen. In dit verband zijn er geen opbrengsten in de vorm van inkomsten, maar wel in de vorm van besparingen op onderhouds- en operationele kosten.

4.1 Bepalen van de Life-Cycle Cost en terugverdientijd

Om een goede afweging te kunnen maken tussen alternatieven moeten alle mogelijke kosten en opbrengsten worden meegenomen. Hiervoor wordt vaak gebruik gemaakt van de term Life-Cycle Cost. Een definitie voor deze term is:

“A summation of all the costs related to a product, structure, system, or service during its life span”
(Sullivan, Wicks, & Koelling, 2012, p. 47)

Sullivan et al. (2012) benoemen vier relevante basis categorieën die vaak terugkomen in Life-Cycle Cost berekeningen:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Investeringskosten | Kapitaal benodigd voor de activiteiten voorafgaand aan het daadwerkelijke gebruik. |
| 2. Operationele kosten | Kosten verbonden aan het gebruik van de installatie. |
| 3. Onderhoudskosten | Kosten verbonden aan het in goede conditie houden van de installatie. |
| 4. Verwijderingskosten | Kosten verbonden aan het verwijderen van de installatie en eventueel opbrengsten bij een restwaarde van de installatie. |

Deze vier categorieën zullen in de volgende paragrafen worden toegelicht voor de situatie bij O.S.S.-VOLO. Op basis van deze categorieën kan een Life-Cycle Cost berekening worden gemaakt. Hiervoor is een vergelijkingsmodel opgesteld dat is afgeleid van een standaardmodel van het agentschap NL (InterGemeentelijk-overleg Openbare Verlichting, 2010). Het standaardmodel werkt echter zonder rentepercentage en indexering. Daarnaast biedt het minder mogelijkheden voor dynamische besparing. Deze mogelijkheden zijn in het gebruikte vergelijkingsmodel wel meegenomen.

Een andere manier om de investering te beoordelen is het bepalen van de terugverdientijd. “De terugverdientijd geeft inzicht in de verhouding tussen de investering van een energiebesparende maatregel en de jaarlijkse kostenbesparing” (Kenniscentrum InfoMil). InfoMil geeft aan dat de terugverdientijd kan worden bepaald met de volgende formule:

$$\text{Terugverdientijd} = \frac{\text{Investeringskosten}}{\text{Jaarlijkse besparing}}$$

Een kortere terugverdientijd zorgt ervoor dat een (meer)investering beter te verantwoorden is. In principe geldt dat een energiebesparende maatregel die binnen vijf jaar wordt terugverdiend als rendabel (redelijk) wordt beschouwd (Kenniscentrum InfoMil).

4.2 Investeringskosten bij O.S.S.-VOLO

De investeringskosten bestaan niet enkel uit de aanschafkosten van de verlichting. De gemeente schrijft de investering af in een periode van twintig jaar. De belangrijkste reden om af te schrijven is: *“to maintain the capacity of a business to continue its production”* (Berry & Jarvis, 2011, p. 182).

Hiervoor gebruikt de gemeente de methode van lineair afschrijven. Deze methode wordt door Berry en Jarvis als volgt geformuleerd:

$$\text{Jaarlijkse afschrijving} = \frac{\text{Aanschafkosten} - \text{Restwaarde}}{\text{Afschrijvingstermijn}}$$

De boekwaarde van de investering is dan gelijk aan:

$$\text{Boekwaarde installatie} = \text{Aanschafkosten} - \text{Verstreken jaren} \times \text{Jaarlijkse afschrijving}$$

Over de aanschafkosten zal rente moeten worden betaald. Ook als de gemeente het geld in eigen vermogen heeft zal boekhoudkundig moeten worden gerekend met rente. Navraag bij de afdeling Sport en Recreatie leert dat er standaard een vast rentepercentage wordt gehanteerd van 4,5% per jaar over de actuele boekwaarde van de installatie. De totale rente die moet worden betaald gedurende de levensduur van de installatie is dan:

$$\text{Rente} = \frac{\text{Aanschafkosten} - \text{Restwaarde}}{2} \times \text{Afschrijvingstermijn} \times \text{Rentepercentage}$$

Het totaal van de aanschafkosten en de rente wordt de totale investeringskosten genoemd.

Conventionele verlichtingsinstallatie

De aanschafkosten van een conventionele verlichtingsinstallatie bestaan uit diverse onderdelen. Het prijsverschil van LED- en conventionele sportveldverlichting ontstaat bij de lampen en de bijbehorende armaturen en VSA. Bij het bepalen van de aanschafkosten van een conventionele verlichtingsinstallatie is daarom gekeken naar deze drie onderdelen. Voor de berekening is gebruik gemaakt van offertes van drie bedrijven voor het plaatsen van verlichting op twee velden van Hockeyclub Den Bosch in 2008. De offertes gaan uit van 32 armaturen. In Tabel 4.1 zijn de kosten per armatuur bepaald.

Tabel 4.1 - Aanschafkosten van een conventioneel armatuur, voorschakelapparaat en een conventionele lamp

	Offerte 1	Offerte 2	Offerte 3
Armatuur MVP 507 M, lamp MHN-LA 2000	-	€ 605	€ 621
Voorschakelapparatuur	-	€ 295	€ 178
Totale kosten voor een armatuur, een lamp en VSA	€ 789	€ 900	€ 800

Deze bedragen stammen uit 2008 en zijn exclusief BTW. De inflatie vanaf 2008 tot en met 2013 bedroeg: 1.94% (2008), 1.11% (2009), 1.93% (2010), 2.38% (2011) en 2.90% (2012) (Inflation.eu, 2013). In de volgende berekeningen wordt gebruik gemaakt van het laagste aanbod, omdat de afdeling Sport en Recreatie hier doorgaans ook voor zal kiezen. De laagste prijs wordt geboden in offerte 1. Inclusief inflatie wordt de actuele prijs volgens offerte 1:

$$\text{Prijs excl. BTW} = €789 \times 101,94\% \times 101,11\% \times 101,93\% \times 102,38\% \times 102,90\% = € 873, -$$

Zoals al eerder aangegeven wordt er gerekend met het huidige aantal van zestien armaturen. De totale aanschafkosten hiervoor worden dan:

$$\text{Aanschafkosten} = 16 \text{ armaturen} \times € 873 = € 13.968, -$$

De gemeente schrijft de armaturen lineair af en gaat ervan uit dat de restwaarde van de investering nul is. Bij een rentepercentage van 4,5% wordt de rente:

$$Rente = \frac{€ 13.968 - € 0}{2} \times 20 \text{ jaar} \times 4,5\% = € 6.286, -$$

De totale investeringskosten voor conventionele verlichting komen dan neer op:

$$Totale investeringskosten conventionele verlichting = € 13.968 + € 6.286 = € 20.272, -$$

LED-verlichtingsinstallatie

Om inzicht te krijgen in de aanschafkosten van LED-armaturen zijn offertes aangevraagd bij drie aannemers die werken met LED-armaturen. In twee van de ontvangen offertes zijn bedragen genoemd voor de aanschafkosten van LED-armaturen. Een aannemer biedt de LED-armaturen aan voor €2.100 per armatuur, exclusief een beheer- en controlesysteem. Een beheer- en controlesysteem zorgt ervoor dat de beheerder de verlichting dynamisch kan schakelen. Een andere aannemer biedt de LED-armaturen aan voor een meerprijs van €1.000,- ten opzichte van de conventionele MVP 507 armaturen. Dit zou, op basis van de eerder gevonden waarde van €873,- voor een conventioneel armatuur, een prijs opleveren van €1.873,-. Daarnaast kost een beheer- en controlesysteem nog € 2.195,-. Bij de vervolgberekeningen wordt uitgegaan van dit tweede aanbod, omdat dit de laagste prijs is per armatuur.

$$Aanschafkosten = 16 \text{ armaturen} \times € 1.873 + € 2.195 = € 32.163, -$$

Als de gemeente wederom uit gaat van een restwaarde van nul, wordt de rente over de investering:

$$Rente = 20 \text{ jaar} \times \frac{€ 32.195 - € 0}{2} \times 4,5\% = € 14.473, -$$

De totale investeringskosten voor LED-verlichting komen dan neer op:

$$Totale investeringskosten LED - verlichting = € 32.163 + € 14.473 = € 46.636, -$$

BTW

Over investeringen moet doorgaans belasting worden betaald in de vorm van BTW. De gemeente is de eigenaar van het sportpark en geeft dit in gebruik geeft aan de atletiekvereniging. Hierdoor kan de gemeente deze belasting terugvragen en hoeft deze niet te worden meegenomen bij de Life-Cycle Cost berekening (Belastingdienst, 2013a).

Leasecontract

De overheid stimuleert bedrijven om duurzame investeringen te doen. Hiervoor bestaan mogelijkheden om subsidie te krijgen. Behalve de gemeentelijke subsidie van de afdeling Milieu, zijn er ook subsidies van de rijksoverheid in de vorm van de Energie Investeringsaftrek (EIA), Milieu-investeringsaftrek (MIA) en de regeling Willekeurige afschrijving Milieu-investeringen (Vamil). In Bijlage C.1 is een literatuuronderzoek weergegeven naar de mogelijke besparingen die met behulp van deze subsidies kunnen worden behaald bij een leasecontract. Hoewel er door subsidies besparingen mogelijk zijn tot wel 10% van de aanschafprijs, blijkt uit de offertes dat geen van de gevraagde

aannemers dit aanbiedt. Ook geeft één aannemer aan dat dit behoudens gebouwgebonden installaties door geen enkele leverancier wordt aangeboden. Bij de Life-Cycle Cost berekening is deze mogelijkheid daarom niet meegenomen.

4.3 Onderhoudskosten bij O.S.S.-VOLO

Momenteel is er voor de atletiekbaan een onderhoudscontract afgesloten, waarbij de verlichting jaarlijks een onderhoudsbeurt krijgt. De kosten voor nieuwe lampen en reparaties op een ander moment dan de onderhoudsbeurt zijn niet inbegrepen bij het onderhoudscontract. Het is daardoor lastig om een vergelijking te maken tussen de onderhoudskosten van een nieuwe en de huidige verlichtingsinstallatie.

Conventionele verlichtingsinstallatie

De afdeling Sport en Recreatie heeft voor het onderhoud bij O.S.S.-VOLO een onderhoudscontract afgesloten. In dit contract worden kosten gerekend voor het jaarlijks onderhoud. Het gaat hier om een all-in contract, waarbij de schijnwerpers ook worden schoongemaakt en de lampen indien nodig worden vervangen (de prijs van de losse lampen is hierbij niet inbegrepen).

De vaste jaarlijkse kosten bedragen volgens het huidige onderhoudscontract € 309 exclusief BTW. Het aantal armaturen blijft zestien, volgens de aanname bij Hoofdstuk 3. De vaste kosten voor het nieuwe onderhoudscontract zullen daarom ongeveer overeenstemmen met de huidige kosten.

De prijs die per lamp per branduur moet worden betaald is niet meer hetzelfde als in het huidige contract, omdat een nieuwe installatie met andere lampen en armaturen zal worden uitgevoerd. Een onderhoudscontract uit 2008 van sportvelden in de Grote Wielen in Rosmalen laat zien dat hiervoor € 0,085 per lamp per branduur exclusief BTW wordt gerekend voor MHN-LA lampen. Hier komt volgens het contract nog wel een inflatiecorrectie van 2,1% per jaar bij. De huidige prijs wordt dan:

$$\text{Variabele onderhoudskosten per lamp per branduur} = € 0,085 \times 1,021^5 = € 0,94, -$$

Bij het eerder gevonden aantal branduren van 109 en zestien armaturen worden de variabele onderhoudskosten dan:

$$\text{Variabele onderhoudskosten per jaar} = € 0,094 \times 109 \text{ uur} \times 16 \text{ lampen} = € 164, -$$

De totale onderhoudskosten per jaar worden in dat geval:

$$\text{Totale onderhoudskosten per jaar} = € 164 + € 309 = € 473, -$$

LED-verlichtingsinstallatie

De levensduur van LED-lampen bedraagt volgens leveranciers minimaal 21.000 branduren (LED-Expert, 2013a; Lumosa). Bij het gevonden aantal branduren betekent dit voor O.S.S.-VOLO dat binnen de afschrijvingstermijn van twintig jaar de lampen niet hoeven te worden vervangen. De armaturen moeten regelmatig worden schoongemaakt om een goede lichtopbrengst te behouden. Daarnaast zal regulier onderhoud nodig zijn om de installatie in goede conditie te houden. De onderhoudskosten voor de LED-verlichtingsinstallatie zullen dus ongeveer gelijk zijn aan de vaste kosten van het huidige onderhoudscontract en bedragen dan € 309 per jaar

Onvoorziene kosten

In het huidige onderhoudscontract wordt aangegeven dat de kosten voor onderhoud buiten de jaarlijkse onderhoudsbeurt apart in rekening worden gebracht. Mocht er dus een storing of een defect zijn dan zullen hierdoor aanvullende kosten ontstaan bij zowel conventionele- als LED-verlichting. Deze kosten zullen pas ontstaan na de garantieperiode die door de leverancier wordt afgegeven. De kans op een defect aan de lampen van conventionele verlichting is groter dan bij LED-verlichting, aangezien de levensduur korter is. De leveranciers van LED-verlichting geven echter niet aan of andere onderdelen van de installatie even lang meegaan als de lampen. De LED-lampen worden bijvoorbeeld aangedreven door drivers, maar de levensduur daarvan is onbekend. Tijdens een gesprek met een medewerker van aannemersbedrijf Vrolijk & Overgaauw, die vanaf het begin LED-sportveldverlichting heeft aangelegd, bleek dat er vooral in de beginfase een aantal 'kinderziektes' optraden. Voorbeelden hiervan zijn weergegeven in de Figuren 4.1 en 4.2. Hij gaf aan dat deze problemen momenteel onder controle zijn. Bij de verlichtingssterktemeting bij HC Den Bosch bleek de verlichting echter nog wel een aantal gebreken te vertonen. De LED-armaturen hebben net als de conventionele armaturen een beschermingsgraad IP65 (LED-Expert, 2013b; Philips). IP staat voor International Protection Rating. Hierin staat het eerste cijfer voor de bescherming tegen voorwerpen en stof en het tweede cijfer voor de bescherming tegen water. Beide typen hebben de maximale beschermingsgraad tegen stof (stofdicht) en zijn spuitwaterdicht. Voor de berekening van de Life-Cycle Cost worden de onvoorziene kosten niet meegenomen.



Figuur 4.1 – Schadelijke condensvorming in de LED-lampen
(foto: Vrolijk & Overgaauw)



Figuur 4.2 - De kabels zijn blootgesteld aan weersinvloeden door schade aan de beschermende mantel
(foto: Vrolijk & Overgaauw)

BTW

Ook over het onderhoud moet doorgaans belasting worden betaald in de vorm van BTW. Aangezien de gemeente in het geval van O.S.S.-VOLO als eigenaar het groot onderhoud uitvoert, kan de gemeente deze belasting terugvragen en hoeft deze niet te worden meegenomen bij de Life-Cycle Cost berekening.

Indexering

Eerder is al gemeld dat contractueel wordt gerekend met een inflatiecorrectie van 2,1% per jaar. Bij het bepalen van de Life-Cycle Cost wordt uitgegaan van de onderhoudskosten op de helft van de afschrijvingsperiode, wat in dit geval neerkomt op tien jaar. Hierdoor worden de onderhoudskosten door indexering verhoogt met het volgende indexeringscorrectie:

$$\text{Indexeringscorrectie} = 1,021^{10} = 1,23$$

De gevonden waarden voor het onderhoud zullen in de Life-Cycle Cost berekening dus met 23% worden verhoogd.

4.4 Energiekosten bij O.S.S.-VOLO

De energiekosten voor de atletiekvereniging kunnen worden opgesplitst in twee onderdelen. Enerzijds is er een vaste kostenpost die onafhankelijk is van de hoeveelheid energie die er wordt afgenomen. Anderzijds is er een variabele kostenpost die afhankelijk is van de gebruikte hoeveelheid energie.

Huidige verlichtingsinstallatie

De vaste energiekosten voor de huidige situatie zijn bepaald in Bijlage C.2 en bedragen momenteel 2.145 euro. Daarnaast is er een variabele kostenpost. Uitgaande van het elektriciteitsstarief van 2011 levert dit een prijs op van 23 eurocent per gebruikte kWh. De berekening die hieraan ten grondslag ligt is te vinden in Bijlage C.2. Bij het in Paragraaf 3.1 gevonden gebruik van 3.880 kWh worden de variabele energiekosten van de verlichting:

$$\text{Variabele energiekosten} = 0,23 \text{ €/kWh} \times 3.880 \text{ kWh} = \text{€ } 892, -$$

Conventionele verlichtingsinstallatie

De vaste energiekosten zullen niet veranderen ten opzichte van de huidige situatie, omdat het vermogen van de lampen vergelijkbaar is met de huidige lampen. De variabele energiekosten van een nieuwe conventionele verlichtingsinstallatie zouden lager uitkomen als er dynamisch kan worden geschakeld, zoals beschreven in Hoofdstuk 3. Om de extra schakelmogelijkheden te krijgen die hier voor nodig zijn moeten echter extra kabels worden gelegd. De werkuitvoerder bij de afdeling Sport en Recreatie geeft aan dat dit enkele duizenden euro's kost. De mogelijke besparing door dynamisch gebruik weegt niet op deze kostenpost. Er wordt daarom gerekend met het statische gebruik. In Hoofdstuk 3 werd een statisch energiegebruik gevonden van 3.706 kWh. De jaarlijkse variabele energiekosten worden dan:

$$\text{Variabele energiekosten} = 0,23 \text{ €/kWh} \times 3.706 \text{ kWh} = \text{€ } 852, -$$

De jaarlijkse besparing ten opzichte van de huidige situatie bedraagt daarmee veertig euro.

LED-verlichtingsinstallatie

De variabele energiekosten van een LED-verlichtingsinstallatie worden op dezelfde manier bepaald. In Hoofdstuk 3 werd een energiegebruik gevonden van 2812 kWh. De jaarlijkse variabele energiekosten worden dan:

$$\text{Variabele energiekosten} = 0,23 \text{ €/kWh} \times 1.058 \text{ kWh} = \text{€ 243,--}$$

De afname van de variabele energiekosten bedraagt hiermee 649 euro. De vaste kosten van een LED-verlichtingsinstallatie zouden wel af kunnen nemen, omdat de LED-verlichting een lagere stroomsterkte nodig heeft. In Bijlage C.4 is een berekening te vinden waaruit blijkt dat bij het overschakelen op LED-verlichting kan worden volstaan met een lagere aansluiting van 3x63 Ampère. Hiermee zouden de vaste kosten afnemen van 2.145 euro naar 1.741 euro. Dit zou een besparing betekenen van 404 euro op jaarbasis. De jaarlijkse besparing ten opzichte van de huidige situatie bedraagt daarmee 1.053 euro. Wel wordt een eenmalig tarief in rekening gebracht van 163 euro (excl. BTW) voor het verlagen van de aansluitwaarde. Deze kosten zijn bij de berekening in de zesde paragraaf meegenomen als investeringskosten.

BTW

De energierekening wordt betaald door O.S.S.-VOLO zelf. Hierdoor kan de BTW niet worden teruggevraagd en wordt deze wel meegenomen in de Life-Cycle Cost berekening.

Indexering

Voor de indexering van de energiekosten is gebruik gemaakt van een beleidsstudie van het ECN (2011). Hierin wordt uitgegaan van een stijging van de energiekosten in de komende tien jaar met 10%. De gevonden energiekosten zullen in de Life-Cycle Cost berekening met 10% worden verhoogd.

4.5 Verwijderingskosten bij O.S.S.-VOLO

De verwijderingskosten kunnen volgens de ontvangen offertes worden opgesplitst in twee onderdelen.

Allereerst moeten de armaturen elektronisch worden veiliggesteld en worden gedemonteerd. Dit zal aan het einde van de levensduur moeten plaatsvinden, ongeacht de keuze voor een bepaald type verlichting. Het twee onderdeel is het afvoeren van de armaturen, waarvoor al een verwijderingsbijdrage is betaald bij aanschaf. Deze verwijderingsbijdrage bedraagt momenteel 42 eurocent per armatuur volgens de offertes.

Bij deze categorie bestaat echter ook de mogelijkheid dat de lamp nog een restwaarde heeft na de afschrijvingsperiode. Op basis van het aantal branduren is dit bij LED-verlichting wel te verwachten, maar de garantieperiode van de leverancier is slechts een kwart van de afschrijvingsperiode (Lumosa). De afdeling Sport en Recreatie hanteert als uitgangspunt dat de verlichting na de afschrijvingsperiode geen restwaarde heeft. Deze categorie heeft daardoor geen invloed op de Life-Cycle Cost berekening en wordt daarom niet meegenomen.

4.6 Life-Cycle Cost en terugverdientijd bij O.S.S.-VOLO

Op basis van de gevonden bedragen in de voorgaande paragrafen kan nu worden bepaald wat de kosten zijn van LED- en conventionele verlichting gedurende de gehele levensduur. In het model zijn de investerings-, onderhouds- en energiekosten bepaald bij een afschrijvingstermijn van twintig jaar. Het gebruikte model is weergegeven in Bijlage C.5. De belangrijkste waarden uit het model zijn weergegeven in Tabel 4.2.

Tabel 4.2 – Belangrijkste waarden uit de Life-Cycle Cost berekening

	Conventionele verlichting	LED-verlichting
Totale investeringskosten	€ 20.254	€ 46.873
Totale onderhoudskosten	€ 11.634	€ 7.601
Totale energiekosten	€ 65.925	€ 43.656
Totale kosten in de rekenperiode	€ 97.813	€ 98.130

De terugverdientijd van de meerinvestering in LED kan worden bepaald met de formule van InfoMil. De investering is hier de meerinvestering voor LED en de jaarlijkse besparing bestaat uit de jaarlijkse besparing op de onderhouds- en de energiekosten.

$$\text{Terugverdientijd} = \frac{\text{Investering}}{\text{Jaarlijkse besparing}} = \frac{€ 46.873 - € 20.254}{€ 583 + € 3.296 - € 380 - € 2.183} = 20,2 \text{ jaar}$$

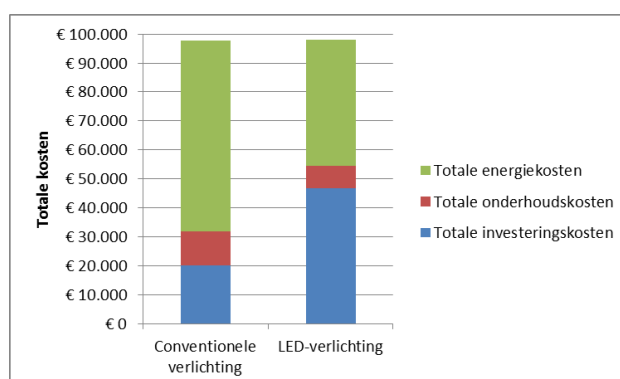
4.7 Deelconclusie

In dit hoofdstuk zijn de kosten bepaald voor de plaatsing, het onderhoud en het energiegebruik van de verlichtingsinstallatie. De doelstelling van dit hoofdstuk was het vinden van een antwoord op de volgende vraag:

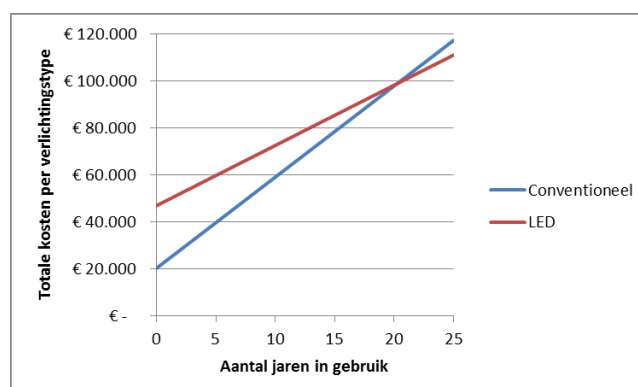
Wat zijn de kosten en opbrengsten bij de aanschaf van LED- en conventionele sportveldverlichting bij O.S.S.-VOLO?

