



Verduurzamingstool LED

Gebruikershandleiding



Verduurzamingstool LED

Gebruikershandleiding

Delft, CE Delft, maart 2020

Publicatienummer: 20.190379.038

Verlichting / Duurzaamheid / Energieverbruik / Rekenmodel

Deze notitie is opgesteld door:

Martijn Blom en Fenneke van de Poll (CE Delft)

Rianne van der Veen, Robbin Heijerman en Edwin Veldkamp (Tauw)

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



1 Inleiding

Openbare verlichting heeft primair tot doel een bijdrage te leveren aan sociale veiligheid en verkeersveiligheid. Door energiezuinige alternatieven, zoals LED-lichtbronnen en dimapparatuur, kunnen ambities uit gemeentelijke klimaatplannen concreet worden ingevuld.

In openbare verlichting is veel winst te behalen qua energieverbruik en duurzaamheid van materialen en tegelijkertijd kosten over de levensduur te verminderen. Gemeenten hebben bij de vernieuwingsopgave van openbare verlichting veel opties om uit te kiezen. Om beleidskeuzes voor verLEDding makkelijker te maken, heeft de VNG samen met CE Delft en Tauw een tool ontwikkeld.

Met de tool kunnen vragen worden beantwoord zoals:

- Hoeveel energiebesparing en CO₂-besparing wordt behaald met verLEDden?
- Wat is de Total Cost of Ownership (TCO) van de verschillende varianten?
- Welke besparing kan worden behaald met statisch en dynamisch dimmen?
- Wat zijn de kosten en baten van versneld verLEDden?
- Wat zijn maatschappelijke besparingen door met een CO₂-prijs te rekenen?

Dit document begeleidt de gebruiker bij het toepassen van de tool en geeft meer achtergrondinformatie bij de gehanteerde aannames en kengetallen.

2 Waar te vinden?

De LED-tool is toegankelijk via de website:

ledtool.vng.nl

3 Voor wie?

De tool is bedoeld voor inkopers en duurzaamheidsmanagers bij gemeenten die CO₂-reductie mee willen wegen bij de inkoop van openbare verlichting¹. De tool geeft basisinformatie over kosten en baten van verschillende LED-scenario's bijvoorbeeld ten behoeve van beleidskeuzes in de openbare verlichting. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een verlichtingsareaal dat door de gebruiker kan worden aangepast.

Vorbereiden van een aanbesteding met MKI



Voor het voorbereiden van een concrete aanbesteding adviseren wij de handleiding circulair inkopen te gebruiken. Deze handleiding begeleidt de gebruiker om de Milieukostenindicator (MKI) uit te vragen bij een aanbesteding.

[Openbare verlichting : Inkopen & MKI](#)

¹ Daarbij is de tool niet bedoeld om een concrete aanbesteding voor te bereiden.

4 Functionaliteiten van het model

Inleiding

Met LED-technieken in combinatie met nieuwe dim- en schakeltechnologie valt flink te besparen op energiekosten. Daarnaast heeft LED een langere levensduur. Zonder dat dit negatieve effecten heeft op de primaire doelstelling om bij te dragen aan veiligheid en leefbaarheid kan relatief eenvoudig worden overgestapt op LED-OVL.

LED is als lichtbron duurzamer vanwege het lage energiegebruik, de mogelijkheid tot dimmen en de lange levensduur. LED is voor vrijwel alle lichtpunten, zowel nieuw als vervanging, een goede optie.

Een belangrijk aspect waarmee rekening moet worden gehouden is dat bij aanschaf de investeringen vaak hoger zijn dan vergelijkbare apparatuur met conventionele lichtbronnen. De hogere investeringskosten worden veelal niet terugverdiend, maar kunnen met een interne CO₂-prijs wel interessanter worden. Dat kan bijvoorbeeld gemotiveerd worden vanuit de *in euro's* gewaardeerde bijdrage aan het klimaatbeleid (bespaarde kosten van klimaatbeleid). Zo kan versneld verLEDden afgewogen worden met klimaatmaatregelen uit andere beleidsdomeinen.

Een andere manier van energie besparen is het verwijderen van verlichting, of het dimmen van lichtbronnen die hiervoor geschikt zijn. Binnen dit laatste concept wordt licht op maat aangeboden, waarbij alleen op die momenten en locaties wordt verlicht als verlichting op dat moment ook functioneel is. Het nominale lichtniveau wordt met dim-elektronica afgestemd op het weggebruik tijdens spitsuren. Na spitstijd kan de verlichting naar een aanzienlijk lager niveau terug gedimd worden.