De totale investeringskosten van LED-armaturen zijn ruim tweemaal zo hoog als voor de conventionele armaturen. Daarnaast moet een bedieningssysteem worden gekocht. De onderhouds- en energiekosten zijn voor LED-verlichting echter lager, waardoor de jaarlijkse kosten voor LED-verlichting lager liggen. Bij een afschrijvingstermijn van twintig jaar levert dit op dat de Life-Cycle Cost van LED-verlichting ruim driehonderd euro hoger is dan de Life-Cycle Cost van conventionele verlichting. De verdeling van de kosten over de levensduur is weergegeven in Figuur 4.3.

De terugverdientijd van de meerinvestering voor LED-sportveldverlichting bedraagt meer dan twintig jaar. Hiermee wordt niet voldaan aan het criterium van InfoMil voor een rendabele investering. De terugverdientijd blijft ook niet onder de afschrijvingstermijn van twintig jaar. Bij andere casestudies werden door onafhankelijke verlichtingsadviseurs terugverdientijden gevonden van respectievelijk veertien en twintig jaar



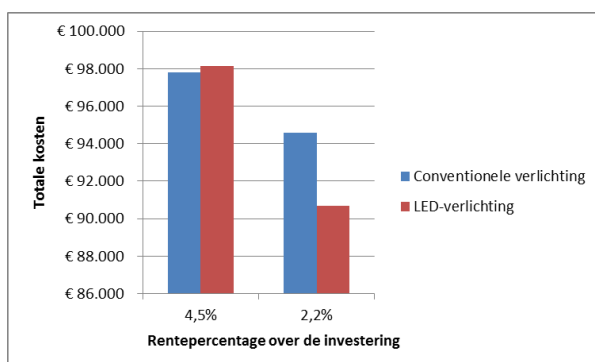
Figuur 4.3 - Verdeling van de kosten in de afschrijvingsperiode per verlichtingstype



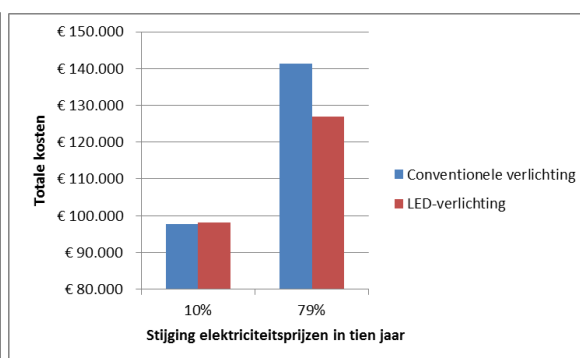
Figuur 4.4 - Kosten gedurende de afschrijvingsperiode per verlichtingstype

(Sneppen, 2013). De gevonden waarde bevindt zich boven deze waarden. De terugverdientijd van een investering in LED-sportveldverlichting varieert van veertien tot twintig jaar in de beschikbare casestudies. De kosten voor LED- en conventionele verlichting gedurende de levensduur zijn weergegeven in Figuur 4.4. De Life-Cycle Cost berekening laat zien dat een investering in LED-verlichting niet het goedkoopste alternatief is, op basis van de verschillende kosten gedurende de afschrijvingsperiode van twintig jaar.

Bij deze berekeningen is gerekend met een rentepercentage van 4,5% en is aangenomen dat de energieprijzen de komende tien jaar met 10% stijgt. Om de invloed van deze parameters te testen zijn ook andere waarden ingevoerd in het Life-Cycle Cost model. De afgelopen vijftien jaar is de elektriciteitsprijs voor consumenten gemiddeld met 6,2% per jaar gestegen (Natuur en Milieu, 2013). In Figuur 4.5 zijn de Life-Cycle Costs weergegeven als deze trend zich door zou zetten (in tien jaar 79%). Hieruit valt op te maken dat een stijging van de energieprijzen in het voordeel is van LED-verlichting, doordat de energiekosten dan meer invloed hebben. De langetermijnrente, die wordt bepaald op basis van de rendement op jongste Nederlandse tienjarige staatslening, bedraagt 2,2% (CBS, 2013). Als de gemeente het renteniveau zou verlagen tot 2,2% worden de totale investeringskosten minder groot en dit is in het voordeel van LED-verlichting. Dit is weergegeven in Figuur 4.6



Figuur 4.5 - Invloed van het rentepercentage over de investering op de totale kosten



Figuur 4.6 - Invloed van een stijging van de elektriciteitsprijs op de totale kosten

In dit hoofdstuk is aangenomen dat alle baten bij de investeerder terecht komen, maar in het geval van O.S.S.-VOLO is dit niet het geval. In het volgende hoofdstuk zal daarom worden ingegaan op de mogelijke verdelingen van de baten tussen de vereniging en de gemeente. De gemeente moet verenigingen gelijkwaardig behandelen en dus ook kiezen voor een verdeling die bij andere verenigingen ook toepasbaar is.

5 LED-sportveldverlichting op gemeentelijke schaal

In de voorgaande hoofdstuk heeft er onderzoek plaatsgevonden op verenigingsniveau. Voor de afdeling Sport en Recreatie van de gemeente 's-Hertogenbosch is het echter ook belangrijk om inzicht te krijgen in de mogelijkheden die LED-sportveldverlichting kan bieden voor de gehele gemeente. Allereerst zal daarom onderzoek plaatsvinden naar de verdeling van baten tussen de gebruiker en de eigenaar. Vervolgens zal worden ingegaan op de kosten die er ontstaan en de mogelijke energiebesparing die behaald kan worden.

5.1 Verdeling van baten

Als een eigenaar niet alle investerings- en exploitatiekosten draagt, moeten de kosten en baten uit de Life-Cycle Cost berekening worden herverdeeld tussen de gebruiker en de eigenaar. Een methode om naar mogelijke verdelingen te kijken is de Accounting Rate of Return (ARR).

“A long-term investment project may be assessed by calculating its estimated accounting rate of return (ARR) and comparing it with a predetermined target ARR” (Berry & Jarvis, 2011, p. 462)

Voor de formule van de ARR kan worden gerekend met de kosten gedurende de gehele levensduur of met de gemiddelde jaarlijkse kosten. Aangezien eerder met de Life-Cycle Cost is gerekend is hier de keuze gemaakt voor de formule met de kosten gedurende de gehele levensduur, deze formule is (Berry & Jarvis, 2011):

$$ARR = \frac{\text{Geschatte totale opbrengsten}}{\text{Geschatte totale meerkosten investering}} \times 100\%$$

Volgens Berry en Jarvis (2011) moet er dus vooraf een doelstelling worden vastgesteld. Het doel van een gemeente als non-profit organisatie zal zijn dat er geen winst hoeft te worden gemaakt over de investering, maar dat de baten wel de meerkosten moeten dekken. De gewenste ARR voor de gemeente zal in principe dus 100% zijn. In de volgende paragraaf wordt dit toegelicht aan de hand van een vergelijkbaar project.

5.2 Verdeling van de baten bij een vergelijkbaar project

Als de gemeente besluit te kiezen voor LED-verlichting bij een buitensportvereniging, zal er ook opnieuw moeten worden gekeken naar de verdeling van de kosten en de baten. Een soortgelijke situatie doet zich momenteel voor bij het vervangen van boilers bij sportverenigingen in de gemeente 's-Hertogenbosch. De gemeente is hier verantwoordelijk voor het vervangen en onderhouden van de installatie en momenteel wordt een duurzame investering overwogen. Door het vervangen van oude boilers door nieuwe zonneboilers kan een behoorlijke energiebesparing worden behaald. De financiële besparing is echter, vanwege het gemeentebestuur, volledig voor de club. De afdeling Sport en Recreatie wil dit oplossen met een (al dan niet tijdelijke) verhoging van de gebruiksvergoeding. De verhoging bedraagt in dit geval een deel van de verwachte kostenbesparing, waardoor de club ook een voordeel overhoudt aan de investering. Voor een eventueel tekort dat hierdoor ontstaat, kan een bijdrage worden gekregen uit een fonds van de afdeling Milieu voor investeringen die bijdragen aan energiebesparing. Bij deze case kan het dus voorkomen dat de ARR lager uitkomt dan 100%, indien er inderdaad een tekort ontstaat. Dit tekort wordt dan aangevuld door extra 'opbrengsten' uit het duurzaamheidsfonds van de afdeling Milieu. Hierdoor komt de ARR

weer terecht op 100%. In de volgende paragraaf zal deze optie worden meegenomen in de case bij O.S.S.-VOLO

5.3 Verdeling van de baten bij O.S.S.-VOLO

De gemeente is, zoals al eerder beschreven, de eigenaar van het atletiekcomplex en atletiekvereniging O.S.S.-VOLO 'huurt' de accommodatie voor een beperkt aantal uren. Formeel wordt er bij de gemeente niet gesproken over verhuren, maar over 'gelegenheid geven tot sportbeoefening'. Er wordt in dit verband ook niet gesproken over huurkosten, maar over een gebruiksvergoeding en de 'huurder' wordt formeel gebruiker genoemd (Stadsbedrijven Sport en Recreatie, 2012).

De gemeente is als eigenaar verantwoordelijk voor het onderhouden van de atletiekbaan, de verlichting en de bijbehorende gebouwen. Hierbij hoort ook het vervangen van deze onderdelen. De gebruiker is zelf verantwoordelijk voor de kosten van het klein onderhoud (bijvoorbeeld het onderhouden van het groen en de binnenverlichting) en de energiekosten. De gemeente heeft ervoor gekozen om alle sportverenigingen zelf verantwoordelijk te maken voor de energiekosten. De gemeente verwacht dat verenigingen hierdoor meer zicht hebben op het energiegebruik en de kosten die hierdoor ontstaan.

Naast eerder genoemde energie- en kleine onderhoudskosten betaalt de gebruiker een gebruiksvergoeding voor het gebruik van de accommodatie, waarvan een vast bedrag voor het gebruik van de baanverlichting. In Hoofdstuk 4 is gebleken dat een besparing op de energiekosten een belangrijk onderdeel is van de Life-Cycle Cost berekening. Zonder verdere regelingen zou de club hierdoor 1.113 euro per jaar kunnen besparen op de energiekosten, terwijl de gemeente de meerkosten voor de investering voor haar rekening neemt. Het lijkt daarom logisch om alle financiële baten door te berekenen in een hogere gebruiksvergoeding voor de atletiekvereniging. Om de maximale besparing te behalen dient de vereniging echter wel goed dynamisch te schakelen en dit vereist vanuit de vereniging ook enige inzet. Het is daarom de vraag of de vereniging bereid is om hier aan mee te werken, als er geen enkel financieel gewin is te behalen voor de club.

Daarnaast moet bij het in gebruik geven ook nog rekening worden gehouden met BTW. Over de gebruiksvergoeding van de club moet een verlaagd percentage van 6% BTW worden betaald, omdat de gemeente "een sportaccommodatie ter beschikking stelt ten behoeve van het geven van gelegenheid tot actieve sportbeoefening" (Vereniging Sport en Gemeenten; Deloitte Belastingadviseurs, 2013, p. 4). Hierdoor houdt de gemeente in feite slechts € 0,94 per ontvangen euro van de gebruiksvergoeding over. Daar staat tegenover dat de gemeente geen BTW (21%) hoeft te betalen over de investering.

Mogelijkheden

De aanschaf van LED-verlichting zorgt voor een meerprijs van 26.619 euro. De besparing van het onderhoud levert de gemeente gedurende de afschrijvingstermijn totaal 4.033 euro op, waardoor nog 22.586 euro overblijft. Als de gemeente een ARR van 100% wil behalen, zonder steun van de afdeling Milieu, is dit bedrag als bijdrage nodig van O.S.S.-VOLO. De verhoging van de jaarlijkse gebruiksvergoeding (inclusief 6% BTW) wordt dan:

$$\text{Verhoging} = \frac{\text{bijdr. O.S.S.} - \text{VOLO}}{20 \text{ jaar}} \times 106\% = \frac{€ 22.586}{20 \text{ jaar}} \times 106\% = € 1.197, - \text{ per jaar}$$

Vergeleken met de mogelijke besparing op de energiekosten (1.113 euro), moet de vereniging jaarlijks nog 85 euro toeleggen.

Een tweede mogelijkheid voor de gemeente is om alle besparingen door dynamisch te schakelen aan de club te geven. De bijdrage van O.S.S.-VOLO bestaat dan uit het verschil in de vaste energiekosten en de variabele energiekosten die worden behaald door het statisch gebruik. De bijdrage van O.S.S. bedraagt in dat geval 675 euro per jaar. Inclusief BTW wordt de verhoging van de jaarlijkse gebruiksvergoeding dan:

$$\text{Verhoging} = € 675 \times 106\% = € 716, - \text{ per jaar}$$

Vergeleken met de mogelijke besparing op de energiekosten, is er dan jaarlijks ongeveer 400 euro winst te behalen voor de vereniging. Het tekort voor de gemeente bedraagt bij deze mogelijkheid ongeveer 9.000 euro. Dit bedrag zal moeten worden bijgelegd door de afdeling Milieu om de ARR weer op 100% te krijgen.

Tussen deze twee mogelijkheden bevindt zich nog een ruimte waar beide partijen elkaar zouden kunnen vinden. Belangrijk hiervoor is welke bijdrage de afdeling Milieu wil leveren aan het project. Als deze waarde als variabele wordt meegenomen in de formule voor de verhoging van de jaarlijkse gebruiksvergoeding, ontstaat de volgende vergelijking:

$$\text{Jaarlijkse verhoging} = \frac{\text{Meerprijs investering} - \text{bijdrage afdeling milieu}}{20 \text{ jaar}} \times 106\%$$

In Tabel 5.1 is een overzicht gegeven van de benodigde verhoging van de jaarlijkse gebruiksvergoeding voor O.S.S.-VOLO bij verschillende bijdragen vanuit de afdeling Milieu en de bijbehorende mogelijkheden voor O.S.S.-VOLO om te besparen op de energiekosten.

Tabel 5.1 - Jaarlijkse verhoging van de jaarlijkse gebruiksvergoeding en mogelijkheden tot besparing voor O.S.S.-VOLO bij verschillende bijdragen van de afdeling Milieu

Bijdrage afdeling Milieu	Verhoging jaarlijkse gebruiksvergoeding	Aanvullende besparing O.S.S.-VOLO
€ 0	€ 1.197	€ -84
€ 2.000	€ 1.091	€ 22
€ 4.000	€ 985	€ 128
€ 6.000	€ 879	€ 234
€ 8.000	€ 773	€ 340
€ 10.000	€ 667	€ 446

5.4 Investeringskosten LED-verlichting op gemeentelijke schaal

De afdeling Sport en Recreatie heeft bij het opstellen van een onderzoeksopzet gevraagd om een globaal beeld van de kosten om alle conventionele armaturen in de stad te vervangen door LED-sportveldverlichting.

Aantal conventionele armaturen

De afdeling Sport en Recreatie houdt een overzicht bij van de velden en de verlichtingsinstallaties van alle buitensportverenigingen binnen de gemeente. Het bestaande overzicht dateerde uit 2010 en is bijgewerkt door het bekijken van luchtfoto's en het verzamelen van informatie uit opleveringsdossiers van werkzaamheden. In Bijlage D.1 is bepaald dat er in totaal 363 armaturen, behorende bij 41 sportvelden, aanwezig zijn bij de verschillende voetbal- en hockeyverenigingen binnen de gemeente. Verder zijn er 202 armaturen bij 86 tennisvelden. De belangrijkste waarden zijn weergegeven in tabel 5.1. Zoals al eerder vermeld zijn de verlichtingsmasten eigendom van de verenigingen. De gemeente 's-Hertogenbosch is echter bereid om ook duurzame investeringen bij geprivatiseerde verenigingen te ondersteunen.

Tabel 5.1 - Aantal conventionele armaturen bij de voetbal-, hockey- en tennisverenigingen binnen de gemeente

Type veld	Aantal velden	Aantal conventionele armaturen	Gemiddeld aantal armaturen per veld
Kunstgrasveld (voetbal)	10 ³	76	7,6
Kunstgrasveld (hockey)	10 ⁴	152	15,2
Natuurgras trainingsveld	12	63	5,0
Natuurgras WeTra-veld	6	46	7,7
Natuurgras wedstrijdveld	3	26	8,7
Tennisbaan	86	202	2,3
Totaal	127	565	4,4

De volgende typen sport zijn buiten beschouwing gelaten:

- Handbal: Er is één handbalvereniging binnen de gemeente. Deze vereniging maakt in de donkerste maanden geen gebruik van de verlichting, omdat er dan in een gymzaal wordt gesport.
- Inlineskaterhockey Deze vereniging heeft een veld met een verlichting van slechts drie armaturen. De vereniging is onlangs verhuist naar een nieuwe accommodatie, waardoor over het gebruik van de verlichting nog weinig bekend is.
- Profvoetbal: FC Den Bosch beschikt over een professionele verlichtingsinstallatie met vijftig conventionele armaturen. De installatie wordt echter alleen gebruikt bij thuiswedstrijden en maakt daarmee dusdanig weinig branduren dat vervanging door led-armaturen bij voorbaat niet rendabel is. Daarnaast is staat deze vereniging volledig los van de afdeling Sport en Recreatie. Het verlichten van een voetbalstadion met LED-sportveldverlichting is mogelijk. Momenteel wordt een stadion in Malta al verlicht met LED-sportveldverlichting (Optogan LED solutions, 2012).

³ Ook FC Den Bosch beschikt over een kunstgrasveld, maar wordt niet meegenomen in deze tabel.

⁴ Er zijn twaalf kunstgras hockeyvelden in de gemeente, maar twee velden van Hockeyclub Den Bosch worden momenteel al verlicht door led-sportveldverlichting.

- Soft- en honkbal: De verlichting is speciaal voor de organisatie van een jeugd-EK aangelegd en is voor de vereniging zelf eigenlijk te groot. Vervanging zal zeer duur en waarschijnlijk niet nodig zijn. Daarnaast wordt er in de winter niet gespeeld.
- Seizoensgebonden tennis Er is één kleinschalige vereniging die geen gebruik maakt van de tennisbanen in het winterseizoen.

Globale investeringskosten

De globale aanschafkosten voor het toepassen van LED-sportveldverlichting op al deze velden worden bepaald aan de hand van de armatuurprijs die gevonden is in Paragraaf 4.1. De LED-armaturen zijn speciaal ontworpen om conventionele armaturen te kunnen vervangen, zonder de bekabeling of de masten aan te hoeven passen. Er wordt bij deze berekening vanuit gegaan dat elk veld, naast de armaturen (totaal 565 stuks), ook een nieuw bedieningssysteem (totaal 127 velden) nodig heeft. De totale aanschafkosten voor LED-verlichting bij alle hierboven genoemde velden wordt dan:

$$\text{Aanschafkosten LED armaturen gemeente} = 565 \times \text{€ } 1.873 + 127 \times 2.195 = \text{€ } 1.337.000, -$$

Als de gemeente besluit om ook de bestaande masten te vervangen bij de aanschaf van LED-armaturen zullen de kosten hoger uitvallen. Uit de offertes bij de atletiekbaan blijkt dat het vervangen van de zestien armaturen, acht masten en de bekabeling van de masten bij de atletiekvereniging door LED-armaturen ongeveer 64.000 euro (inclusief bedieningssysteem) zou kosten. Gemiddeld zou dit neerkomen op een bedrag van ongeveer 4.000 euro per armatuur, exclusief BTW. Als met dit bedrag wordt gerekend worden de totale aanschafkosten:

$$\text{Aanschafkosten LED – installatie gemeente} = 565 \times \text{€ } 4.000 = \text{€ } 2.260.000, -$$

Uit gesprekken met aannemers die LED-verlichting plaatsen, blijkt dat in de praktijk vaak raadzaam is om voor deze tweede optie te gaan, omdat het gebruiken van de oude masten vaak tot hoge kosten leidt bij de installatie. De gemeente schrijft de masten en bijbehorende bekabeling af in veertig jaar. Hierdoor zullen halverwege de afschrijvingstermijn de armaturen moeten worden vervangen. De totale aanschafkosten voor veertig jaar worden dan:

$$\text{Aanschafkosten LEDinstallatie voor 40 jaar} = \text{€ } 2.260.000 + \text{€ } 1.337.000 = \text{€ } 3.597.000, -$$

De bijbehorende rente gedurende deze veertig jaar wordt dan:

$$\text{Rente} = 40 \text{ jaar} \times \frac{\text{€ } 3.597.000 - \text{€ } 0}{2} \times 4,5\% = \text{€ } 3.237.300, -$$

De totale investeringskosten voor de gemeente bedragen:

$$\text{Totale investeringskosten} = \text{€ } 3.597.000 + \text{€ } 3.237.300 = \text{€ } 6.834.300, -$$

Dit zijn de globale totale investeringskosten die de gemeente nodig heeft om de beschreven voetbal-, hockey- en tennisverenigingen te voorzien van LED-sportveldverlichting voor een termijn van veertig jaar. Dit zou neerkomen op een jaarlijks bedrag van ongeveer 171.000 euro, als de verlichting geleidelijk wordt aangebracht. In de volgende paragraaf wordt onderzocht welke energiebesparing hiermee behaald kan worden.

5.5 Energiebesparing door LED-verlichting op gemeentelijke schaal

Behalve de investeringskosten is ook de mogelijke energiebesparing een belangrijk aspect voor de gemeente en in het bijzonder de afdeling Milieu. De gemeente heeft daarom naast de investeringskosten ook een verzoek gedaan voor een globale berekening van de energiebesparing die mogelijk is met LED-sportveldverlichting bij alle buitensportlocaties.

Branduren

De sportvelden van de hockeyverenigingen bestaan uitsluitend uit kunstgrasvelden. Bij de voetbalverenigingen wordt er voor de training gebruik gemaakt van zowel kunstgras- als natuurgrasvelden, waarbij de natuurgrasvelden weer bestaan uit wedstrijd, trainings- en wedstrijd/trainingsvelden (WeTra). In Bijlage D.2 is een berekening gemaakt voor het aantal branduren van de verschillende typen velden. Op één vereniging na (reeds beschreven bij de uitzonderingen) beschikken alle tennisverenigingen over tennisbanen die ook in de winter kunnen worden gebruikt. In Tabel 5.1 zijn het aantal conventionele armaturen weergegeven bij de verschillende typen velden. De gegevens per vereniging zijn weergegeven in Bijlage D.1.