Tenslotte kan gekeken worden naar de CO₂-emissie die samenhangt met het materiaalverbruik door in het vervangingsmanagement rekening te houden met de resterende levensduur. Retrofit kan dan worden toegepast wanneer er nog sprake is van een voldoende lange resterende levensduur. Als de resterende levensduur beperkt is, kan een complete armatuur vervangen worden.

Model

Het LED-model stelt de gebruiker in staat om voor een eigen verlichtingsareaal verschillende verduurzamingsscenario's door te rekenen en te vergelijken met een referentie.

De referentie is niet hetzelfde als *niets doen*. Ook voor de instandhouding van het areaal hanteren gemeenten vervangingsintervallen. De vervangingsintervallen worden gehanteerd in budget- en planvorming. Bij normale vervanging ligt het voor de hand om conventionele lichtbronnen meteen te vervangen door LED, vanwege de evidente voordelen zoals lager energiegebruik en langere levensduur.

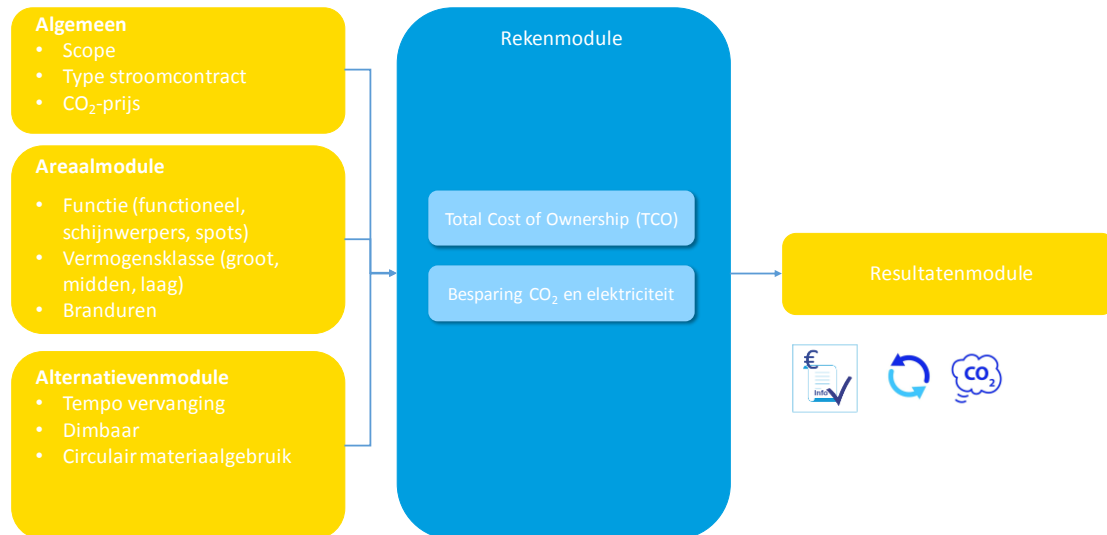
De referentie is niet hetzelfde als 'niets doen'. Ook standaard worden conventionele lichtbronnen al vervangen door LED. De tool is bedoeld om de effecten van versnelde vervanging in beeld te brengen.

Strategieën voor verLEDding gaan dan ook uit van een versnelling van dit tempo ten opzichte van vervanging op natuurlijke momenten. Per saldo wordt daarmee eerder in de tijd de transitie naar LED gerealiseerd en daarmee worden besparingen op het energiegebruik naar voren gebracht.



Figuur 1 geeft een overzicht van het model.

Figuur 1 - Overzicht van architectuur van het model



In Bijlage A worden de modules toegelicht.

5 Instructie rekenmodules aan de hand van casus

Hierna volgt een instructie voor het invullen van de rekenmodule. Er volgt een beschrijving wat u per invoveld moet invullen aan de hand van een casus.

Stel, u bent een middelgrote gemeente die al een aantal lichtpunten heeft verLED in uw areaal. U bent geïnteresseerd wat voor opties er naast het vervangen van conventionele verlichting door LED-verlichting nog meer mogelijk zijn en wat hiervan de kosten en de baten zijn.

In het eerste veld 'Rekenopties' kunt u aangeven welke opties u graag wilt doorrekenen. Bent u alleen geïnteresseerd in versneld vervangen, dan klikt u alleen het eerste vinkje aan. In het geval u geïnteresseerd bent in alle mogelijkheden van de tool klikt u alle vinkjes aan.