Besparingspercentages

Bij de besparingspercentages worden de MHN-LA lampen (2.123 Watt) als uitgangspunt genomen als keuze voor conventionele verlichting. Dit is momenteel de standaard lamp die wordt gebruikt bij het aanbrengen van conventionele sportveldverlichting. De LED-lampen hebben een vermogen van 1.600 Watt. Bij het energieonderzoek bij de Hockeyclub Den Bosch is gebleken dat er met dynamisch schakelen 64% van de energie kan worden bespaard ten opzichte van conventionele wedstrijdverlichting (zie Bijlage C.3). Voor de voetbalvelden is hiervoor een berekening gemaakt in Bijlage D.3. Hier is een statische besparing gevonden van 25% en een dynamische besparing van 57%. De energiebesparing die kan worden behaald bij tennis is lastig in te schatten. Er zijn bij tennis diverse manieren om energie te besparen, waarbij gebruik kan worden gemaakt door een digitaal afhangsysteem te koppelen aan de verlichting. Heijmans Techniek en Mobiliteit geeft aan dat er een dynamische besparing mogelijk is van 64% bij tennisbanen.

Potentiële energiebesparing

In Bijlage D.3 is de berekening te vinden van de energiebesparing die zou kunnen worden behaald door alle voetbal-, tennis- en hockeyverenigingen te voorzien van LED-sportveldverlichting. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.2 - Energiebesparing voor de gehele gemeente

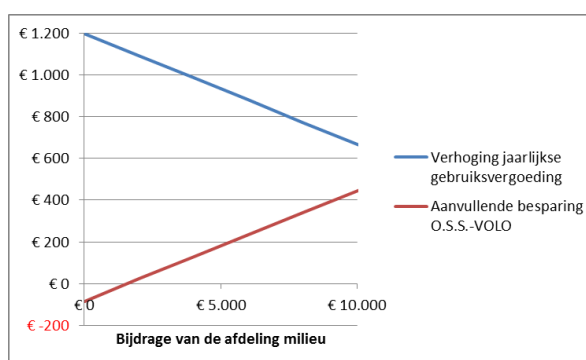
Type veld	Energiegebruik conventionele verlichting (MWh/jaar)	Besparings- percentage	Energiebesparing met led- verlichting (MWh/jaar)
Kunstgrasveld (voetbal)	48,6	57%	27,7
Kunstgrasveld (hockey)	152,0	64%	97,3
Natuurgras trainingsveld	40,3	25%	10,1
Natuurgras WeTra-veld	13,9	57%	7,9
Natuurgras wedstrijdvl	7,8	25%	2,0
Tennisbaan	230,7	64%	147,7
Totaal	493,2		292,5

5.6 Deelconclusie

In dit hoofdstuk zijn de mogelijkheden besproken om de kosten en baten te verdelen. Daarnaast is de mogelijke toepassing besproken van LED-sportveldverlichting op gemeentelijke schaal. De doelstelling van dit hoofdstuk was een antwoord te vinden op de volgende vraag:

Wat zijn de gevolgen van de aanschaf van LED-sportveldverlichting voor de gemeente?

Eén gevolg van de aanschaf van LED-sportveldverlichting is dat baten van de investering zullen moeten worden herverdeeld, doordat een groot deel van de baten van de investering bij de vereniging zelf terecht komt. Door een verhoging van de jaarlijkse gebruiksvergoeding met ongeveer 1.200 euro kan de gemeente de meerinvestering voor LED-verlichting terugbrengen naar nul. Vergelijken met het beleid bij de zonneboilers ligt het echter meer voor de hand dat de gemeente bereid is om met behulp van de afdeling Milieu de club meer mogelijkheden te geven om te besparen op de energiekosten. In Figuur 5.1 is te zien dat een stijging van de bijdrage van de afdeling Milieu leidt tot een afname van de verhoging van de jaarlijkse gebruiksvergoeding. De afname van de verhoging van de jaarlijkse gebruiksvergoeding is sterker dan de toename van de besparingsmogelijkheid, door de BTW die wordt bespaard.

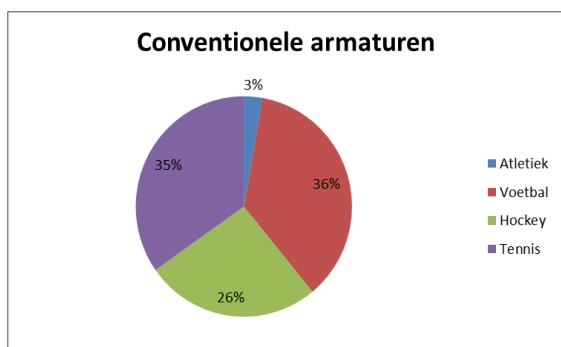


Figuur 5.1 - Invloed van de bijdrage van de afdeling milieu op de verhoging van de jaarlijkse gebruiksvergoeding en de mogelijkheden tot energiebesparing voor O.S.S.-VOLO

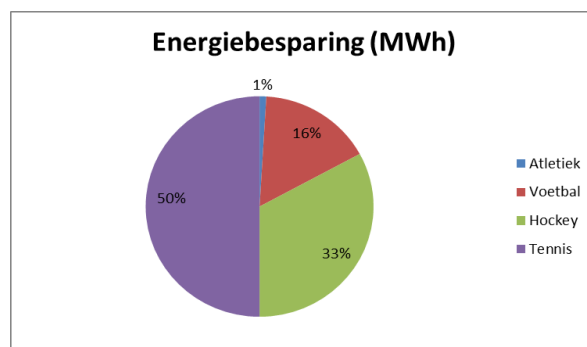
Als de gemeente 's-Hertogenbosch besluit om alle 127 hockey- en voetbalvelden en tennisbanen voor veertig jaar te verlichten met LED-armaturen met nieuwe masten en bekabeling, zullen de totale investeringskosten ongeveer 6,8 miljoen euro bedragen. Dit betekent een kapitaallast van 170.000 euro per jaar. Per sportveld komt dit neer op een kapitaallast van 1300 euro per jaar. Hiermee kan bij dynamisch gebruik een maximale energiebesparing worden behaald die gelijk is aan het energiegebruik van 293 MWh per jaar. Dit komt overeen met het energiegebruik van ruim 84 gemiddelde huishoudens en er wordt een CO₂-besparing behaald van 164 ton. Het energiegebruik van deze verenigingen is gelijk aan ongeveer 4% van het energiegebruik van alle gemeentelijke

gebouwen. De energiebesparing komt overeen met 2,5% van het energiegebruik van alle gemeentelijke gebouwen.

In Figuur 5.2 is het aantal conventionele armaturen per sport weergegeven en in Figuur 5.3 is de mogelijke energiebesparing weergegeven bij het toepassen van LED-sportveldverlichting. Uit deze figuren blijkt dat met het vervangen van conventionele armaturen door LED-armaturen bij tennis en hockey een hogere energiebesparing wordt behaald dan bij voetbal en atletiek, omdat het aantal branduren hoger is en de mogelijkheden tot dynamische besparing groter zijn.



Figuur 5.2 - Verdeling van conventionele armaturen over de verschillende sporten



Figuur 5.3 - Verdeling van de mogelijke energiebesparing over de verschillende sporten

6 Discussie, conclusie, aanbevelingen en vervolgonderzoek

In dit hoofdstuk wordt een conclusie getrokken over de centrale vraagstelling van dit onderzoek. Daarnaast vindt er discussie plaats over het onderzoek, worden er aanbevelingen gedaan aan de gemeente en komen mogelijkheden tot vervolgonderzoek aan bod.

6.1 Discussie

Naar aanleiding van het onderzoek zullen hier achtereenvolgens de onzekerheden, de bijdrage voor de gemeente en de wetenschappelijke bijdrage worden besproken.

Onderzekerheden van het onderzoek

Tijdens dit onderzoek is gebleken dat de markt voor LED-sportveldverlichting niet bepaald open te noemen is. Leveranciers van LED-verlichting geven slechts beperkte informatie over de armaturen en hierdoor is het niet mogelijk om zelf berekeningen uit te voeren met LED-verlichting in CalcuLuX. Voor zover bekend zijn er ook geen praktische meetwaarden bekend van LED-sportveldverlichting. Tijdens het onderzoek is daarom zelf data verzameld bij HC Den Bosch, maar door een defect aan de installatie kon slechts één verlichtingsstand worden gemeten. Voor het onderzoek is daarom voor een aantal berekeningen gewerkt met gegevens van LED-leveranciers. De verlichtingssterkte op het veld en het energiegebruik zijn gemeten. De efficiëntie, levensduur, kleurtemperatuur en kleurweergave konden niet gemeten worden en hiervoor zijn de waarden van leveranciers gebruikt.

Naar aanleiding van de gebreken bij HC Den Bosch is contact opgenomen met de leverancier van de LED-verlichting. Het is daardoor onzeker of de gebreken ernstig van aard zijn en of deze vaker voorkomen. Er bestaat daardoor onzekerheid over de omvang van het risico en de omvang van de aanloopkosten bij de aanschaf van LED-verlichting.

Tijdens dit onderzoek is gerekend met de energiekosten van de rekening van de atletiekvereniging. Bij de Life-Cycle Cost berekening wordt gerekend op basis van de kWh-prijs. Over de energieprijzen is een indexeringscorrectie uitgevoerd volgens een beleidsstudie van het ECN (2011). De toekomstige prijs van energie is echter van vele factoren afhankelijk en moeilijk in te schatten. Een aanpassing van de energieprijzen is direct van invloed op de mogelijke baten van de investering, waarbij een stijging van de energieprijzen een toename van de baten oplevert.

De dynamische besparing die in dit onderzoek is berekend gaat uit van een optimaal gebruik. Hiervoor moet de gebruiker goed begrijpen hoe de installatie werkt en deze ook actief gebruiken. Veel sportverenigingen werken vaak met vrijwilligers die niet altijd verstand van zaken hebben of bereid zijn hier veel tijd in te steken, waardoor de installatie vaak niet optimaal wordt benut.

6.2 Conclusie

In Hoofdstuk 1 is de volgende doelstelling opgesteld voor dit onderzoek:

Het verkrijgen van inzicht in de mogelijkheden die LED-sportveldverlichting biedt voor de gemeente 's-Hertogenbosch door het vergelijken van de financiële-, kwalitatieve- en energie-eigenschappen van conventionele- en LED-sportverlichting bij een bepaalde vereniging.

De kwalitatieve eigenschappen van conventionele- en LED-sportveldverlichting zouden volgens leveranciers aan alle eisen voldoen. Tijdens een lichtonderzoek bij hockeyclub Den Bosch is echter

gebleken dat de gelijkmatigheid van de LED-verlichting niet overeenkomt met de benodigde waarde. In theoretische onderzoeken voldoet deze waarde echter wel aan de norm. Bij de overige onderzochte parameters voldoen zowel LED-verlichting als conventionele verlichting aan de richtlijnen die zijn opgesteld door de NSVV. De kleurweergave van LED-verlichting verdient de voorkeur boven de kleurweergave van conventionele verlichting. Bij LED-verlichting kan niet worden uitgesloten dat er geen lichthinder kan ontstaan, maar als lichthinder een rol speelt bij de aanleg van veldverlichting dan kan LED-verlichting bijdragen aan het verminderen ervan.

LED-verlichting gebruikt zowel bij statisch als dynamisch gebruik minder energie dan conventionele verlichting. Bij hockey- en tennisverenigingen kan een grotere energiebesparing worden behaald dan bij voetbal- en atletiekverenigingen, door het hogere aantal branduren en de extra mogelijkheden tot dynamisch schakelen. Op basis van het energiegebruik heeft LED-verlichting de voorkeur boven conventionele verlichting.

De aanschafkosten van LED-verlichting zijn ongeveer duizend euro per armatuur hoger dan conventionele verlichting. De onderhoudskosten zijn echter lager doordat de lampen niet meer hoeven te worden vervangen. De variabele energiekosten zijn lager bij LED-verlichting en de vaste energiekosten zijn lager voor grootgebruikers. Voor kleingebruikers geldt dit ook als het mogelijk is om de elektrische aansluiting te verlagen. De Life-Cycle Cost berekening laat zien dat binnen de afschrijvingstermijn de meerinvestering in LED-verlichting bij O.S.S.-VOLO niet wordt terugverdiend. Op basis van de financiële eigenschappen heeft, in het geval van O.S.S.-VOLO, conventionele verlichting de voorkeur. Bij een vereniging met een hoger aantal branduren zou LED-verlichting wel de investering kunnen terugverdienen.

Om in het geval van O.S.S.-VOLO de meerinvestering te kunnen verantwoorden zal een bijdrage nodig zijn van de afdeling Milieu. Mocht de gemeente besluiten om alle voetbal-, hockey- en tennisverenigingen voor veertig jaar te voorzien van LED-armaturen, dan zou dit investeringskosten opleveren van ruim 6,8 miljoen euro. Als de verlichting stapsgewijs in veertig jaar wordt ingevoerd dan bedragen de investeringskosten 0,17 miljoen euro per jaar. Totaal kan 293 MWh aan energie per jaar worden bespaard. Hiermee zouden 84 gemiddelde huishoudens een jaar lang van energie kunnen worden voorzien en kan een CO₂-besparing worden behaald van 164 ton.

Praktische en wetenschappelijke bijdrage

In overleg met de afdeling Sport en Recreatie is in Hoofdstuk 1 de volgende probleemstelling opgesteld:

Hoe kan LED-sportveldverlichting voor een gemeente bijdragen aan het terugdringen van het energiegebruik en de energiekosten van buitensportverenigingen?

Het rapport biedt de onderdelen die een gemeente moet bekijken als een aanschaf van LED-sportveldverlichting wordt overwogen. LED-verlichting levert een verlaging van het statische energiegebruik op. Daarnaast zijn de mogelijkheden voor en de omvang van energiebesparing beschreven die er zijn voor dynamische besparing bij verschillende sporten. In dit onderzoek is gevonden dat er met LED-sportveldverlichting een grotere energiebesparing kan worden behaald bij hockey- en tennisverenigingen, dan bij voetbal- en atletiekverenigingen. Een lager energiegebruik leidt tot lagere energiekosten doordat de variabele energiekosten dalen. Tijdens het onderzoek is

echter gebleken dat LED-verlichting ook kan zorgen voor lagere vaste energiekosten, door het lager geïnstalleerd vermogen van de gehele installatie. Bij de verlichtingssterktemeting bij HC Den Bosch zijn de nodige gebreken geconstateerd aan de LED-verlichting. Op basis hiervan heeft de gemeente contact gezocht met de leverancier om de gebreken op te lossen en met behulp van de resultaten van de verlichtingssterktemeting kan aan de leverancier worden aangetoond dat de verlichting momenteel niet voldoet aan de richtlijn van de NSVV. Om ook daadwerkelijk de genoemde energie- en de energiekostenbesparing te kunnen behalen is het wel noodzakelijk dat de LED-verlichting betrouwbaar is.

Met dit rapport wordt inzicht gegeven in de verschillende onderdelen die moeten worden meegenomen in een Life-Cycle Cost berekening voor een vergelijking tussen conventionele en LED-sportveldverlichting. Daarnaast zijn er tijdens dit onderzoek twee verlichtingssterktemetingen uitgevoerd. Door deze metingen zijn de daadwerkelijke verlichtingssterktes op de sportvelden gevonden door conventionele- en LED-verlichting. Hierbij is gebleken dat de theoretische waarden uit CalcuLuX-berekeningen niet altijd overeenstemmen met de waarden in de praktijk. Door het opvragen van offertes zijn de kosten achterhaald van een LED- en een conventioneel armatuur. Hiermee is een Life Cycle Cost model opgesteld, waarin ook de rente op de investering is meegenomen. Het bestaande model van het AgentschapNL rekent zonder rente en indexering, waardoor het model uitkomt op onrealistische terugverdientijden. Het opgestelde model berekent de Life-Cycle Cost voor de gemeente, waarbij de parameters voor een vereniging kunnen worden aangepast. Ten slotte is in dit onderzoek een globale berekening gemaakt voor de energiebesparingen die kunnen worden behaald in een gemeente door het toepassen van LED-sportveldverlichting. Voor zover bekend is dit het eerste onderzoek waar gekeken is naar de toepassing van LED-sportveldverlichting op een grotere schaal dan een individuele vereniging.

Op basis van de bevindingen tijdens dit onderzoek is gekomen tot een viertal aanbevelingen, die in de volgend paragraaf worden toegelicht.

6.3 Aanbevelingen

Op basis van het onderzoek naar LED-sportveldverlichting worden de volgende aanbevelingen gedaan aan de afdeling Sport en Recreatie van de gemeente 's-Hertogenbosch:

1. Houdt actief de ontwikkelingen in de gaten bij de LED-sportveldverlichting van HC Den Bosch.

Tijdens de verlichtingssterktemeting is gebleken dat de verlichting op het onderzochte veld niet voldoet aan de gestelde richtlijnen van de NSVV en daarmee ook niet aan de kwaliteitseisen die waren gevraagd van de leverancier. Daarnaast viel het tijdens de verlichtingssterktemeting op dat op een ander veld een LED-armatuur defect was, de bedieningsapparaten niet werkten en de verlichting behoorlijk vlekkelig was. Voor tot de aanschaf van nieuwe LED-armaturen over wordt gegaan is het raadzaam om te kijken of deze problemen kunnen worden opgelost en navraag te doen bij andere gebruikers of deze problemen vaker voorkomen en of deze problemen bij nieuwere versies van de armaturen ook voorkomen.

2. Pas LED-sportveldverlichting bij voorkeur toe op een hockey- of tennisveld.

In Hoofdstuk 5 is bepaald dat de energiebesparing die bij hockey en tennis kan worden behaald significant hoger ligt dan bij atletiek en voetbal. Dit wordt deels veroorzaakt door het hogere aantal

branduren en deels doordat het besparingspercentage hoger ligt. Aangezien besparing op de energiekosten de voornaamste reden is om te kiezen voor LED-verlichting, zullen bij deze sporten de grootste kansen liggen op korte terugverdientijden.

3. Kijk bij een Life-Cycle Cost berekening niet alleen naar de variabele energiekosten, maar ook naar de vaste energiekosten.

Bij de bestaande Life-Cycle Cost berekeningen voor LED-sportveldverlichting worden enkel de variabele energiekosten uitgerekend. Bij O.S.S.-VOLO zou het overstappen naar LED-verlichting echter tevens een jaarlijkse besparing van ruim vierhonderd euro opleveren op de vaste energiekosten.

4. Kijk kritisch naar gegevens over LED-sportveldverlichting

Over de terugverdientijden van de investering in LED-sportveldverlichting worden veel beweringen gedaan en ze variëren van een half jaar tot meer dan twintig jaar. Hoewel dit per vereniging anders is bleek tijdens gesprekken met leveranciers dat ze vaak rekenen met (te) gunstige waarden. Het is daarom zaak om altijd zelf de berekeningen uit te voeren en hier ook realistisch naar te kijken. In het magazine Groundsman stond een verslag van een discussie over LED-verlichting, waarbij de treffende uitspraak werd gedaan: “Als de getallen te mooi zijn om waar te zijn, dan is dat vaak ook zo” (De Boer, 2012, p. 15). Bij dit onderzoek is voor een viertal parameters gebruik gemaakt van gegevens van leveranciers (zie Paragraaf 6.1). Mocht tot de aanschaf worden overgegaan dan kan de leveranciers verzocht worden om onafhankelijke meetgegevens over deze parameters aan te leveren. Rond de jaarwisseling komt ook Philips met een nieuw LED-armatuur. Mogelijk bieden zij meer informatie aan waardoor een betere afweging kan worden gemaakt.

6.4 Mogelijkheden voor vervolgonderzoek

Naar aanleiding van dit onderzoek zijn er een drietal mogelijkheden opgesteld voor vervolgonderzoek naar LED-sportveldverlichting.

LED-sportveldverlichting is pas enkele jaren beschikbaar en er komen steeds meer velden bij die ermee worden verlicht. De markt verandert snel en als de grote bedrijven als Philips, Osram en Cree zich ook op de markt begeven zal dit een grote invloed hebben. Op het moment dat deze bedrijven een eigen armatuur hebben uitgegeven zou het interessant zijn om deze met de huidige armaturen te vergelijken en te onderzoeken wat de invloed van deze grote bedrijven is op de aanschafprijzen.

Een belangrijke voorwaarde voor een succesvolle introductie van LED-sportveldverlichting is een goed beheer door de vereniging. Leveranciers zijn al bezig met diverse manieren om gebruikers te helpen om bewust met de verlichting om te gaan en zo een maximale besparing te behalen. Een onderzoek naar het gebruik van de installatie is er, voor zover bekend, nog niet. Ook zou hierbij kunnen worden gekeken naar mogelijkheden tot gedragsbeïnvloeding.

Ten slotte zijn er natuurlijk voldoende sportverenigingen en gemeenten te vinden waar een vergelijkbaar onderzoek als deze zou kunnen plaatsvinden. Als er meer vergelijkbare studies plaatsvinden kan worden gekeken welke invloed de verschillende eigenschappen van verenigingen hebben en kan een betere afweging worden gemaakt tussen conventionele en LED-sportveldverlichting.

Bibliografie

- Agentschap NL. (2012, december). *MIA\Vamil 2013*. Opgeroepen op september 18, 2013, van <http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/BrochureMilieulijst%202013.pdf>.
- Agentschap NL. (2013a, januari). *Energie-investeringsaftrek (EIA)*. Opgeroepen op september 18, 2013, van http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/Energie%20investeringsaftrek%20-%20Energielijst%202013_1.pdf.
- Agentschap NL. (2013b). *Over de regeling (MIA\Vamil)*. Opgeroepen op september 18, 2013, van <http://www.agentschapnl.nl/subsidies-regelingen/miavamil/over-de-regeling>.
- AgentschapNL. (sd). *CO2-emissie*. Opgeroepen op november 21, 2013, van <http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/bijlagen/CO2-emissie%20-%20Energieprestatie%20nieuwbouw%20-%20EPN.pdf>.
- Atletiekunie. (sd). *O.S.S.-VOLO*. Opgeroepen op oktober 30, 2013, van <http://www.atletiekunie.nl/index.php?page=15&item=300&id=15331>.
- BDO. (2013, januari). *Milieu-investeringsaftrek*. Opgeroepen op september 18, 2013, van <http://www.agentschapnl.nl/subsidies-regelingen/miavamil/over-de-regeling>.
- Belastingdienst. (2013a). *Btw aftrekken als voorbelasting*. Opgeroepen op oktober 24, 2013, van http://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/ondernemen/bedrijfskosten_en_investeren/kosten_en_aftrekposten/btw_aftrekken_als_voorbelasting/.
- Belastingdienst. (2013b). *Tarieven voor de vennootschapsbelasting in 2013*. Opgeroepen op september 17, 2013, van http://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/winst/vennootschapsbelasting/veranderingen_vennootschapsbelasting_2013/tarieven_voor_de_vennootschapsbelasting_in_2013.
- Berry, A., & Jarvis, R. (2011). *Accounting in a business context*. Andover: South-Western Cengage Learning.
- Blok, P. (2012, juli 13). *VV Stroe te Barneveld*. Opgeroepen op oktober 4, 2013, van http://gis.barneveld.nl/plannen/NL.IMRO.0203.4010-/NL.IMRO.0203.4010-0001/tb_NL.IMRO.0203.4010-0001_3.pdf.
- Brittany, G. (2013, april 18). *Light Bulbs and Color Temperature*. Opgeroepen op oktober 2, 2013, van <http://blog.americanlightingassoc.com/light-bulbs-and-color-temperature/>.
- CBS. (2013, november 8). *Rente iets lager*. Opgeroepen op november 20, 2013, van <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/dossiers/conjunctuur/publicaties/conjunctuurbericht/inhoud/maand/archief/2013/2013-11-08-m06.htm>.