Rekenopties

Door te rekenen strategieën: ⓘ

- Gewenste vervanging door led
- Retrofit en armatuur vervanging
- Dimmen

Extra optie: ⓘ

- CO₂-uitstoot masten

Daarna volgt het veld 'Referentiescenario'. In dit referentiescenario geeft u aan hoe uw huidige verlichtingsareaal eruit ziet.

- 'Aantal lichtpunten'. In deze tabel geeft u per vermogenscategorie en type lichtmast aan hoeveel lichtpunten u heeft. De vermogenscategorieën zijn aangegeven in Watt. Er zijn drie typen lichtmasten. Functionele lichtmasten bevatten alle reguliere lichtmasten aan wegen en in woonwijken. Decoratieve lichtmasten zijn lichtmasten die een decoratieve uitstraling hebben. Dit zijn vaak masten die in een centrum staan of op een andere locatie waar zij het straatbeeld 'decoreren'. Vaak is dit maar een laag percentage. Tot slot zijn er schijnwerpers/spots. Dit zijn lichtpunten die bedoeld zijn om een gebouw te verlichten. Niet alle gemeenten hebben deze type lichtpunten. Deze lichtpunten kunnen verwerkt zijn in de straat of zijn vaak laag op de grond aangebracht.
- Daarnaast kunt u per vermogenscategorie aangeven welk *aandeel van uw areaal al verLED is*. Indien u al een deel verLED heeft in uw gemeente, is de resterende opgave kleiner.

In onze casus ziet de ingevulde tabel er zo uit:

Referentiescenario				
Aantal lichtpunten ¹				
Vermogen conventionele armaturen	Functioneel ¹	Decoratief ¹	Schijnwerpers/spots ¹	Aandeel al verled (%)
0 - 35 Watt	2250	1250	100	20
36 - 55 Watt	8500	1250	200	20
56 - 100 Watt	8000	1250	200	20
> 100 Watt	2000	0	0	20
Totaal	20750	3750	400	

Vervolgens kunt u bij 'Overig' andere informatie over uw huidige beleid invullen.

- *Huidig percentage vervanging per jaar naar LED*
In alle gemeenten is er beleid dat conventionele lampen die stuk gaan (of zijn afgeschreven), vervangen worden door LED-verlichting. In dat geval vult u het percentage in dat jaarlijks vervangen wordt. Het is dus belangrijk dat u rekening houdt met de leeftijd en gemiddelde vervanging van uw areaal. Indien in uw gemeente al sprake is van een versnelde vervanging (als de lamp nog niet afgeschreven is) vult u het percentage in voor de nieuwe situatie; indien u op dit moment nog helemaal geen lampen naar LED-verlichting vervangt vult u 0% in.
Let op: dit percentage heeft betrekking op het volledige areaal.
- *Type stroomcontract*
Hier vult u in wat voor stroomcontract u op dit moment heeft afgesloten in uw gemeente. Uiteraard gaat dit over het type stroomcontract dat geldt voor het elektriciteitsverbruik door uw verlichting. Indien u hier geen gegevens over hebt, kunt u ook het stroomcontract dat geldt voor uw gemeentelijke gebouwen o.i.d. aanvinken.

Indien u hier ook geen informatie over hebt, kunt u het beste een grijs contract invullen (dit is een standaard stroomcontract).

Het type stroomcontract heeft invloed op de CO₂-besparing die de LED-verlichting oplevert. Indien u al een groen stroomcontract heeft, stoot het elektriciteitsverbruik in principe minder CO₂ uit en levert een verLEDding van uw lichtareaal wel elektriciteitsbesparing op, maar minder CO₂-besparing.

– *CO₂-prijs*

Om de waarde van CO₂-uitstoot te kunnen vergelijken met andere kosten en baten kan deze worden omgerekend naar euro's door middel van een CO₂-prijs. In deze tool kunt u de baten van de CO₂-besparing door verLEDding terug vinden in de output bij 'Maatschappelijke baten'. De hoogte van deze baten wordt bepaald door de waarde die uw gemeente geeft aan (het vermijden van) een ton CO₂-uitstoot. Er zijn in de tool vijf invulopties, variërend van 25 t/m 700 euro per ton CO₂. De standaardwaarde die het meest gebruikt wordt in Nederland is 100 euro. Voor meer achtergrond hierover zie 'Gehanteerde aannames en kentallen' (Bijlage B).