- Cobouw. (2013, augustus 12). *Ledverlichting op EuroHockey 2013*. Opgeroepen op september 2, 2013, van <http://www.cobouw.nl/nieuws/e-installatie/2013/08/12/ledverlichting-op-eurohockey-2013>.
- CompuPhase. (2012, november 26). *Candela, Lumen, Lux: the equations*. Opgeroepen op november 13, 2013, van http://www.compuphase.com/electronics/candela_lumen.htm.
- Consumentenbond. (2013). *Energieverbruik in huis*. Opgeroepen op oktober 18, 2013, van <http://www.consumentenbond.nl/test/woning-huishouden/woning/duurzaam-consumeren/extra/duurzame-apparaten/>.
- Cramer, J., & Huizinga-Heringa, J. (2007, oktober 19). *Artikel 3.148*. Opgeroepen op september 26, 2013, van http://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/volledig/geldigheidsdatum_26-09-2013#Hoofdstuk3.
- De Boer, B. (2010). De trend van led-verlichting; Nieuwe dynamiek op sportvelden. *Fieldmanager*, 6(2), 108-111.
- De Boer, B. (2012). Stellingen pro en contra ledverlichting. *Groundsman*, 8(1), 12-15.
- ECN. (2011, september 20). *Energieprijzen en disconteringsvoeten voor gebouweisen ten behoeve van de EPBD*. Opgeroepen op november 13, 2013, van <http://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=10&ved=0CHwQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.rijksoverheid.nl%2Fbestanden%2Fdocumenten-en-publicaties%2Frapporten%2F2013%2F03%2F20%2Fenergieprijzen-en-disconteringsvoeten-voor-gebouweisen-ten-beho>.
- Enexis. (2013, oktober 1). *Periodieke aansluit- en transporttarieven elektriciteit*. Opgeroepen op oktober 1, 2013, van <https://www.enexis.nl/Documents/tarieven/tarieven-elektriciteit-voor-consumenten-vanaf%2001-10-2013.pdf>.
- Fuller, L. (2013). Light Savers. *Stadia Magazine*, 5(4), 42-45.
- Gemeente Arnhem. (2002, augustus 20). *Beleidsregels voor lichtmasten bij sportvelden*. Opgeroepen op november 6, 2013, van http://www.arnhem.nl/ruimtelijkeplannen/plannen/NL.IMRO.0202.783-/NL.IMRO.0202.783-0201/tb_NL.IMRO.0202.783-0201_2.pdf.
- Gemeente Moerdijk. (sd). *Milieuwetgeving, handhaving*. Opgeroepen op november 6, 2013, van <http://www.moerdijk.nl/685/>.
- Gemeente 's-Hertogenbosch. (2008). *Stappen naar een 'Klimaatneutraal 's-Hertogenbosch': Energie- en klimaatprogramma 2008-2015*. 's-Hertogenbosch: Gemeente 's-Hertogenbosch.
- Gemeente 's-Hertogenbosch. (2009, december 1). Stand van zaken uitvoering motie veldverlichting buitensportverenigingen. 's-Hertogenbosch: Gemeente 's-Hertogenbosch.
- Gemeente 's-Hertogenbosch. (2013). *Kerncijfers 2012/2013*. 's-Hertogenbosch: Afdeling Onderzoek en Statistiek Gemeente 's-Hertogenbosch.

- Gemeente Sint-Oedenrode. (sd). *Notitie kunstgras Sint-Oedenrode*. Opgeroepen op oktober 17, 2013, van <http://www.sint-oedenrode.nl/document.php?m=7&fileid=1537&f=8b226a8112ec2483c7565a063b531583&attachment=0&c=9575>.
- Harmelink, M., Bosselaar, L., Gerdes, J., Boonekamp, P., Segers, R., Pouwelse, H., et al. (2012, september). *Berekening van de CO2-emissies, het primair fossiel energiegebruik en het rendement van elektriciteit in Nederland*. Opgeroepen op oktober 18, 2013, van http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/C6171FC2-656F-4777-A4EC-1AF88FE66560/0/Notitie_EnergieCO2_effecten_elektriciteit_Sept_2012_FINAAL.pdf.
- Heijmans Techniek & Mobiliteit. (sd). *Cijfers LED-verlichting*. Opgeroepen op september 4, 2013, van <http://www.ledsportverlichting.nl/LED-sportverlichting/Cijfers#.UickwNI4H9k>.
- Inflation.eu. (2013). *Historische inflatie Nederland - CPI inflatie*. Opgeroepen op september 23, 2013, van <http://nl.inflation.eu/inflatiecijfers/nederland/historische-inflatie/cpi-inflatie-nederland.aspx>.
- InterGemeentelijk-overleg Openbare Verlichting. (2010). *Rekenhulp energie-efficiënte armaturen Openbare verlichting*. Opgeroepen op oktober 24, 2013, van http://www.igov.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=921:rekenhulp-energie-efficiënte-armaturen-openbare-verlichting&catid=152:algemeen&Itemid=138.
- Kenniscentrum InfoMil. (sd). *Terugverdientijden versus netto contante waarde*. Opgeroepen op november 4, 2013, van <http://www.infomil.nl/onderwerpen/duurzame/energie/uniforme-leidraad/terugverdientijden/>.
- Klein, H., & Ouwerkerk, M. (2012). *Energieschouw Accomodatie Atletiekvereniging O.S.S. - VOLO te Den Bosch*. Leiderdorp: EFM energie consultants.
- KNLTB. (sd). *Basisvoorwaarden voor realisatie en herinrichting tennisaccommodatie*. Opgeroepen op november 6, 2013, van <http://www.knltb.nl/CMS/streambin.aspx?RequestID=5BD256FC-0B00-4BDA-B575-736AE00EAA85>.
- KNMI. (2013). *Tijden van zonopkomst en -ondergang 2013*. Opgeroepen op september 24, 2013, van www.knmi.nl/klimatologie/achtergrondinformatie/zonop2013.pdf.
- Koninklijke Nederlandse Lawn Tennis Bond [KNLTB]. (2009). *KNLTB Meerjarenbeleidsplan 2009 - 2013*. Amersfoort: KNLTB.
- Kruithof, A. (1941). Tubular Luminescence Lamps for General Illumination. *Philips Technical Review*, 6, 65-96.
- LED-Expert. (2012, maart 14). *Meest gestelde vragen over LED sportveldverlichting en hun antwoorden*. Eindhoven.
- LED-Expert. (2013a, februari 19). *Dynamic LED sports floodlighting*. Eindhoven.

- LED-Expert. (2013b, januari 24). *LED FLOOD LIGHT Sportfield floodlight family WSxxx 1700 W - DIMMABLE and CONTROLLABLE*. Eindhoven.
- Loebner, E. (1976). Subhistories of the Light Emitting Diodes. *Transaction Electron Devices*, 23(7), 675–699.
- Lumosa. (sd). Active LED lighting Spotlight on spotlight. Son.
- Marcelis, S. (2009, maart 17). Motie 'vreemd aan de orde van de dag' veldverlichting buitensportverenigingen. 's-Hertogenbosch: Partij van de Arbeid.
- McKinsey & Company. (2011, juli 5). *Lighting the way: Perspectives on the global lighting market*. Opgeroepen op september 2013, van <http://img.ledsmagazine.com/pdf/LightingtheWay.pdf>.
- Meertens, E. (sd). *Cursus/Handleiding/Naslagwerk Driefase wisselspanning*. Opgeroepen op oktober 21, 2013, van <http://www.automerik.be/PDF/Driefase%20wisselspanning.pdf>.
- Ministerie van OCW. (2013). *Schoolvakanties 2013-2014*. Opgeroepen op 2013 9, van www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/schoolvakanties/schoolvakanties-2013-2014.
- Narendran, N., & Ding, L. (2002). Color rendering properties of LED light sources. *Solid State Lighting II : Proceedings of SPIE*(4776), 61-67.
- Narra, P., & Zinger, D. (2004). An Effective LED Dimming Approach. *Industry Applications Conference*, 3, 1671-1676.
- Natuur en Milieu. (2013). *Zonne-energie 2013*. Opgeroepen op november 20, 2013, van http://www.natuurenmilieu.nl/media/468940/20130104_onderzoek_zonne-energie_2013.pdf.
- NSVV. (1992). Internationaal woordenboek voor de verlichtingskunde. Arnhem: Grafische Dienst Arnhem.
- NSVV. (1999). *Algemene richtlijn betreffende lichthinder: Deel 1 Algemeen en Grenswaarden voor sportverlichting* (1e ed.). Veenendaal: GVO grafisch bedrijf bv.
- NSVV. (2000a). *Verlichting voor Sportaccommodaties Hockey* (2e ed.). Veenendaal: GVO grafisch bedrijf bv.
- NSVV. (2000b). *Verlichting voor Sportaccommodaties Voetbal* (3e ed.). Veenendaal: GVO grafisch bedrijf bv.
- NSVV. (2002). *Verlichting voor Sportaccommodaties Atletiek (outdoor)* (2e ed.). Veenendaal: GVO grafisch bedrijf bv.
- NSVV. (2011). *Verlichting voor Sportaccommodaties Algemene Grondslagen* (3e ed.). Ede: GVO drukkers & Vormgevers.

- NUON. (sd). *Hoe zijn energieprijzen opgebouwd?* Opgeroepen op oktober 31, 2013, van <http://www.nuon.nl/energie/energieprijzen/opbouw-energieprijs.jsp?from=kilowattuur&itemcategory=OVG>.
- O.S.S.-VOLO. (2013a, maart 26). *Beleidsplan Atletiekvereniging O.S.S.-VOLO 's-Hertogenbosch 2013-2016*. Opgeroepen op oktober 30, 2013, van http://www.oss-volo.nl/images/downloads/130703_beleidsplan_O.S.S.-VOLO.pdf.
- O.S.S.-VOLO. (2013b). *Trainingstijden en trainingsplaatsen*. Opgeroepen op september 9, 2013, van www.oss-volo.nl/index.php/algemene-informatie/tt.
- Oostendorp - Nederland b.v. (1995). *Atletiekbaanverlichting*. Zwijndrecht: Oostendorp - Nederland b.v.
- Optogan LED solutions. (2012, september 14). *Optogan lights up sportfield in Malta*. Opgeroepen op november 4, 2013, van <http://www.optogan.com/media-centre/news/optogan-lights-up-sportfield-in-malta>.
- OSRAM. (2013). *De geschiedenis van de LED*. Opgeroepen op september 2, 2013, van http://www.osram.nl/osram_bx/nl/nieuws-en-kennis/led/professionele-kennis/led-basisprincipes/geschiedenis-van-leds/index.jsp.
- OSRAM. (sd). *LED sportverlichting in het ratiopharm arena in Ulm*. Opgeroepen op september 4, 2013, van http://www.osram.nl/osram_bx/nl/nieuws-en-kennis/osram-wereldwijd-verlichtingsprojecten-in-internationale-sportgelegenheden/led-sportverlichting-in-het-ratiopharm-arena-in-ulm/index.jsp.
- Philips. (2008). *Geschiedenis van de lichtdiode*. Opgeroepen op september 2, 2013, van http://www.newscenter.philips.com/nl_nl/standard/about/news/press/article-15626.wpd.
- Philips. (2009). *50% van alle straatverlichting in Nederland kan nu door LED vervangen worden*. Opgeroepen op september 2, 2013, van http://www.newscenter.philips.com/nl_nl/standard/about/news/press/20090709_schaalvergroting_led_mogelijkheden.wpd.
- Philips. (2013). *MASTER MHN-LA 2000W/842 400V XWH*. Opgeroepen op oktober 2, 2013, van http://www.ecat.lighting.philips.nl/l/lampen-professioneel/hid-lampen/mh-hpi-metaalhalogeen/master-mhn-la/928071305130_eu/.
- Philips Nederland Eindhoven applicatiegroep licht. (1995). *Verlichting atletiek accommodatie: rondbaan, aanloopbanen en segmenten*. Eindhoven: Philips.
- Philips. (sd). *OptiVision MVP507*. Opgeroepen op oktober 25, 2013, van http://www.ecat.lighting.philips.nl/l/sport-en-terreinverlichting/terreinverlichting/optivision-mvp507/910400184812_eu/.
- Raad van State. (2012, oktober 3). *Uitspraak 201113451/1/A1*. Opgeroepen op november 6, 2013, van <http://www.raadvanstate.nl/uitspraken/zoeken-in-uitspraken/tekst-uitspraak.html?id=70681>.

- Raats, K. (2009). WeTra in de verdediging? *Fieldmanager*, 5(3), 53-59.
- Rijksoverheid. (2013, januari 1). *Tarieven energielasting*. Opgeroepen op oktober 1, 2013, van <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/milieubelastingen/vraag-en-antwoord/wat-zijn-de-tarieven-van-de-energiebelasting.html>.
- Round, H. (1907). A Note on Carborundum. *The Electrical World*, 49, 309.
- Russo, I. (2009, juni 24). *Voetbalveldverlichting Klasse II*. Opgeroepen op oktober 4, 2013, van <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.woensdrecht.nl%2Fdocument.php%3Fm%3D1%26fileid%3D14261%26f%3D54c5b71478b9cd6435feed2c403b8f02%26attachment%3D1%26c%3D24455&ei=8ttoUs7TAaTY0QWboIC4CA&usg=AFQ>.
- Segers, R. (2013, januari 21). *Rendementen en CO2-emissie van elektriciteitsproductie in Nederland, update 2011*. Opgeroepen op oktober 18, 2013, van <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/F650310E-978E-475F-9E2E-EDB33236539A/0/2013rendementenenCO2emissievanelektriciteitsproductieinnederlandart.pdf>.
- Sheehan, G. (2011). Facts about Dimming. *LED professional Review*, 5(1), 48-54.
- Smet, K., Ryckaert, W., Pointer, M., Deconinck, G., & Hanselaer, P. (2012). A memory colour quality metric for white light sources. *Energy and Buildings*, 49, 216-225.
- Sneppen, P. v. (2013). Ledverlichting levert sportparken geen directe besparing op. *Fieldmanager*, 9(2), 30-31.
- Sportaccom. (2013). *Verlichting van een atletiekbaan*. Opgeroepen op september 9, 2013, van www.sportaccom.nl/richtlijnen/document.php?id=9716.
- Stadsbedrijven Sport en Recreatie. (2012). Overeenkomst "Gelegenheid geven tot sportbeoefening". 's-Hertogenbosch: Gemeente 's-Hertogenbosch.
- Stevens, K. (2006). *Handleiding ontwerp elektrische installatie*.
- Sullivan, W., Wicks, E., & Koelling, C. (2012). *Engineering Design* (15e ed.). Harlow: Pearson.
- Van Iersel, H. (2011). Ledverlichting: het is de toekomst, maar werkt het al? *Fieldmanager*, 7(6), 60-65.
- Veerman, E. (2006). De lichtrevolutie. *Noorderlicht*.
- Vereniging Sport en Gemeenten; Delloite Belastingadviseurs. (2013, februari). *Handreiking BTW en Sport: Herziene uitgave 2013*. Opgeroepen op oktober 24, 2013, van http://www.sportengemeenten.nl/images/nieuws/Handreiking_BTW_en_Sport%20_maart2013_LORES_DEF.pdf.

- VNG; VSG; KNVB. (2012). *Behoeftebepaling: Richtlijn voor het bepalen van hoeveelheden velden en kleedkamers*. Vereniging van Nederlandse Gemeenten; Vereniging Sport en Gemeenten; Koninklijke Nederlandse Voetbalbond.
- VVD, GroenLinks, PvdA, CDA, Rosmalens Belang. (2010). *Uitdagende overheid in een uitdagende tijd*. 's-Hertogenbosch: Gemeente 's-Hertogenbosch.
- Weintraub, S. (2000, september). The Color of White: Is there a "preferred" color temperature for the exhibition of works of art? *Western Association for Art Conservation Newsletter*, 21(3).
- Yadav, P., Joshi, C., & Moharil, S. (2012). Two phosphor converted white LED with improved CRI. *Journal of Luminescence*, 136, 1-4.
- Zheludev, N. (2007). The life and times of the LED; a 100-year history. *Nature Photonics*, 1, 189-192.
- ZIUT. (2012). Sportveld met ledverlichting. *Fieldmanager*, 8(2), 60-61.

Bijlagen

Bijlage A – Lichtkwaliteit

A.1 – Verlichtingsplan huidige installatie O.S.S.-VOLO

Aanbevelingen van de NSVV in 1995

2 INLEIDING

2.1 Omschrijving toepassingsgebied

In deze aanbevelingen wordt de verlichting behandeld voor de diverse onderdelen van de atletiekport (zie tabel 1) die worden beoefend in de verschillende gedeelten van de accommodatie.

Hierbij zijn te onderscheiden:

1 de rondbaan

2 de segmenten en de aanloopbanen

3 het middenterrein

Om sporttechnische, verlichtingstechnische en praktische redenen worden in deze aanbevelingen drie categorieën van verlichting onderscheiden:

- verlichting voor training
- verlichting voor wedstrijden zonder publiek
- verlichting voor wedstrijden met publiek

2.2 Maatvoering

De afmetingen en indeling van een 400-m atletiekaccommodatie, volgens de door de KNAU en NSF aanbevolen layout, zijn weergegeven in afb. 1. Van deze standaard layout wordt in het algemeen niet afgeweken.

3 AANBEVELINGEN INZAKE DE VERLICHTING

3.1 Verlichtingssterkte en gelijkmatigheid van de verlichting

De voor de drie gedeelten van de accommodatie aanbevolen lichtniveaus, uitgedrukt in de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte (E_H) zijn weergegeven in tabel 1.

Onder E_H wordt verstaan de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte die tenminste op het maaiveld aanwezig moet zijn.

Bij het ontwerp van de verlichtingsinstallatie dient rekening te worden gehouden met vervuiling en veroudering. Als globale richtlijn kan worden aangehouden, dat E_H bij oplevering tenminste 1,25 maal groter dient te zijn, dan de gekozen E_H -waarde.

E_H kan worden bepaald als gemiddelde van de, in de punten van het in afb. 2 weergegeven puntenpatroon, gemeten E_H -waarden. Op grond van deze metingen kan tevens de gelijkmatigheid van de verlichting, uitgedrukt in de verhouding van de kleinste en de grootste in het patroon gemeten E_H -waarden ($E_{H,min}:E_{H,max}$) worden bepaald.

Voor de in deze aanbevelingen onderscheiden categorieën verlichting worden de volgende gelijkmatigheden ($E_{H,min}:E_{H,max}$) aanbevolen:

- training $\approx$ 1 : 3
- wedstrijden zonder publiek $\approx$ 1 : 3
- wedstrijden met publiek $\approx$ 1 : 2

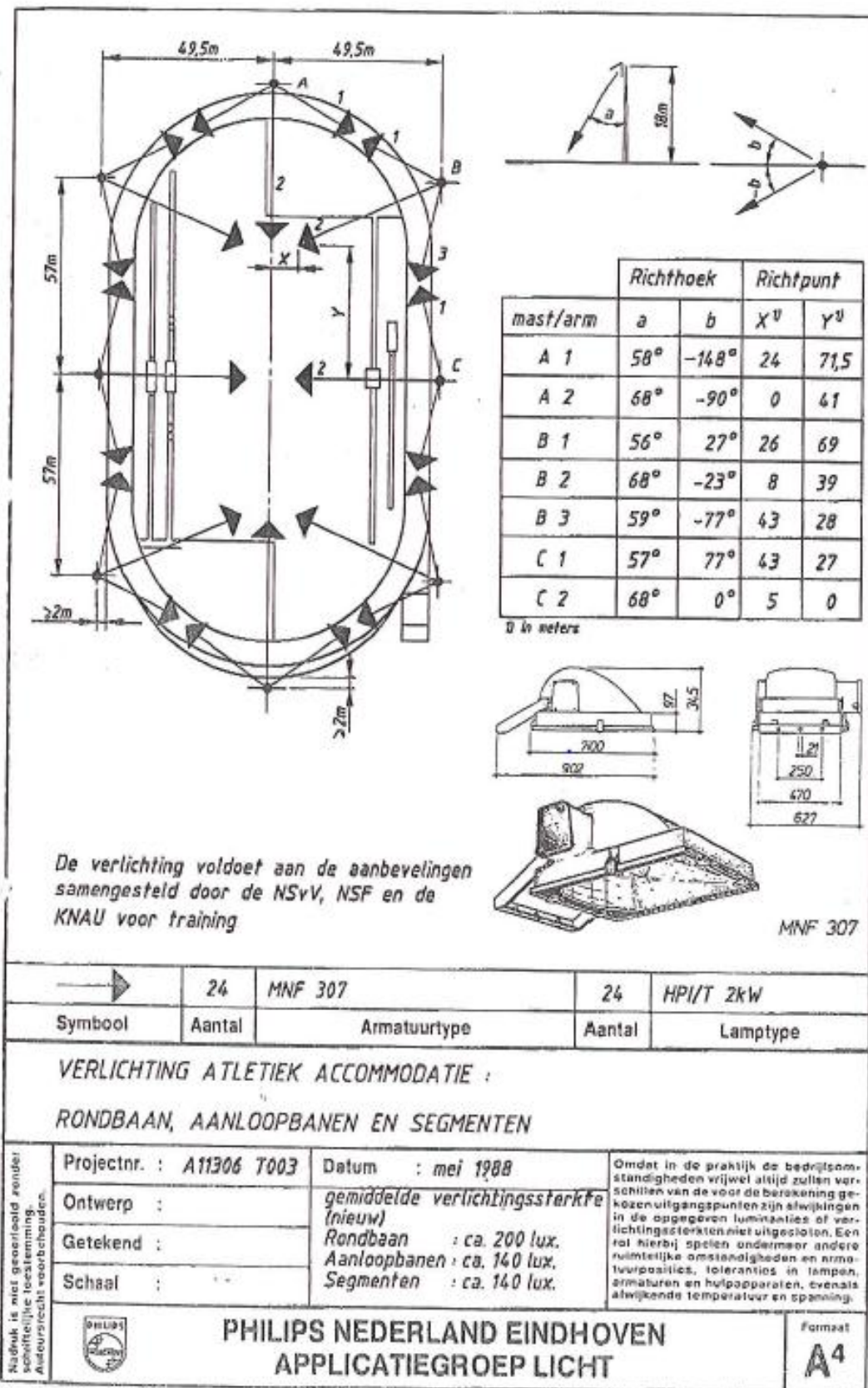
3.2 Luminantieverhoudingen en verblindingsbeperking

Er moet worden gestreefd naar een goed contrast tussen atleten, spelmateriaal en omgeving, alsmede naar het zo veel mogelijk beperken van de verblinding door de lichtbronnen die de accommodatie verlichten. Aan deze eis kan worden

Tabel 1 Overzicht van aanbevolen gemiddelde horizontale verlichtingssterkten (E_H) uitgedrukt in lux, die tenminste op het maaiveld aanwezig moeten zijn.

plaats	onderdeel van atletiek	training	wedstrijden zonder publiek	wedstrijden met publiek
1 Rondbaan	loopnummers hordenummers steepchase	≥ 60	≈ 60	≈ 300
2 Segmenten Aanloopbanen	kogelstoten hoogspringen	≥ 90	≈ 90	≈ 300
	verspringen driesprong polsstokhoogspringen	≥ 90	≈ 90	≈ 300
1 + 2 en 3 Middenterrein	discuswerpen kogelslingeren speerwerpen	≥ 120	≈ 300	≈ 300

Oorspronkelijk verlichtingsplan voor de atletiekbaan in 1995





Oostendorp-Nederland b.v.