– *Reikwijdte CO₂-berekening*

In deze tool heeft u de mogelijkheid om te kiezen of u alleen de CO₂-uitstoot wilt meerekenen die wordt uitgestoten in de gebruikersfase (d.m.v. elektriciteitsverbruik) of dat u de gehele levensduur mee wilt nemen. De gehele levensduur bevat de CO₂-uitstoot die veroorzaakt wordt bij productie, transport, bouw, gebruik, onderhoud, sloop en transport en verwerking van LED-verlichting. Deze getallen zijn berekend door Ecochain Technologies. Wij adviseren om voor 'Gehele levensduur' te kiezen omdat u zo meer inzicht krijgt in de uitstoot van LED-verlichting over de gehele (productie)keten en niet alleen het gebruik. Voor meer achtergrond hierover zie 'Gehanteerde aannames en kentallen' (Bijlage B).

– *Rentepercentage*

Alle investeringskosten zijn in de tool omgerekend naar jaarlijkse kosten op basis van de levensduur en een rentepercentage (met een jaarbedrag). Dit rentepercentage kunt u hier invullen. Dit rentepercentage is dus het bedrag dat betaald moet worden over de aflossing van investeringskosten. Indien dit voor uw gemeente niet het geval is, kunt u hier 0% invullen. De standaardwaarde in de tool is 3%, dit is de standaard discontovoet in maatschappelijke analyses (Werkgroep Discontovoet, 2015), maar u kunt dit dus naar eigen inzicht aanpassen.

– *Startjaar nieuw beleid*

Hier kunt u invullen vanaf wanneer u begint met een versneld vervangingspercentage en de andere verLEDdingsopties. Het startjaar geldt als het eerste jaar wanneer u de gewenste vervanging toepast. Vanaf het startjaar rekent de tool 22 jaar. Dit komt overeen met de levensduur van een armatuur.



Voor onze casus hebben wij de tool als volgt ingevuld:

Overig

Huidig percentage vervanging per jaar naar LED ⓘ

Type stroomcontract ⓘ

Groen (green deal)
 Groen (Nederlandse GVO)
 Groen (buitenlandse GVO)
 Grijs

CO₂-prijs (€/tCO₂) ⓘ

25
 50
 100
 400
 700

Rijkwijdte CO₂-berekening ⓘ

Alleen de gebruiksfase
 Gehele levensduur

Rentepercentage ⓘ

Startjaar nieuw beleid ⓘ

Na het invullen van het referentiescenario (uw huidige beleid) heeft u de mogelijkheid om verschillende 'strategieën' door te rekenen. Deze strategieën zijn trapsgewijs: u heeft telkens de mogelijkheid om 1 extra aspect aan te passen. Hierdoor kunt u de effecten van uw aanpassing gemakkelijk terugvinden in de resultaten door deze telkens met het vorige scenario/de strategie te vergelijken.

In deze tool zijn er drie strategieën:

1. Gewenste vervanging door LED.
2. Retrofit- en armatuurvervanging.
3. Dimmen.

Dit houdt dus in dat u in de eerste strategie alleen het vervangingstempo aanpast. In de tweede strategie houdt u dat versnelde tempo vast en kunt u ook de verhouding van retrofit- en armatuurvervangingen aanpassen. In het derde scenario houdt u het gewenste vervangingstempo en de verhouding retrofit- en armatuurvervangingen vast en kunt u aangeven of u een deel van uw lampen wilt gaan dimmen.

Voor alle drie de strategieën geldt dat u uw huidige beleid invult en wat u in de strategie zou willen aanpassen.

– **Gewenste vervanging door LED**

Dit is het percentage van uw areaal dat u jaarlijks wenst te verLEDden. Indien uw huidige beleid gebaseerd is op de vervanging van lichtpunten die afgeschreven zijn/ kapot gaan, zal dit percentage hoger zijn. Dit houdt dus in dat u lampen vervroegd afschrijft. Indien u dit beleid al toepast, kunt u ook een lager vervangingspercentage invullen.

Gewenste vervanging door LED

Gewenste vervanging per jaar naar LED ⓘ

– **Retrofit en armatuurvervanging**

Er zijn verschillende vervangingsmogelijkheden. Als alleen de lamp aan vervanging toe is en de armatuur nog voldoende resterende levensduur heeft, kan een gemeente ervoor kiezen om te ‘retrofitten’. Dit houdt in dat een LED-lamp of LED-ombouwunit op de plek van de conventionele lamp wordt geïnstalleerd. Een armatuurvervanging houdt in dat de complete armatuur wordt vervangen. In de tool moet u invullen wat uw huidige vervangingsstrategie is en kunt u middels de tool de resultaten zien als u een andere vervangingsstrategie toepast.