3330 CC Zwijndrecht
Postbus 1104
Telefoon 078 - 105100
Telefax 078 - 104082

Gemeente 's-Hertogenbosch,
Postbus 12345,
5200 GZ s'HERTOGENBOSCH.-
t.a.v. De heer [REDACTED]

Betr.: atletiekbaanverlichting

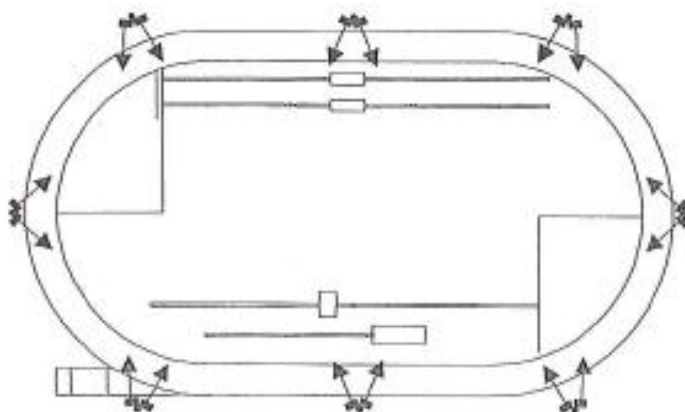
Onze ref.: 190901.her.

Zwijndrecht, 19.09.95

Geachte heer [REDACTED],

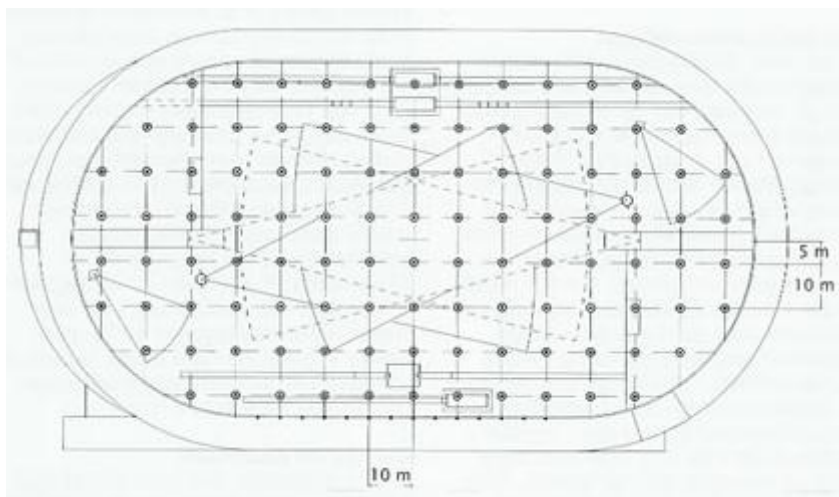
Wij danken u voor uw opdracht, waarvan levering zal geschieden volgens onze Algemene Verkoopvoorwaarden en welke wij onderstaand bevestigen onder nr. 952728

Het verlichtingsontwerp gaat uit van 8 lichtmasten waarop in totaal 16 sportveldverlichtingsarmaturen worden gemonteerd. De gemiddelde verlichtingssterkte zal bij oplevering voor de rondbaanverlichting ca. 110 lux en de aanloopbanenverlichting ca. 90 lux bedragen. De gebruikswaarde zal bij tijdige lampvervangning in combinatie met een jaarlijks onderhoud uitkomen op resp. ca. 100 en 80 lux. Opgave als volgt:

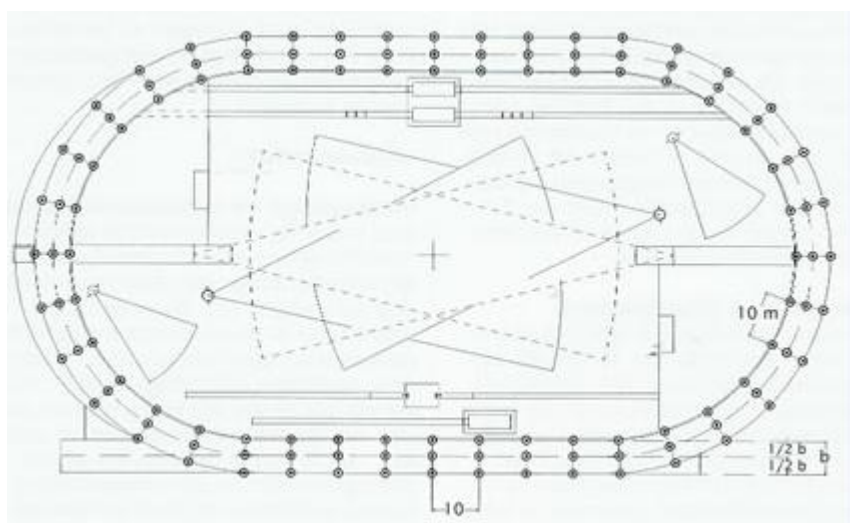


A.2 – Verlichtingssterktemeting bij O.S.S.-VOLO

De NSVV raadt sportverenigingen aan om regelmatig de lichtopbrengst en uniformiteit te meten. Hiervoor zijn twee patronen met meetpunten opgesteld. Het eerste patroon bestaat uit een raster met een onderlinge afstand van tien meter voor de binnenbaan en één patroon volgt de buitenbaan in de looprichting met afstanden van rond de tien meter. De twee patronen zijn weergegeven in Figuur A.1 en Figuur A.2.



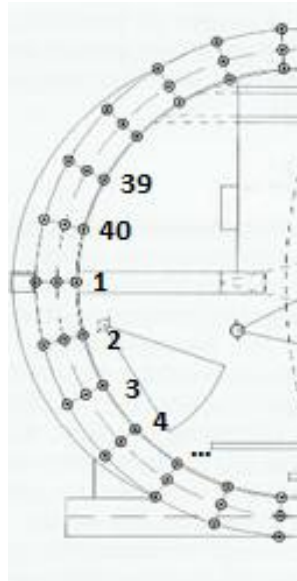
Figuur A.1 - Patroon voor meetpunten op het binnenveld voor het bepalen van de verlichtingssterkte bij onderhoud



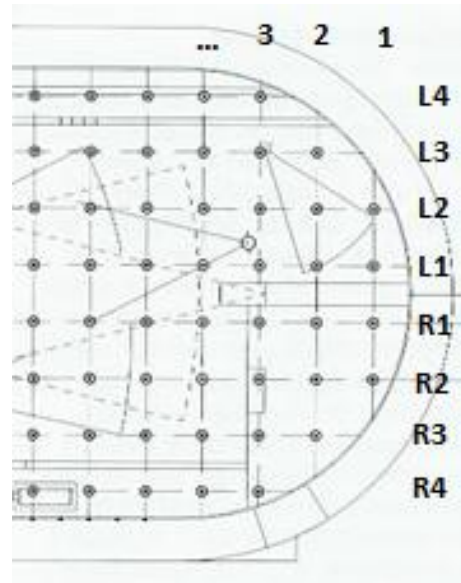
Figuur A.2 - Patroon voor meetpunten op de buitenbaan voor het bepalen van de verlichtingssterkte bij onderhoud

Werkwijze

Op 10 oktober heeft er een verlichtingssterktemeting plaatsgevonden bij de atletiekbaan van O.S.S.-VOLO. De metingen voor de rondbaan zijn uitgevoerd door met een meetwiel een volledige ronde te lopen op dertig centimeter van de binnenrand van de rondbaan. Om de tien meter is vervolgens met de verlichtingssterktemeter een meting gedaan aan de binnenkant, de buitenkant en het midden van de rondbaan. Bij de sprintbaan is de meting volgens dezelfde methode uitgevoerd. Hierbij is



Figuur A.3 - Notatie rondbaan

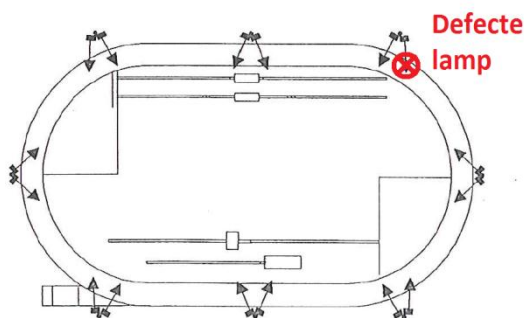


Figuur A.4 - Notatie binnenbaan

begonnen bij het begin van de sprintbaan en zijn metingen verricht om de tien meter. Voor het grootste deel overlaptten de meetpunten echter met de rondbaan, waardoor de gegevens hiervan konden worden gebruikt. Voor het binnenveld is ook met een meetwiel het volledige raster nagelopen van Figuur A.1. De wijze van noteren van de meetpunten is weergegeven in de Figuren A.3 en A.4. De notatie van de sprintbaan werkt volgens hetzelfde principe als de rondbaan, waarbij het eerste meetpunt het begin van de sprintbaan is. Tijdens het meten is geconstateerd dat lamp 4B (verlicht met name de meetpunten 23 t/m 25 van de rondbaan) defect was. De locatie van de defecte lamp is weergegeven in Figuur A.5. De metingen in de buurt van deze lamp waren iets lager, maar door het grote aantal meetpunten zal de invloed op de totale gegevens minimaal zijn. De meting is uitgevoerd met een NIEAF NI L204 verlichtingssterktemeter. De verlichtingssterktemeter is te zien in Figuur A.6. De nauwkeurigheid voldoet met een maximale afwijking van 3% aan de norm van de NSVV die 5% bedraagt (NSVV, 1999).

Resultaten

De gevonden verlichtingssterktes zijn weergegeven in de Tabellen A.1 t/m A.3.



Figuur A.5 - Locatie defecte lamp tijdens de meting



Figuur A.6 - NI L204 verlichtingssterktemeter

Tabel A.1 - Meetwaarden binnenbaan

Meetpunt	E _H binnenste baan (Lux)	E _H midden (Lux)	E _H buitenste baan (Lux)
1	235	240	280
2	156	152	120
3	103	81	61
4	58	82	73
5	106	134	137
6	108	142	107
7	62	56	46
8	42	36	30
9	49	43	35
10	72	68	54
11	109	104	52
12	101	113	91
13	67	57	49
14	57	54	46
15	93	89	75
16	153	167	167
17	149	165	170
18	103	105	93
19	72	65	58
20	75	63	44
21	119	112	46
22	90	87	70
23	53	44	34
24	41	32	22
25	50	46	27
26	100	120	117
27	77	93	90
28	73	66	57
29	81	77	61
30	96	108	99
31	125	140	110
32	87	97	85
33	51	54	43
34	43	37	30
35	68	61	45
36	125	123	115
37	138	170	162
38	96	96	85
39	101	87	69
40	162	152	109

Tabel A.2 - Meetwaarden sprintbaan

Meetpunt	E _H binnenste baan (Lux)	E _H midden (Lux)	E _H buitenste baan (Lux)
1	42	43	32
2	109	97	76
3	142	143	86
4	62	56	46
5	42	36	30
6	49	43	35
7	72	68	54
8	109	104	52
9	101	113	91
10	67	57	49
11	57	54	46

Tabel A.3 - Meetwaarden binnenveld

Meetpunt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
E _H L4 (lux)			90	81	72	80	96	86	67	46	53	86	126		
E _H L3 (lux)		48	54	65	52	51	63	42	42	34	39	63	66	95	
E _H L2 (lux)	66	60	50	43	24	25	28	25	22	22	28	43	52	82	119
E _H L1 (lux)	102	61	40	34	24	19	20	17	15	14	12	20	35	101	161
E _H R1 (lux)	94	56	53	38	27	23	22	21	19	20	23	27	44	101	172
E _H R2 (lux)	71	87	68	51	40	37	38	30	26	31	25	35	49	94	123
E _H R3 (lux)		93	109	76	55	55	62	49	48	36	39	55	79	94	
E _H R4 (lux)			160	98	63	70	91	102	71	49	48	71	107		

A.3 – Berekening verlichtingssterkte en lichthinder met CalcuLuX

De verlichtingssterkte van de conventionele verlichting is bepaald aan de hand van het programma CalcuLuX. De gegevens zijn samengevat in een rapport wat verder in deze bijlage te vinden is. CalcuLuX is een programma waarmee leveranciers ook werken om aan te tonen dat een geleverde verlichtingsinstallatie voldoet aan de normen met betrekking tot de verlichting op het veld en de lichthinder. Bij het lichthinderonderzoek is uitgegaan van een drietal gebouwen in de omgeving en een nabijgelegen weg. In de Figuren A.7 t/m A.9 zijn de objecten weergegeven.



Figuur A.7 - Distributiecentrum



Figuur A.8 - Sauna



Figuur A.9 - School

De locatie van de objecten ten opzichte van de atletiekbaan is bepaald met het programma GeoWeb waarin de gemeente 's-Hertogenbosch is ingevoerd inclusief actuele lucht- en omgevingsfoto's en kadastrale gegevens. De hoogteligging is hier echter niet ingevoerd. De hoogteligging is daarom visueel vastgesteld bij een locatiebezoek. Er lijkt geen hoogteverschil te bestaan tussen de sauna, de atletiekbaan en de school. Het distributiecentrum en de onderzochte weg liggen duidelijk hoger, deze hoogte is geschat op +4 meter.

Het rapport is in feite een samenvoeging van twee rapporten. Dit heeft ermee te maken dat voor de verlichtingssterkteberekening een nieuwwaarde-index van 1,25 moet worden meegenomen (in het rapport heet deze index een algemene behoudfactor en is deze waarde gelijk aan 0,80), hierdoor voldoet de verlichting gedurende de gehele levensduur aan de minimeis. Voor de lichthinder moet echter worden gerekend met de installatiewaarde, omdat de lichthinder wordt getoetst bij de maximale waarde die wordt bereikt. De pagina's die betrekking hebben op de verlichtingssterkte gaan daarom uit van een algemene behoudfactor van 0,8 en de pagina's die betrekking hebben op de lichthinder gaan uit van een algemene behoudfactor van 1,0.

Sportpark de Schutskamp

Atletiekbaan O.S.S.-Volo

Datum: 07-10-2013

Ontwerper: R. van Lith

Opmerkingen: De instellingen van de armaturen zijn gebaseerd op een verlichtingsplan van Heijmans Techniek en Mobiliteit

Omdat in de praktijk de bedrijfsomstandigheden vrijwel altijd zullen verschillen van de voor de berekeningen gekozen uitgangspunten zijn afwijkingen in de opgegeven luminanties of verlichtingssterkten niet uitgesloten. Een rol hierbij spelen onder meer andere ruimtelijke omstandigheden en armatuurposities, toleranties in lampen, armaturen en hulpapparatuur, evenals afwijkende temperatuur en spanning.

Gemeente 's-Hertogenbosch

Wolvenhoek 1
5200 GZ 's-Hertogenbosch

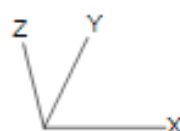
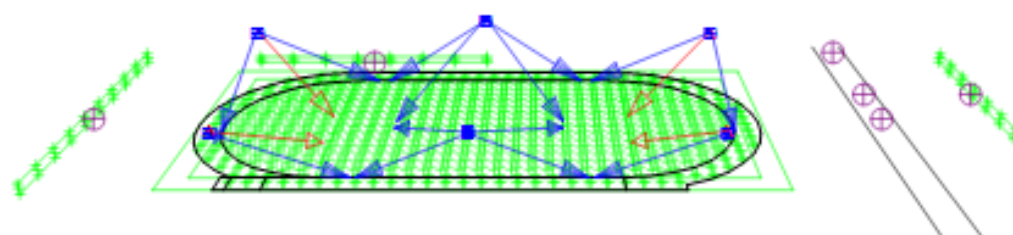
CalcuLuX Area 7.7.0.1

Inhoudsopgave

1.	Projectbeschrijving	3
1.1	Overzicht in 3D	3
1.2	Overzicht van boven	4
2.	Samenvatting	5
2.1	Algemeen	5
2.2	Waarnemers	5
2.3	Armatuurtypen	5
2.4	Berekeningsresultaten	5
3.	Berekeningsresultaten	7
3.1	Atletiekbaan: Tekst-tabel	7
3.2	Atletiekbaan: Grafische tabel	10
3.3	Atletiekbaan: Gevuld isolijndiagram	11
3.4	Sauna: Tekst-tabel	12
3.5	Kantoor A: Tekst-tabel	13
3.6	Bedrijf A: Tekst-tabel	14
3.7	Segmenten: Gevuld isolijndiagram	15
3.8	Binnenterrein: Gevuld isolijndiagram	16
3.9	Buitenbaan: Gevuld isolijndiagram	17
4.	Armatuurgegevens	18
4.1	Armatuurtypen	18
5.	Installatiegegevens	19
5.1	Legenda	19
5.2	Positie en instelrichting per armatuur	19

1. Projectbeschrijving

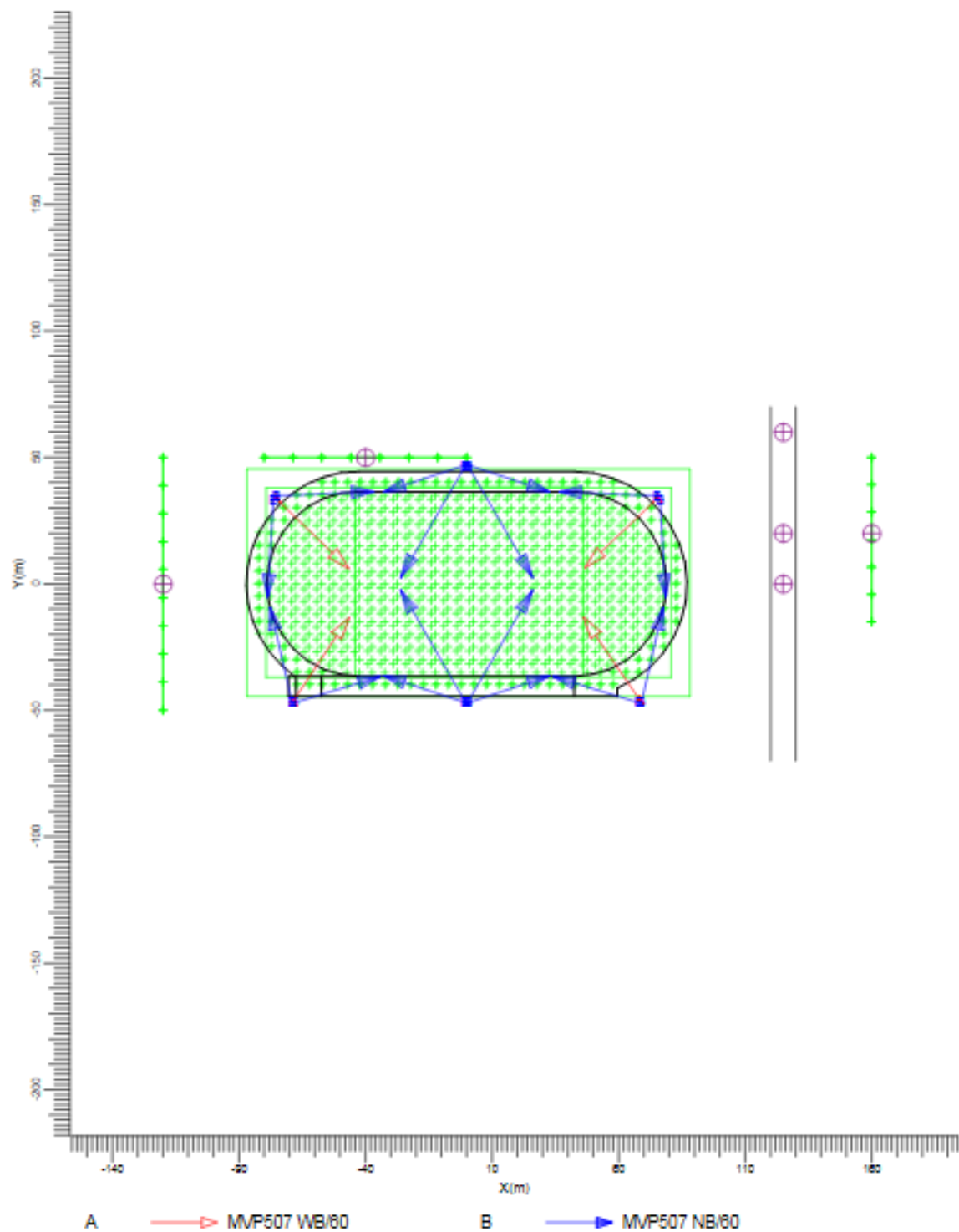
1.1 Overzicht in 3D



A → MVP507 WB/80

B → MVP507 NB/80

1.2 Overzicht van boven

Schaal
1:2000

2. Samenvatting

2.1 Algemeen

Algemene behoudfactor: 1.00.

2.2 Waarnemers

Code	Waarnemer	Positie [m]		
		X	Y	Z
Aa	School	-120.00	-0.00	1.80
Bb	Sauna	-40.00	50.00	1.80
Cc	Distributiecentrum	160.00	20.00	5.80
Dd	Koenendelseweg 1	125.00	-0.00	5.80
Ee	Koenendelseweg 2	125.00	20.00	5.80
Ff	Koenendelseweg 3	125.00	60.00	5.80

2.3 Armatuurtypen

Code	Aantal	Armatuurtype	Aantal x lamptype	Vermogen [W]	Lichtstroom [lm]
A	4	MVP507 WB/60	1 * MHN-LA2000W/400V/842	2123.0	1 * 220000
B	16	MVP507 NB/60	1 * MHN-LA2000W/400V/842	2123.0	1 * 220000

Totaal geïnstalleerd vermogen: 42.46 kW

Aantal armaturen per schakelstap:

Schakelstap	Armatuurcode		Vermogen [kW]
	A	B	
Alle lampen Ingeschakeld	4	16	42.46
Buitenbaan	0	12	25.48
Segmenten	4	0	8.49
Binnenveld	0	4	8.49

2.4 Berekeningsresultaten

Schakelstappen:

Code	Schakelstap
1	Alle lampen Ingeschakeld
2	Buitenbaan
3	Segmenten
4	Binnenveld

Verlichtingssterkte / luminantie:

Berekening	Schakelstap	Type berekening	Eenheid	Gem	Min	Max	Min/gem	Min/max
Atletiekbaan	1	Horizontale verlichtingssterkte	lux	167	84	280	0.50	0.30
Sauna	1	Verticale verlichtingssterkte	lux	63.5	10.5	165.3	0.17	0.06
School	1	Verticale verlichtingssterkte	lux	3.57	0.81	9.45	0.23	0.09
Distributiecentrum	1	Verticale verlichtingssterkte	lux	0.09	0.04	0.13	0.46	0.31
Segmenten	3	(Vlak-) verlichtingssterkte	lux	71.6	39.0	89.8	0.54	0.43
Binnenrein	4	(Vlak-) verlichtingssterkte	lux	73.1	9.5	145.3	0.13	0.07

Berekening	Schakelstap	Type berekening	Eenheid	Gem	Min	Max	Min/gem	Min/max
Buitenbaan	2	(Vlak-) verlichtingssterkte	lux	139	92	225	0.66	0.41

Berekeningen lichtinval:

Schakelstap	Naam	Code	Positie			Instelrichting in hoeken			Maximale lichtintensiteit (cd)
			X	Y	Z	Draai	Kantel90	Kantel0	
1	Aa	B	-69.00	-47.00	18.00	103.00	65.00	0.00	28145
1	Bb	B	-75.12	34.78	18.00	2.50	65.00	0.00	283974
1	Cc	B	0.58	-46.53	18.50	60.00	70.00	0.00	1679
1	Dd	B	69.00	-47.00	18.00	77.00	65.00	0.00	5738
1	Ee	B	0.58	-46.53	18.50	60.00	70.00	0.00	7361
1	Ff	B	0.58	-46.53	18.50	60.00	70.00	0.00	9699

3. Berekeningsresultaten

3.1 Atletiekbaan: Tekst-tabel

Alle lampen ingeschakeld

Rekenraster : Atletiekbaan op Z = -0.00 m
 Berekening : Horizontale verlichtingssterkte (lux)

X [m]	-87.50	-82.50	-77.50	-72.50	-67.50	-62.50	-57.50	-52.50	-47.50	-42.50	-37.50	-32.50	-27.50
Y [m]													
45.00													
40.00							109	126	133	137	141	148	160
35.00					150	106	121	146	154	149	147	151	164
30.00				202	191	133	144	159	169	158	150	157	178
25.00			151	198	139	130	130	144	162	158	158	164	172
20.00			110	132	129	119	117	121	133	145	147	147	151
15.00		111	127	146	141	120	116	106	103	114	119	120	118
10.00		129	150	165	159	129	109	97	91	90	92	93	90
5.00		132	159	176	177	147	111	93	82	76	74	75	75
0.00		129	155	171	175	160	125	96	79	70	68	67	71
-5.00		126	150	165	174	164	136	102	81	74	72	73	74
-10.00		126	150	164	177	166	138	104	87	86	87	90	87
-15.00		126	150	168	184	168	132	105	101	107	113	115	114
-20.00			144	166	185	160	126	112	120	140	144	145	150
-25.00			132	155	167	147	131	128	152	165	166	172	177
-30.00				128	152	145	136	154	181	183	177	177	189
-35.00					158	149	160	168	195	195	183	180	184
-40.00					185	197	154	167	189	191	187	186	188
-45.00													

Vervolg >

Gemiddeld 133 Minimum 67 Maximum 224 Min/gem 0.50 Min/max 0.30 Algemene behoudfactor 0.80

< Vervolg

Vervolg >

Rekenraster : Atletiekbaan op Z = -0.00 m
 Berekening : Horizontale verlichtingssterkte (lux)

X [m]	-22.50	-17.50	-12.50	-7.50	-2.50	2.50	7.50	12.50	17.50	22.50	27.50	32.50	37.50
Y [m]													
45.00													
40.00	179	168	166	220	211	211	220	166	168	179	160	148	141
35.00	186	180	156	144	169	169	144	156	180	186	164	151	147
30.00	185	165	131	121	120	120	121	131	165	185	177	157	149
25.00	172	138	116	107	105	105	107	116	138	172	172	163	157
20.00	139	113	104	99	92	92	99	104	113	139	150	146	146
15.00	106	98	95	96	85	85	96	95	97	105	117	120	118
10.00	88	84	89	89	84	84	88	89	84	88	89	93	92
5.00	75	79	83	84	86	86	84	83	78	75	75	75	74
0.00	70	77	80	83	86	86	83	80	77	69	71	67<	68
-5.00	74	78	82	83	85	85	83	82	78	74	74	73	72
-10.00	86	83	88	88	84	84	88	88	83	86	87	90	88
-15.00	104	96	94	95	84	84	95	94	97	104	114	116	113
-20.00	139	113	104	99	91	91	99	104	113	139	151	146	144
-25.00	175	140	117	107	105	105	107	117	140	175	177	172	166
-30.00	193	170	134	123	121	121	123	134	170	193	189	177	178
-35.00	199	188	161	147	172	172	147	161	188	199	184	180	183
-40.00	197	180	172	224>	214	214	224	172	180	197	188	186	187
-45.00													

Gemiddeld 133 Minimum 67 Maximum 224 Min/gem 0.50 Min/max 0.30 Algemene behoudfactor 0.80

< Vervolg

Rekenraster : Atletiekbaan op Z = -0.00 m
 Berekening : Horizontale verlichtingssterkte (lux)

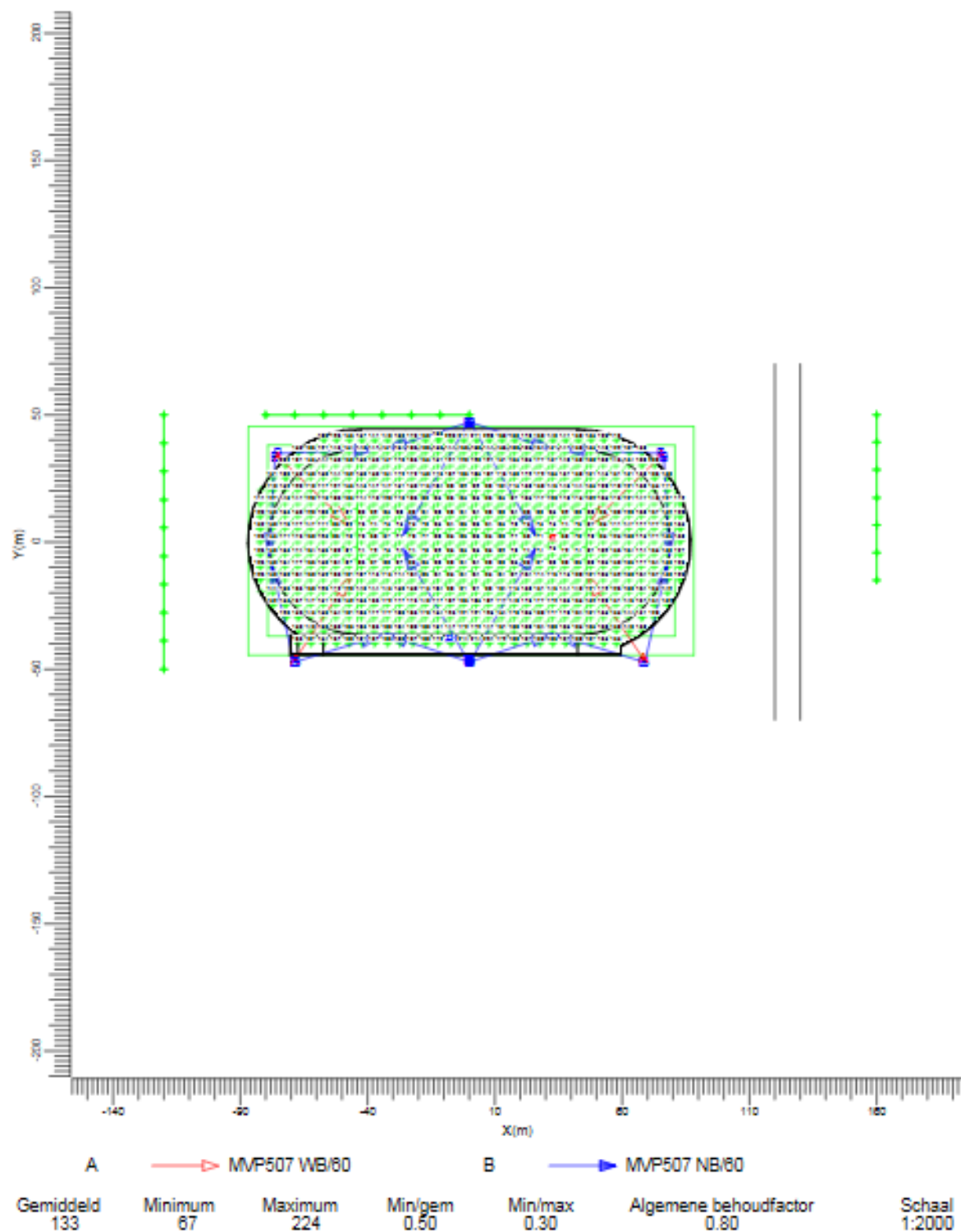
X [m]	42.50	47.50	52.50	57.50	62.50	67.50	72.50	77.50	82.50	87.50
Y [m]										
45.00										
40.00	138	135	128	110						
35.00	150	155	148	122	107	150				
30.00	158	169	160	146	134	190	200			
25.00	158	161	145	131	131	138	196	150		
20.00	144	133	120	118	121	130	133	111		
15.00	113	102	105	116	121	141	148	127	112	
10.00	89	90	96	108	129	160	167	152	129	
5.00	76	81	93	111	147	177	177	160	133	
0.00	70	79	95	125	160	175	171	156	130	
-5.00	74	81	102	136	164	174	165	150	127	
-10.00	86	88	105	138	166	177	164	150	126	
-15.00	108	101	105	132	168	184	167	150	126	
-20.00	140	121	112	126	160	184	165	142		
-25.00	165	152	128	131	146	167	154	132		
-30.00	184	181	153	135	144	151	128			
-35.00	195	195	168	159	149	159				
-40.00	190	187	165	155						
-45.00										

Gemiddeld 133 Minimum 67 Maximum 224 Min/gem 0.50 Min/max 0.30 Algemene behoudfactor 0.80

3.2 Atletiekbaan: Grafische tabel

Alle lampen ingeschakeld

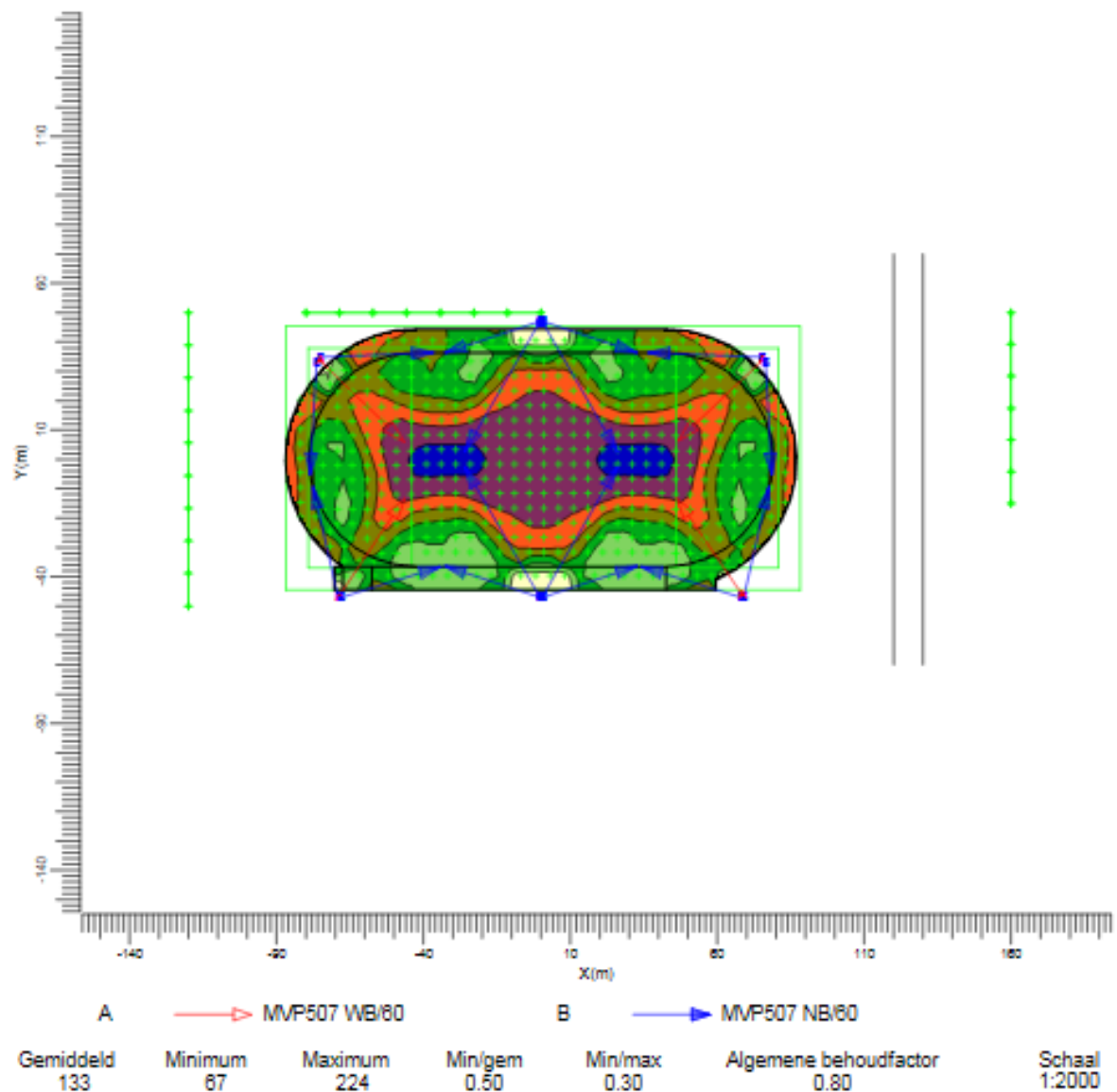
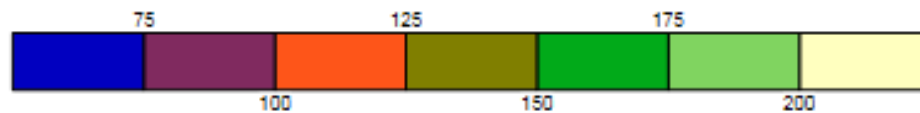
Rekenraster : Atletiekbaan op Z = -0.00 m
 Berekening : Horizontale verlichtingssterkte (lux)



3.3 Atletiekbaan: Gevuld isolijndiagram

Alle lampen ingeschakeld

Rekenraster : Atletiekbaan op Z = -0.00 m
 Berekening : Horizontale verlichtingssterkte (lux)



3.4 Sauna: Tekst-tabelAlle lampen ingeschakeld

Rekenraster	: Sauna op Y = 50.00 m								
Berekening	: Verticale verlichtingssterkte richting -Y (lux)								
Boven rekenraster	: 0.00 m								
X [m]	-0.00	-11.43	-22.86	-34.29	-45.71	-57.14	-68.57	-80.00	
Z [m]	3.80	165>	47	57	58	100	52	33	11<
	2.80	144	44	55	65	99	50	37	11
	1.80	128	44	54	71	96	50	42	12

Gemiddeld	Minimum	Maximum	Min/gem	Min/max	Algemene behoudfactor
63.5	10.5	165.3	0.17	0.06	1.00

3.5 School: Tekst-tabel

Alle lampen ingeschakeld

Rekenraster : School op X = -120.00 m
 Berekening : Verticale verlichtingsterkte richting +X (lux)
 Boven rekenraster : 0.00 m

Y [m]	50.00	38.89	27.78	16.67	5.56	-5.56	-16.67	-27.78	-38.89	-50.00
Z [m]										
5.00	0.8<	1.1	1.6	2.4	3.3	4.8	4.0	2.3	1.5	1.0
3.40	1.1	1.7	2.4	3.7	5.1	7.3	6.2	3.4	2.1	1.5
1.80	1.7	2.6	3.5	6.0	7.5	9.5>	8.1	5.3	3.4	2.3

Gemiddeld	Minimum	Maximum	Min/gem	Min/max	Algemene behoudfactor
3.57	0.81	9.45	0.23	0.09	1.00

3.6 Distributiecentrum: Tekst-tabel

Alle lampen ingeschakeld

Rekenraster : Distributiecentrum op X = 160.00 m
 Berekening : Verticale verlichtingssterkte richting -X (lux)
 Boven rekenraster : 0.00 m

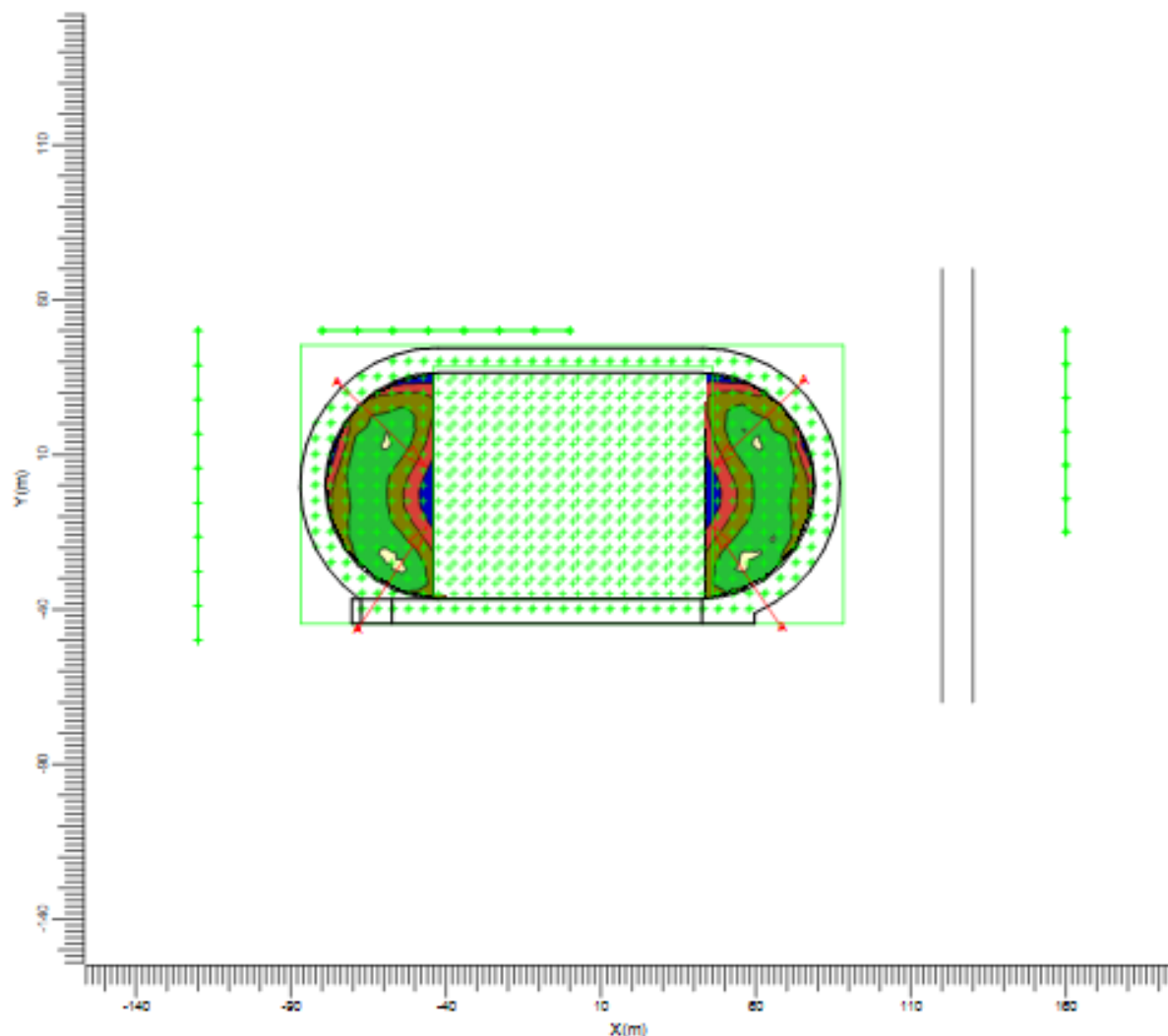
Y [m]	-15.00	-4.17	6.67	17.50	28.33	39.17	50.00
Z [m]							
9.00	0.05	0.04	0.04<	0.05	0.07	0.07	0.07
7.40	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.10
5.80	0.12	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13>

Gemiddeld	Minimum	Maximum	Min/gem	Min/max	Algemene behoudfactor
0.09	0.04	0.13	0.46	0.31	1.00

3.7 Segmenten: Gevuld isolijndiagram

Segmenten

Rekenraster : Segmenten op Z = -0.00 m
 Berekening : (Mak-) verlichtingssterkte (lux)



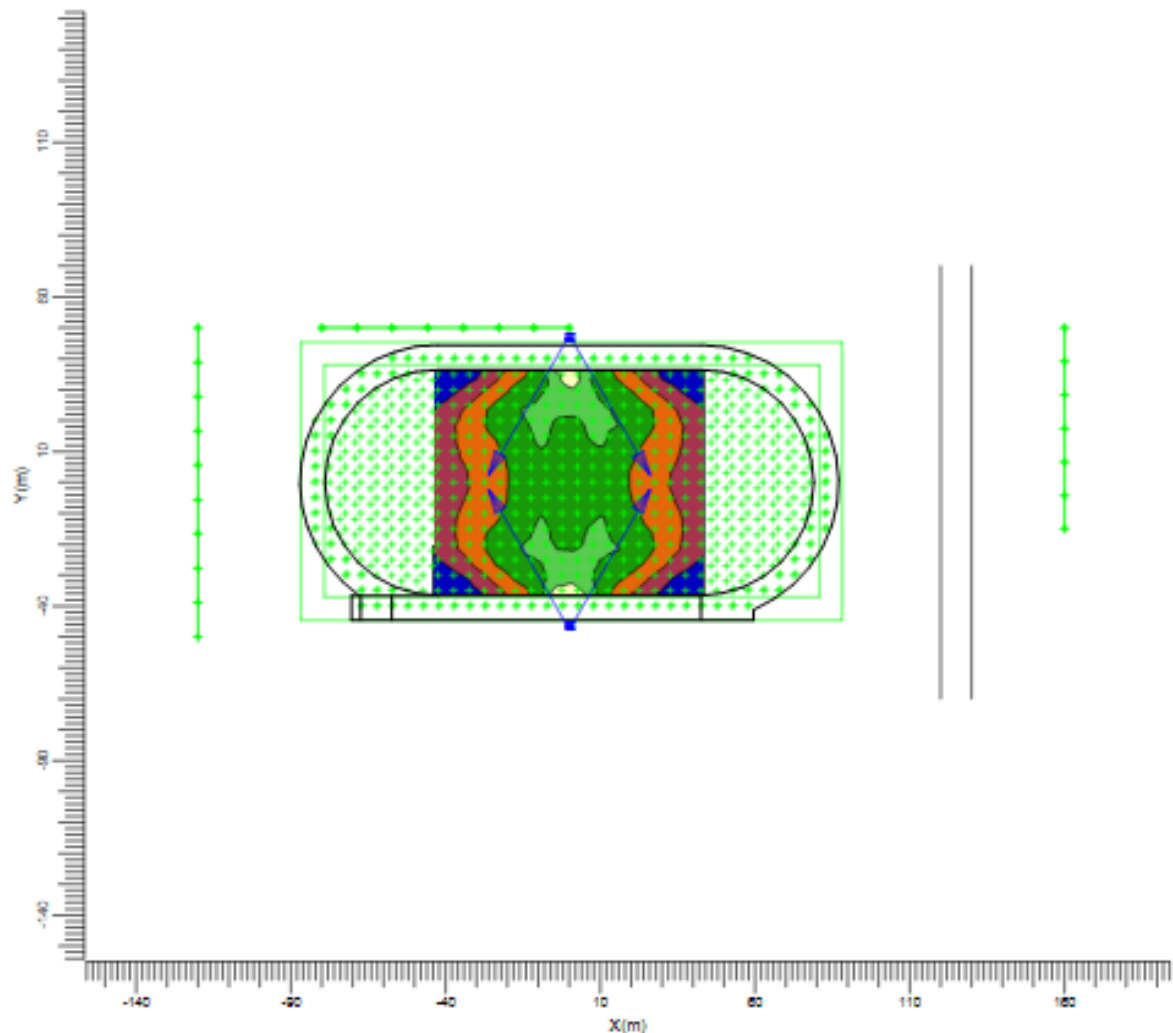
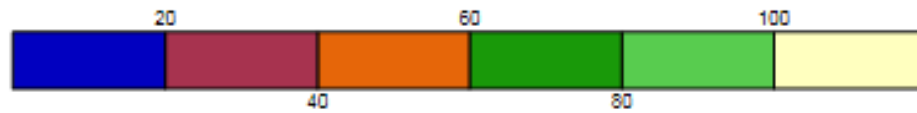
A → MVP507 WB/60

Gemiddeld	Minimum	Maximum	Min/gem	Min/max	Algemene behoudfactor	Schaal
57.3	31.2	71.9	0.54	0.43	0.80	1:2000

3.8 Binnenterrein: Gevuld isolijndiagram

Binnenveld

Rekenraster : Binnenterrein op Z = -0.00 m
 Berekening : (Mak-) verlichtingssterkte (lux)



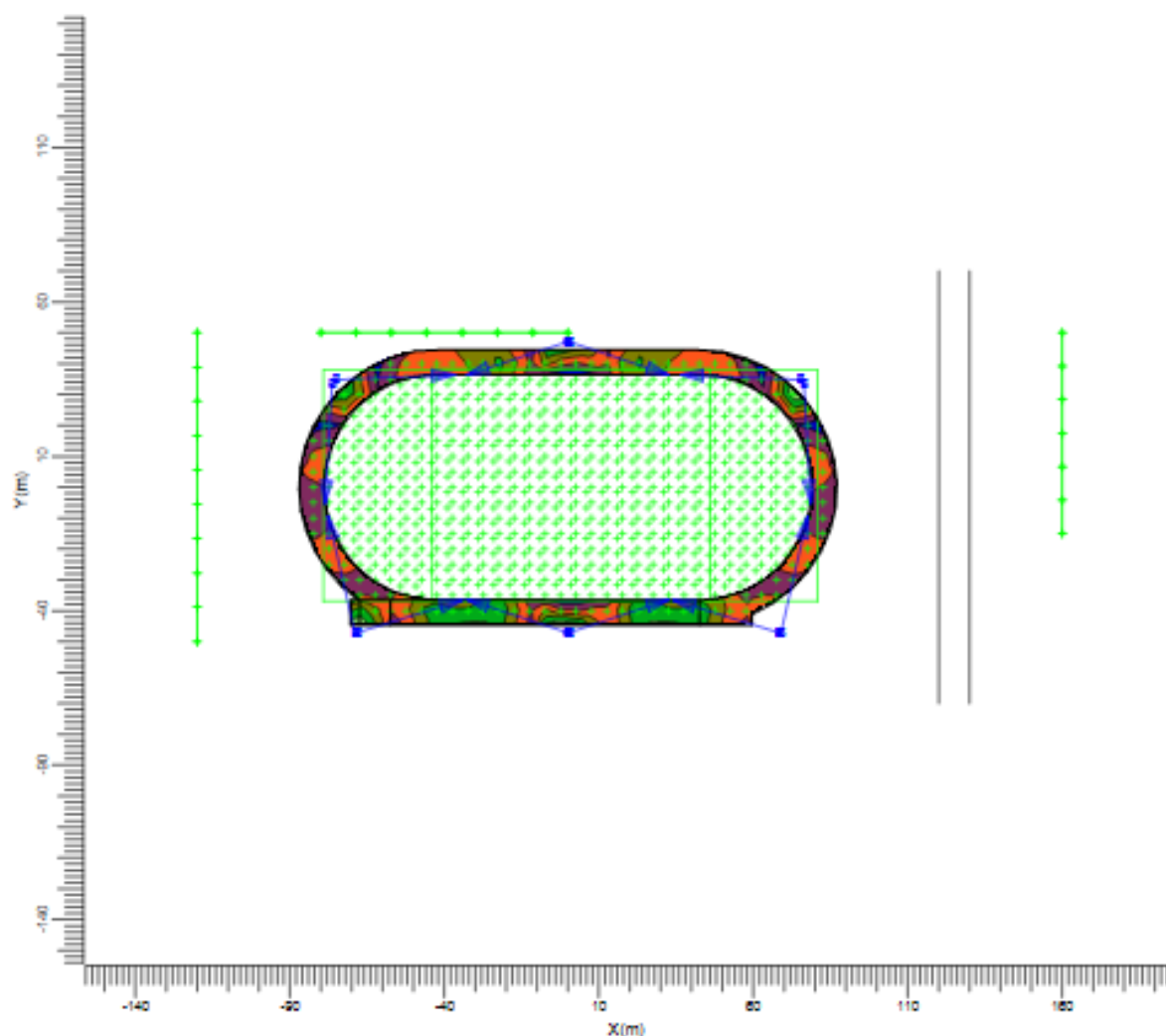
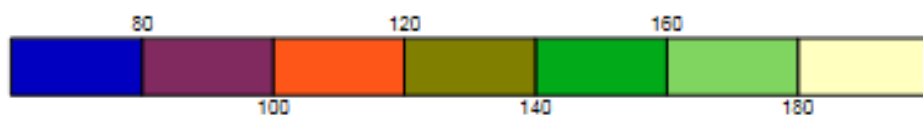
B → MVP507 NB/60

Gemiddeld	Minimum	Maximum	Min/gem	Min/max	Algemene behoudfactor	Schaal
58.5	7.6	116.3	0.13	0.07	0.80	1:2000

3.9 Buitenbaan: Gevuld isolijndiagram

Buitenbaan

Rekenraster : Free Grid op Z = -0.00 m
 Berekening : (Mak-) verlichtingssterkte (lux)



B → MVP507 NB/60

Gemiddeld	Minimum	Maximum	Min/gem	Min/max	Algemene behoudfactor	Schaal
111	74	180	0.66	0.41	0.80	1:2000

4. Armatuurgegevens

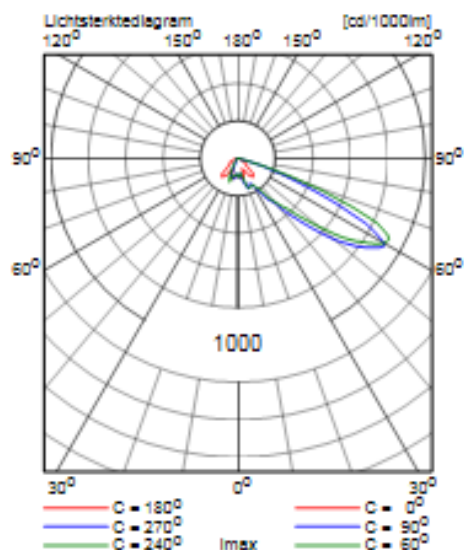
4.1 Armatuurtypen

OptiVision MVP507
MVP507 1xMHN-LA2000W/400V/842 WB/60



Armatuurrendement	
Omlaag	: 0.80
Omhoog	: 0.00
Totaal	: 0.80
Voorschakelapparaat	: Conventional
Lichtstroom / lamp	: 220000 lm
Vermogen / armatuur	: 2123.0 W
Meetcode	: LVMA107700

N.B. Dit armatuurtype is een speciale versie, afgeleid van het type met de vermelde meetcode

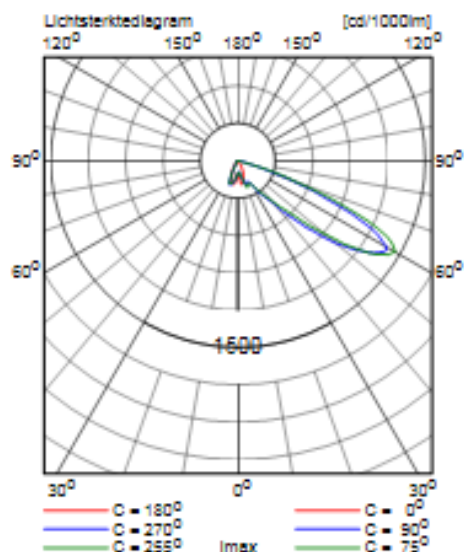


OptiVision MVP507
MVP507 1xMHN-LA2000W/400V/842 NB/60



Armatuurrendement	
Omlaag	: 0.78
Omhoog	: 0.00
Totaal	: 0.78
Voorschakelapparaat	: Conventional
Lichtstroom / lamp	: 220000 lm
Vermogen / armatuur	: 2123.0 W
Meetcode	: LVMA107800

N.B. Dit armatuurtype is een speciale versie, afgeleid van het type met de vermelde meetcode



5. Installatiegegevens

5.1 Legenda

Armatuurtypen:

Code	Aantal	Armatuurtype	Aantal x lamptype	Lichtstroom [lm]
A	4	MVP507 WB/60	1 * MHN-LA2000W/400V/842	1 * 220000
B	16	MVP507 NB/60	1 * MHN-LA2000W/400V/842	1 * 220000

Schakelstappen:

Code	Schakelstap
1	Alle lampen ingeschakeld
2	Buitenbaan
3	Segmenten
4	Binnenveld

5.2 Positie en instelrichting per armatuur

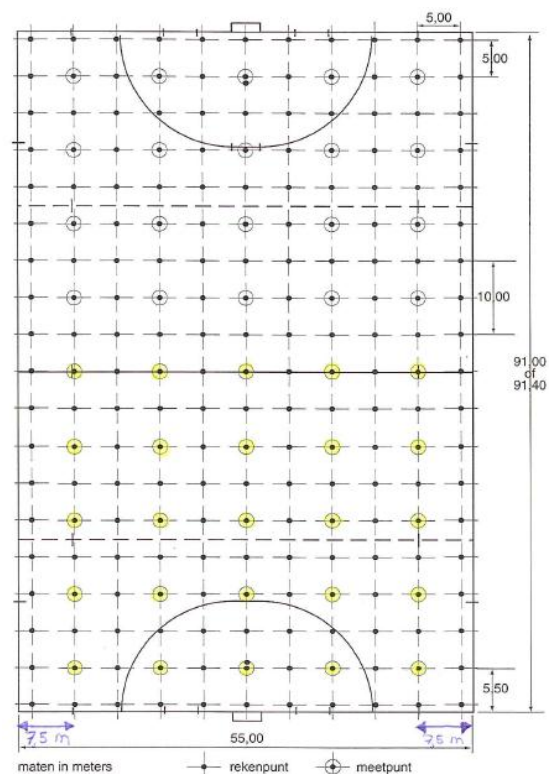
Aantal x code	Positie [m]			Instelrichting in hoeken			Schakelstap			
	X	Y	Z	Draai	Kantel90	Kantel0	1	2	3	4
1 * B	-76.37	33.28	18.00	-93.4	65.0	0.0	+	+	-	-
1 * B	-75.12	34.78	18.00	2.5	65.0	0.0	+	+	-	-
1 * A	-75.11	33.57	18.50	-44.0	65.0	0.0	+	-	+	-
1 * B	-69.00	-47.00	18.00	103.0	65.0	0.0	+	+	-	-
1 * A	-68.51	-46.34	18.50	56.0	65.0	0.0	+	-	+	-
1 * B	-68.00	-47.00	18.00	17.2	63.0	0.0	+	+	-	-
1 * B	-0.58	-46.53	18.50	120.0	70.0	0.0	+	-	-	+
1 * B	-0.58	46.53	18.50	-120.0	70.0	0.0	+	-	-	+
1 * B	-0.50	-47.00	18.00	161.8	62.0	0.0	+	+	-	-
1 * B	-0.50	47.00	18.00	-161.8	62.0	0.0	+	+	-	-
1 * B	0.50	-47.00	18.00	18.2	62.0	0.0	+	+	-	-
1 * B	0.50	47.00	18.00	-18.2	62.0	0.0	+	+	-	-
1 * B	0.58	-46.53	18.50	60.0	70.0	0.0	+	-	-	+
1 * B	0.58	46.53	18.50	-60.0	70.0	0.0	+	-	-	+
1 * B	68.00	-47.00	18.00	162.8	63.0	0.0	+	+	-	-
1 * A	68.42	-46.07	18.50	124.0	65.0	0.0	+	-	+	-
1 * B	69.00	-47.00	18.00	77.0	65.0	0.0	+	+	-	-
1 * B	75.12	34.78	18.00	177.5	65.0	0.0	+	+	-	-
1 * A	75.37	33.86	18.50	-136.0	65.0	0.0	+	-	+	-
1 * B	76.35	33.28	18.00	-86.6	65.0	0.0	+	+	-	-

A.4 – Verlichtingssterktemeting bij Hockeyclub Den Bosch

Voor het meten van de verlichtingssterkte van een hockeyveld is een patroon met meetpunten opgesteld door de NSVV. Voor een controlemeting bestaat het patroon uit 45 meetpunten, zoals weergegeven in Figuur A.10.

Werkwijze

De verlichtingssterktemeting is uitgevoerd op 7 november op veld twee van Hockeyclub Den Bosch op sportpark De Oosterplas. De velden worden bij de hockeyclub 's avonds intensief gespeeld, waardoor voor de meting slechts een half veld beschikbaar was. Dit halve veld is voorzien van LED-verlichting. De gehanteerde meetpunten zijn gemarkeerd in Figuur A.10. Tijdens de meting bleek dat echter dat het kastje om het verlichtingsniveau te regelen niet werkte. Hierdoor heeft er alleen een meting plaatsgevonden op één verlichtingssterkeniveau. De metingen zijn wederom uitgevoerd met een NI L204 verlichtingssterktemeter.

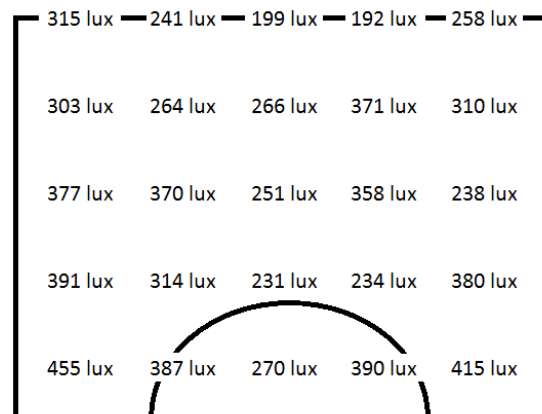


Figuur A.10 - Meetpunten hockeyveld (NSVV, 2000a)

Resultaat

De gevonden verlichtingssterktes zijn weergegeven in Figuur A.11. In het patroon van de NSVV wordt uitgegaan van 45 meetpunten, omdat de middenlijn maar één keer wordt gemeten. Om dit te verwerken in de resultaten moeten de waarden van de middenlijn één keer worden geteld en de overige waarden twee keer. Hiermee is een gemiddelde verlichtingssterkte gevonden van 319 lux. De gelijkmatigheid wordt dan:

$$Gelijkmatigheid = \frac{E_{H \text{ Min}}}{E_{H \text{ Gem}}} = \frac{192 \text{ lux}}{319 \text{ lux}} = 0,60$$



Figuur A.11 - Resultaten verlichtingssterktemeting bij HC Den Bosch

Bijlage B – Energiegebruik

B.1 – Branduren O.S.S.-VOLO

De trainingstijden van O.S.S.-VOLO zijn weergegeven in Tabel B.1 (O.S.S.-VOLO, 2013b). Gedurende de schoolvakanties wordt er niet getraind.

Tabel B.1 - Trainingstijden O.S.S.-VOLO

Dag	Tijd	Periode
Maandag	18.30 – 21.00 uur	Gehele jaar
Dinsdag	19.00 – 20.00 uur	April – september
Woensdag	<i>Geen training</i>	
Donderdag	18.30 – 21.00 uur	Gehele jaar
Vrijdag	18.30 – 19.30 uur	April – september

Om het aantal branduren van de verlichting te bepalen is een berekening uitgevoerd met deze trainingstijden. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in Tabel B.2. In de Tabel worden per maand weergegeven welke vakanties er zijn en hoe lang deze vakanties duren (Ministerie van OCW, 2013). Om te bepalen wanneer de verlichting zal worden gebruikt is gebruik gemaakt van de tijden waarop de zon ondergaat (KNMI, 2013). Bij de berekening is ervan uitgegaan dat de verlichting enkel gevoerd wordt tijdens de trainingsuren en alleen na zonsondergang.

Tabel B.2 - Bepaling brandtijd bij O.S.S.-VOLO

Maand	Dagen	Vakantie	Duur vak.	Rest. dagen	Gem. zonsond.	Verlichting v.a.	Brandtijd per dag in minuten						Uren gebruik
							Ma	Di	Do	Vr	Za	Zo	
Jan	31	Kerst	7	24	1700	1600	150	0	150	0	0	0	17
Feb	28	Carnaval	7	21	1800	1700	150	0	150	0	0	0	15
Mrt	31			31	1845	1745	150	0	150	0	0	0	22
Apr	30	Mei	7	23	2040	1940	160	20	160	0	0	0	18
Mei	31	Mei	7	24	2130	2030	70	0	70	0	0	0	8
Jun	30			30	2200	2100	0	0	0	0	0	0	0
Jul	31	Zomer	21	10	2200	2100	0	0	0	0	0	0	0
Aug	31	Zomer	21	10	2100	2000	100	0	100	0	0	0	5
Sep	30			30	2000	1900	200	60	200	60	0	0	29
Okt	31	Herfst	7	24	1845	1745	150	0	150	0	0	0	17
Nov	30			30	1645	1545	150	0	150	0	0	0	21
Dec	31	Kerst	7	24	1630	1530	150	0	150	0	0	0	17
Totaal aantal branduren per jaar													169

Bijlage C – Kosten en opbrengsten

C.1 – Subsidies

Bij een investering in LED-sportveldverlichting komt de investeerder mogelijk in aanmerking voor een aantal subsidies van de rijksoverheid. In deze bijlage zal worden ingegaan op de Energie-investeringsaftrek, de Milieu-investeringsaftrek en de Vamil.

Energie-investeringsaftrek

De Energie-investeringsaftrek (EIA) is een maatregel die belastingvoordeel biedt voor investeringen in energiebesparende bedrijfsmiddelen en duurzame energie (Agentschap NL, 2013a). De EIA biedt de mogelijkheid om 41,5% van dergelijke investeringskosten af te trekken van de fiscale winst. Onder de investeringskosten die mogen worden meegenomen vallen naast de aanschafkosten ook de voortbrengingskosten en kosten voor de aanpassingen aan bestaande bedrijfsmiddelen. De vennootschapsbelasting werkt volgens een schijventarief en bedraagt 20% voor een belastbaar bedrag tot en met 200.000 euro en 25% voor het belastbare bedrag daar boven. De EIA levert een besparing op van ongeveer 10%.

Er zijn twee voorwaarden om in aanmerking te komen voor de EIA (Belastingdienst, 2013b):

- De investering wordt gedaan door een onderneming die belastingplichtig is in Nederland.
- De investering wordt gedaan in een bedrijfsmiddel dat voldoet aan de eisen van de Energielijst.

Non-profit organisaties en particulieren hebben geen recht op EIA. Wel is het mogelijk om indirect gebruik te maken van de EIA via een leaseconstructie, waarbij de eigenaar (lessor) van het apparaat (die moet dan wel een ondernemer zijn) EIA kan aanvragen. Op de energielijst wordt, onder code 210506 onderdeel d, melding gemaakt van armaturen ten behoeve van (sport)terreinverlichting, met een specifieke lichtstroom van tenminste 84 lumen per Watt.

Milieu-investeringsaftrek en Vamil

De Milieu-investeringsaftrek (MIA) en de regeling Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (Vamil) zijn maatregelen die belastingvoordeel bieden voor investeringen in milieuvriendelijke technieken (Agentschap NL, 2013b).

De MIA biedt de mogelijkheid om 13,5%, 27% of 36% van de investeringskosten af te trekken van de fiscale winst, afhankelijk van de letter A t/m H die voor de code staat op de milieulijst bij de maatregel. De Vamil biedt de mogelijkheid om 75% van de investering af te schrijven op een moment dat het voor de investeerder het beste uitkomt. Hierdoor daalt de fiscale winst van dat jaar en daalt de belasting. Door dit snel na aanschaf te doen (eventueel al in het jaar van de aanschaf) kan liquiditeits- en rentevoordeel worden behaald.

Er zijn vier voorwaarden om in aanmerking te komen voor de MIA (BDO, 2013):

- Het bedrijfsmiddel waarin u investeert komt voor op de milieulijst die jaarlijks wordt gepubliceerd.
- U bent ondernemer voor de inkomstenbelasting of vennootschapsbelasting

Op de milieulijst wordt onder, onder code F 4181 onderdeel a, melding gemaakt van “het ’s avonds verlichten van sport- of recreatieterreinen door Led-verlichting in lichtverstrooiingsbeperkende armaturen met een specifieke lichtstroom van ten minste 84 Lumen per Watt” (Agentschap NL, 2012, p. 51). De investering valt hiermee onder de lettercode F, wat betekent dat de investeerder recht heeft op een Milieu-investeringsaftrek van 36% en op een Vamil van 75%.

Gebruik maken van de subsidies

Mocht de investering in aanmerking komen voor zowel de EIA als de MIA, dan zal er een keuze moeten worden gemaakt. Het is namelijk niet mogelijk om van beide maatregelen te profiteren.

C.2 – Opbouw energierekening

Variabele kosten

Tabel C.1 - Variabele energiekosten O.S.S.-VOLO

Kostenpost	Beschrijving kostenpost	Prijs per kWh	Referentiejaar
Elektriciteitstarief	De kosten die de elektriciteitsleverancier rekent per gebruikte kWh.	€ 0,0688 (Klein & Ouwerkerk, 2012)	2011
Energiebelasting	De belasting op de gebruikte energie. De belasting werkt volgens een schijvensysteem. Het gebruik van elektriciteitsaansluiting van het kleedgebouw (waar de sportveldverlichting onder valt) bedroeg in 2011 ongeveer 9300 kWh en bleef hiermee binnen de eerste schijf.	€ 0,12 (tot 10.000 kWh) (Rijksoverheid, 2013)	2013
BTW	Gebruiksbelasting over de uiteindelijke elektriciteitskosten. Het BTW percentage is 21% sinds 1 oktober 2012.	€ 0,04	2013
Totale variabele kosten (incl. BTW)		€ 0,23	

Vaste kosten voor een aansluiting van 3 x 80 Ampère (Enexis, 2013)

Tabel C.2 - Vaste kosten voor een aansluiting van 3x80 Ampère

Kostenpost	Kosten per jaar
Aansluitvergoeding	€ 39,00
Vastrecht transportdienst	€ 18,00
Capaciteitsafhankelijk tarief	€ 1.561,00
Systeemdiensten	€ 61,05
Meetdienst	€ 17,28
Vastrecht energie	€ 76,16
BTW (21%)	€ 377,22
Totale vaste kosten (incl. BTW)	€ 2.144,71

C.3 – Energiemeting bij HC Den Bosch

Op 26 augustus is er door Heijmans Techniek en Mobiliteit een energiemeting uitgevoerd bij Hockeyclub Den Bosch. De belangrijkste gegevens zijn weergegeven in Tabel C.3. De trainingsstand van de verlichting geeft een besparing van ongeveer twee derde ten opzichte van de conventionele verlichting.

Tabel C.3 - Resultaten van meting bij Hockeyclub Den Bosch

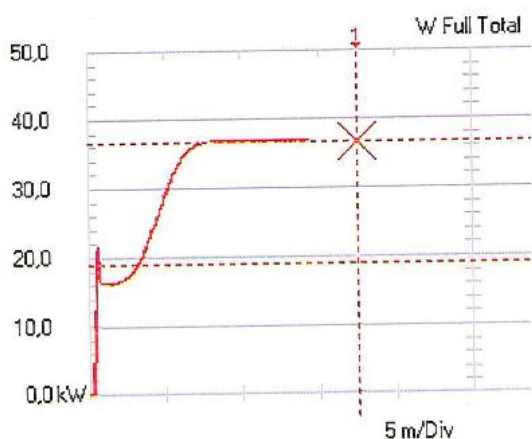
Ingeschakelde stand	Vermogen (kW)	Elektrisch vermogen (kVA)	Arbeidsfactor
Conventioneel heel veld	36,7	38,3	0,96
Conventioneel half veld	18,9	20,0	0,94
LED heel veld wedstrijdstand	26,4	onbekend	onbekend
LED heel veld trainingsstand	13,2	13,5	0,97
LED half veld trainingsstand	6,7	7,0	0,94
Strafcornerstand	9,4	10,5	0,91

Opstartenergie

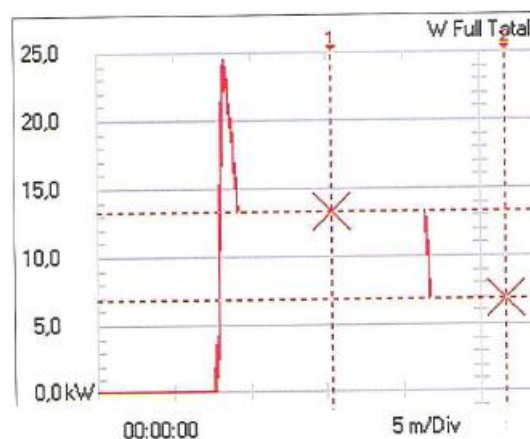
De metingen die verricht zijn bij HC Den Bosch bevestigen de grote verschillen in de manier van opstarten die bestaan tussen LED- en conventionele sportveldverlichting. Allereerst valt op dat conventionele verlichting ongeveer vier minuten nodig heeft om op te starten, terwijl LED-verlichting praktisch direct op te gebruiken is. Dit is te zien in de Figuren C.1 en C.2. hierbij moet worden vermeld dat de meting van de LED-verlichting al eerder begon dan dat het licht werd ingeschakeld. Het moment dat het vermogen van de LED-verlichting oploopt is het moment dat de verlichting werd ingeschakeld.

Daarnaast levert conventionele verlichting een elektrisch vermogen bij de opstart dat ruim tweemaal zo hoog is als van LED-verlichting. Het elektrisch vermogen wordt uitgedrukt in Voltampère. Aangezien het vermogen gelijk is wordt de aansluiting bij conventionele verlichting bij het opstarten dus ook ruim tweemaal zo zwaar belast.

Ten slotte lijkt er weinig verschil te bestaan bij de arbeidsfactor. Deze factor geeft de verhouding aan tussen het werkelijk vermogen en het schijnbaar vermogen bij wisselspanning.



Figuur C.1 - Vermogen bij opstarten conventionele verlichting



Figuur C.2 - Vermogen bij opstarten LED-verlichting

C.4 – Benodigde elektrische aansluiting bij O.S.S.-VOLO

Momenteel beschikt de atletiekvereniging over een gecombineerde aansluiting voor de kleedlokalen en de sportveldverlichting van 3x80 Ampère. Hiervan gaat 3x63 Ampère naar de sportveldverlichting.

Huidige verlichtingsinstallatie

De lampen van de huidige verlichtingsinstallatie werken op een spanning van 400 Volt. Om deze spanning te krijgen moeten de lampen zijn aangesloten op een in driehoek geschakeld driefasenet. Hierdoor is namelijk de spanning tussen twee lijndraden 400 Volt en kan hier een éénfasige gebruiker (de lamp) op worden aangesloten. “Sluit je de verbruikers in driehoek op een driefasig net aan, dan is het aan te raden de belasting gelijkmatig te verdelen over de verschillende fasen. Een beperkte asymmetrische belasting is bij deze schakeling toegestaan” (Meertens, p. 19). Vijftien van de zestien lampen kunnen symmetrisch worden aangesloten (5 op elke fase). Vervolgens kan de maximaal optredende stroomsterkte per fase worden bepaald met de onderstaande formule (Stevens, 2006):

$$I_{fase} = \frac{\text{Totaal vermogen}}{\text{Spanning} \times \sqrt{3} \times \cos \varphi}$$

In deze formule is het totaal vermogen de som van de vermogens van vijftien lampen met een individueel vermogen van 2.225 Watt. De spanning bedraagt 400 Volt en de $\cos(\varphi)$ bedraagt 0,90.

$$I_{fase\ symmetrisch} = \frac{15 \times 2.225\ \text{Watt}}{400\ \text{Volt} \times \sqrt{3} \times 0,90} = 53,5\ \text{Ampère}$$

De zestiende lamp kan niet symmetrisch worden aangesloten en heeft daardoor een afwijkende belasting:

$$I_{fase\ asymmetrisch} = \frac{\text{Vermogen}}{\text{Spanning} \times \cos \varphi} = \frac{2.225\ \text{Watt}}{400\ \text{Volt} \times 0,90} = 6,2\ \text{Ampère}$$

De maximale nominale belasting in een fase wordt dan 59,7 Ampère.

Conventionele verlichtingsinstallatie

De correctiefactor $\cos(\varphi)$ voor conventionele MHN-LA lampen bedraagt 0,95 en het vermogen van de lampen is 2123 Watt.

$$I_{fase\ symmetrisch} = \frac{\text{Totaal vermogen}}{\text{Spanning} \times \sqrt{3} \times \cos \varphi} = \frac{15 \times 2.123\ \text{Watt}}{400\ \text{Volt} \times \sqrt{3} \times 0,95} = 48,4\ \text{Ampère}$$

$$I_{fase\ asymmetrisch} = \frac{\text{Vermogen}}{\text{Spanning} \times \cos \varphi} = \frac{2.123\ \text{Watt}}{400\ \text{Volt} \times 0,95} = 5,6\ \text{Ampère}$$

De maximale nominale belasting in een fase wordt dan 54,0 Ampère.

LED-verlichtingsinstallatie

De correctiefactor $\cos(\phi)$ voor LED-lampen bedraagt 0,98. Het normale vermogen van LED-armaturen bedraagt 1600 watt, maar het is mogelijk om er 1800 watt mee te leveren. Daarom wordt deze waarde uit veiligheidsoverwegingen voor de aansluiting meegenomen.

$$I_{fase\ symmetrisch} = \frac{Totaal\ vermogen}{Spanning \times \sqrt{3} \times \cos \phi} = \frac{15 \times 1.800\ Watt}{400\ Volt \times \sqrt{3} \times 0,98} = 39,8\ Ampère$$

$$I_{fase\ asymmetrisch} = \frac{Vermogen}{Spanning \times \cos \phi} = \frac{1.800\ Watt}{400\ Volt \times 0,98} = 4,6\ Ampère$$

De maximale nominale belasting in een fase wordt dan 44,4 Ampère.

Aansluiting

De aansluiting kan niet op elk gewenst niveau worden aangebracht. De netbeheerder werkt met een beperkt aantal mogelijke aansluitingen. Als de vereniging een lagere aansluiting wil voor de verlichtingsinstallatie is de eerstvolgende mogelijkheid 3x50 Ampère en daarna komt 3x35 Ampère.

Zowel de huidige als een nieuwe conventionele verlichtingsinstallatie heeft minimaal de huidige aansluiting nodig. Bij een LED-verlichtingsinstallatie is het wel mogelijk om terug te gaan naar een aansluiting van 3x50 Ampère voor de veldverlichting. Voor de combinatie met de kleedlokalen moet dan een grotere aansluiting van 3x63 Ampère worden gekozen. In Tabel C.4 zijn de vaste kosten weergegeven voor een aansluiting van 3x63 Ampère.

Tabel C.4 – Vaste kosten voor een aansluiting van 3x63 Ampère

Kostenpost	Kosten per jaar
Aansluitvergoeding	€ 39,00
Vastrecht transportdienst	€ 18,00
Capaciteitsafhankelijk tarief	€ 1248,80
Systeemdiensten	€ 39,96
Meetdienst	€ 17,28
Vastrecht energie	€ 76,16
BTW (21%)	€ 302,23
Totale vaste kosten (incl. BTW)	€ 1741,43

C.5 – Life-Cycle Cost berekening bij O.S.S.-VOLO

Total Cost of Ownership				
Aantal branduren rondbaan verlichting	109	uur/jaar		
Aantal branduren segmenten Conventioneel	109	uur/jaar		
Aantal branduren segmenten LED	18	uur/jaar		
Aantal armaturen rondbaan	12	Armaturen		
Aantal armaturen segmenten	4	Armaturen		
Totaal aantal armaturen	16	Armaturen		
Rekenperiode	20	Jaar		
Indexeringscorrectie onderhoudskosten	1,23			
Indexeringscorrectie energiekosten	1,10			
		Conventionele verlichting	LED-verlichting	
Armatuur gegevens				
Armatuur type		MVP 507		
Lichtbron		MHN-LA		
VSA type		Hybrid		
Vermogen per armatuur (in kW)		2,123	1,600	
Dimpercentage segmenten		100%	100%	
Dimpercentage rondbaan		100%	45%	
Investeringskosten				
Aanschafkosten per armatuur	€	873	€	1.873
Bedieningssysteem	€	-	€	2.195
Aanpassing aansluiting	€	-	€	163
Rente percentage		4,5%		
Onderhoudskosten				
Vaste onderhoudskosten	€	309	€	309
Variabele onderhoudskosten	€	254	€	-
Energie				
Vaste energiekosten	€	2.145	€	1.741
Energieprijs gedurende rekenperiode (in €/kWh)	€	0,23		
Investeringskosten				
Kosten aanschaf nieuwe armaturen	€	13.968	€	29.968
Investering	€	13.968	€	32.326
Rentelasten	€	6.286	€	14.547
Totale investeringskosten	€	20.254	€	46.873
Onderhoudskosten				
Vaste jaarlijkse onderhoudskosten	€	380	€	380
Variabele jaarlijkse onderhoudskosten	€	202	€	-
Totale onderhoudskosten	€	11.634	€	7.601
Energiekosten				
Variabele jaarlijkse energiekosten segmenten	€	234	€	29
Variabele jaarlijkse energiekosten rondbaan	€	703	€	238
Vaste jaarlijkse energiekosten	€	2.360	€	1.915
Totale energiekosten	€	65.925	€	43.656
Totale kosten rekenperiode				
	€	97.813	€	98.130

Figuur C.3 - Life-Cycle Cost berekening voor LED- en conventionele verlichting bij O.S.S.-VOLO

Bijlage D – LED-sportveldverlichting op gemeentelijke schaal

D.1 – Aantal armaturen bij de verschillende typen hockey- en voetbalvelden

Tabel D.1 - Aantal armaturen bij de verschillende typen sportvelden

Vereniging	Kunstgrasvelden Voetbal		Kunstgrasvelden Hockey		Trainingsvelden		WeTra-velden		Wedstrijdvelden	
	Aant. velden	Aant. armaturen	Aant. velden	Aant. armaturen	Aant. velden	Aant. armaturen	Aant. velden	Aant. armaturen	Aant. velden	Aant. armaturen
BVV	1	8			1	6				
TGG	1	8								
Emplina	2	14			1	6				
Wilhelmina	1	8			2	9				
FC Engelen	2	10							1	6
OJC Rosmalen	3	28			2	11	1	6	1	12
BLC					1	6	1	8		
OSC '45					2	9				
RKKS SV Rosmalen					2	10				
RKV V Maliskamp					1	6	1	12	1	8
RKJV V							1	8		
CHC							2	12		
HC Den Bosch			6	96						
MHC Maliskamp			4	56						
Totaal	10	76	10	152	12	63	6	46	3	26

D.2 – Gemiddeld aantal branduren van sportveldverlichting

Branduren voetbal en hockey

Voor de bepaling van het aantal branduren op kunstgras voor zowel voetbalvelden als hockeyvelden is als uitgangspunt genomen dat er op weekdays vier uur wordt getraind tussen 17.30 en 21.30 uur en dat dit gedurende veertig weken gebeurt (Gemeente Sint-Oedenrode). Ook voor trainingsvelden van natuurgras wordt uitgegaan van vier trainingsuren gedurende veertig weken (VNG; VSG; KNVB, 2012). Hiernaast zijn er nog de zogenaamde Wedstrijdtrainingsvelden (WeTra). Op een gemiddeld WeTra-veld kan 240 uur per jaar worden getraind, wat bij een gebruik van veertig weken neerkomt op zes uur per week (Raats, 2009). Deze velden zullen vooral worden benut op de drukste twee trainingssavonden (woensdag en donderdag). Bij de berekening van het aantal branduren is aangenomen dat deze velden gedurende twee avonden worden gebruikt tussen 18.00 en 21.00 uur. Ten slotte zijn er ook nog wedstrijd velden. Deze zullen voornamelijk in het weekend worden gebruikt, maar kunnen ook voor avondwedstrijden worden gebruikt. Hiervoor is de aanname gedaan dat het aantal branduren van de verlichting gelijk is aan die van WeTra-velden. Navraag bij medewerkers van de afdeling buitensport van de gemeente leert dat het aantal branduren op trainings- en kunstgrasvelden voor voetbal in de praktijk lager blijkt te zijn. Dit heeft te maken met een hoge norm van de KNVB voor de wekelijkse trainingstijd per team. De richtlijnen voor het aantal benodigde trainingsvelden werken met kengetallen voor het bepalen van het benodigde aantal trainingsvelden. Er wordt gerekend met 8 teams van 16 personen per wedstrijd veld. Dit betekent dus 148 leden per wedstrijd veld. Totaal heeft de gemeente volgens de administratie van de afdeling Sport en Recreatie momenteel 6.129 ingeschreven leden bij de KNVB. Het aantal benodigde wedstrijd velden komt daarmee op uit op 41. De richtlijn schrijft verder voor dat er per 3 wedstrijd velden een trainingsveld beschikbaar moet zijn. Dit betekent dat de voetbalverenigingen binnen de gemeente toe zouden kunnen met 14 trainingsvelden. Door overcapaciteit zijn er echter 22 trainings- en kunstgrasvelden. De correctiefactor voor de bezettingsgraad wordt hiermee 0,64.

Tabel D.2 – Aantal branduren kunstgrasveld of natuurgras trainingsveld

Maand	Dagen	Vakantie	Duur vak.	Rest. dagen	Gem. zonsond.	Brandtijd per dag in minuten							Uren gebruik
						Ma	Di	Wo	Do	Vr	Za	Zo	
Jan	31	Winterstop	14	17	1700	240	240	240	240	240	0	0	49
Feb	28			28	1800	210	210	210	210	210	0	0	80
Mrt	31			31	1845	165	165	165	165	165	0	0	83
Apr	30			30	2040	50	50	50	50	50	0	0	39

Mei	31		31	2130	0	0	0	0	0	0	0	22
Jun	30	Zomerstop	21	9	2200	0	0	0	0	0	0	3
Jul	31	Zomerstop	31	0	2200	0	0	0	0	0	0	0
Aug	31	Zomerstop	14	17	2100	30	30	30	30	30	0	18
Sep	30			30	2000	90	90	90	90	90	0	54
Okt	31			31	1845	165	165	165	165	165	0	83
Nov	30			30	1645	240	240	240	240	240	0	86
Dec	31	Winterstop	31		1630	240	240	240	240	240	0	89
												471
Totaal aantal branduren na toepassen van correctiefactor voor voetbalvelden (0,64)												301

Tabel D.3 - Aantal branduren WeTra-veld en wedstrijdveld

Maand	Dagen	Vakantie	Duur vak.	Rest. dagen	Gem. zonsond.	Verlichting v.a.	Brandtijd per dag in minuten							Uren gebruik
							Ma	Di	Wo	Do	Vr	Za	Zo	
Jan	31	Winterstop	14	17	1700	1600	0	0	180	180	0	0	0	15
Feb	28			28	1800	1700	0	0	180	180	0	0	0	24
Mrt	31			31	1845	1745	0	0	135	135	0	0	0	20
Apr	30			30	2040	1940	0	0	20	20	0	0	0	3
Mei	31			31	2130	2030	0	0	0	0	0	0	0	0
Jun	30	Zomerstop	21	9	2200	2100	0	0	0	0	0	0	0	0
Jul	31	Zomerstop	31	0	2200	2100	0	0	0	0	0	0	0	0
Aug	31	Zomerstop	14	17	2100	2000	0	0	0	0	0	0	0	0
Sep	30			30	2000	1900	0	0	60	60	0	0	0	9
Okt	31			31	1845	1745	0	0	135	135	0	0	0	20
Nov	30			30	1645	1545	0	0	180	180	0	0	0	26
Dec	31	Winterstop	31		1630	1530	0	0	180	180	0	0	0	27
Totaal aantal branduren per jaar														142

Branduren tennis

Van een tennisvereniging kan in principe elke avond van de week gebruik worden gemaakt tot 23.00 uur. Vooral in de wintermaanden zal de bezetting lager zijn door het mindere weer. De bezetting bedraagt in de maanden oktober t/m maart ongeveer 30% van de bezetting in de overige maanden (Koninklijke Nederlandse Lawn Tennis Bond [KNLTB], 2009). Per verlichte tennisbaan kunnen ongeveer 90 leden tennissen (KNLTB), terwijl uit ledenaantallen en verenigingsgegevens blijkt dat dit aantal in de gemeente op gemiddeld 75 ligt. Op basis hiervan is een bezettingsgraad gevonden van 83% voor de maanden april t/m september en een bezettingsgraad van 25% voor de maanden oktober t/m maart.

Tabel D.4 - Aantal branduren Tennisbaan

Maand	Dagen	Correctiefactor	Gem. zonsond.	Brandtijd per dag in minuten							Uren gebruik
				Ma	Di	Wo	Do	Vr	Za	Zo	
Jan	31	25%	1700	90	90	90	90	90	90	90	47
Feb	28	25%	1800	75	75	75	75	75	75	75	35
Mrt	31	25%	1845	68	68	68	68	68	68	68	35
Apr	30	83%	2040	129	129	129	129	129	129	129	65
Mei	31	83%	2130	85	85	85	85	85	85	85	44
Jun	30	83%	2200	50	50	50	50	50	50	50	25
Jul	31	83%	2200	50	50	50	50	50	50	50	26
Aug	31	83%	2100	100	100	100	100	100	100	100	51
Sep	30	83%	2000	149	149	149	149	149	149	149	75
Okt	31	25%	1845	68	68	68	68	68	68	68	35
Nov	30	25%	1645	98	98	98	98	98	98	98	49
Dec	31	25%	1630	101	101	101	101	101	101	101	52
Totaal aantal branduren per jaar											538

D.3 – Energiebesparing door LED-armaturen bij voetbal-, hockey- en tennisverenigingen

De statische besparing bij voetbalverenigingen kan worden bepaald door het vermogen van LED-lampen te vergelijken met de conventionele lampen:

$$\text{Statische besparing} = \frac{2.123 - 1.600}{2.123} \times 100\% = 25 \text{ procent}$$

Deze statische besparing is van toepassing op de trainingsvelden (de conventionele verlichting is hier ook op trainingsniveau ingesteld) en de wedstrijdvelden (hier is verlichting op wedstrijdniveau nodig). Een standaardverlichtingsplan voor voetbal gaat uit van een gemiddelde verlichtingssterkte van 130 lux. De richtlijn voor trainingsverlichting vereist echter maar 75 lux (NSVV, 2000b), waardoor een aanvullende besparing van 42% kan worden behaald. De totale besparing door dynamisch schakelen wordt dan:

$$\text{Besparing} = 25\% + 42\% \times 75\% = 57 \text{ procent}$$

Deze besparing kan worden behaald op de WeTra- en de kunstgrasvelden, waar een wedstrijdverlichting aanwezig is en tijdens de avonduren vooral zal worden getraind.

Tabel D.5 - Energiebesparing door het plaatsen van LED-armaturen bij alle voetbal-, tennis- en hockeyverenigingen

Type veld	Aantal conventionele armaturen	Aantal branduren	Vermogen conventioneel armatuur	Energiegebruik conventionele verlichting (MWh)	Besparings-percentage	Energiebesparing door LED-verlichting (MWh)
Kunstgrasveld (voetbal)	76	301	2123	48,6	57%	27,7
Kunstgrasveld (hockey)	152	471	2123	152,0	64%	97,3
Natuurgras trainingsveld	60	301	2123	40,3	25%	10,1
Natuurgras WeTra-veld	46	142	2123	13,9	57%	7,9
Natuurgras wedstrijdveld	26	142	2123	7,8	25%	2,0
Tennisbaan	202	538	2123	230,7	64%	147,7
Totaal				493,2		292,5