Let op: het is van belang dat de percentages op 100% uitkomen!

Retrofit en armatuur vervanging

	Huidig	Nieuwe strategie
Aandeel vervanging door retrofit lamp	<input type="text" value="75"/>	<input type="text" value="50"/>
Aandeel vervanging door retrofit module (LED ombouwunit)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="25"/>
Aandeel vervanging volledige armatuur	<input type="text" value="25"/>	<input type="text" value="25"/>
Totaal	100	100

– **Dimmen**

Hier kunt u de effecten zien van dimmen. Bij de linker kolom vult u weer in wat uw huidige beleid is (of u op dit moment al LED-lampen vervangt die voorzien zijn van een dimmer). Bij ‘nieuwe strategie’ vult u in hoe u wenst te vervangen. Dimmen kost wat extra, maar levert ook een extra elektriciteitsbesparing op.

Statisch dimmen houdt in dat er gedurende een vaste vensterperiode tussen 23.00 en 05.00 uur minder licht wordt aangeboden. Hierdoor vindt een energiebesparing plaats van gemiddeld 13% per lichtbron.

Dynamisch dimmen houdt in dat de hoeveelheid licht wordt afgestemd op basis van de verkeersintensiteit. De besparing die hiermee kan worden bereikt, bedraagt 30% per lichtbron en is gebaseerd op een gemiddelde van dimsituaties in Nederland.

Dimmen		
Verdeling dimmen ⓘ		
	Huidig	Nieuwe strategie
Aandeel dynamisch dimmen	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="30"/>
Aandeel statisch dimmen	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="60"/>
Aandeel niet dimmen	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="10"/>
Totaal	100	100

Mastenmodule

Naast de verschillende rekenopties in de tool is er ook een aparte mastenmodule opgenomen. Hierin kunt u aangeven hoeveel masten u wenst te vervangen en in welke materiaalsoort. Vervolgens geeft de tool u de CO₂-uitstoot per categorie en in totaal. Deze module is optioneel voor degene die meer inzicht wenst in de CO₂-footprint van de vervanging van masten.

In de module geeft u aan hoeveel masten u wenst te vervangen per hoogte. Indien u geen informatie heeft over hoe hoog de masten zijn die vervangen moeten worden, kunt u gebruik maken van het veld 'Gemiddeld 4-10 meter'.

CO ₂ -uitstoot masten		
Hoogte ⓘ	Aantal aluminium	Aantal staal
4 meter	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/>
6 meter	<input type="text" value="150"/>	<input type="text" value="150"/>
8 meter	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10 meter	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Gemiddeld 4-10 meter	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="200"/>
Totaal	450	450

Output

De output is onderverdeeld in drie categorieën. Allereerst worden de absolute kosten gegeven van het referentiescenario en de drie strategieën. Hieronder vallen:

- *Total Costs of Ownership (TCO)*. Dit zijn de totale kosten over de gehele levensduur van verlichting. Hierin worden meegenomen: de investering, de elektriciteitskosten en het onderhoud. De investering hangt samen met de keuze van de lamp, de elektriciteitskosten met het stroomcontract en of er een dimmer aanwezig is. Het onderhoud is gelijkgetrokken voor alle lampen.
- *Jaarlijkse kosten*. Dit zijn de TCO gedeeld door de periode. Dit is dus een gemiddelde, in werkelijkheid nemen de jaarlijkse kosten toe totdat het volledige areaal verLED is. Voor de tool is gekozen om te rekenen met een periode van 22 jaar (dit is overeenkomstig met de levensduur van een armatuur). In de grafiek onder de tabel zijn de jaarlijkse kosten over de tijd heen te zien.

Resultaat strategieën

	Referentie	Gewenste vervanging door led	Retrofit en armatuur vervanging	Dimmen
Total Costs of Ownership (TCO) (cumulatief) i	€ 14107355	€ 15447332	€ 17490003	€ 17796157
Jaarlijkse kosten i	€ 641243	€ 702151	€ 795000	€ 808916

Verschil ten opzichte van het referentiescenario

Deze drie uitkomsten geven het verschil weer van de drie strategieën t.o.v. het referentiescenario. Het nut van deze uitkomsten is dat zo in één opslag duidelijk wordt hoe de strategieën van elkaar verschillen en wat baten zijn t.o.v. het referentiescenario.

Er worden drie variabelen weergegeven:




- *Totale besparing elektriciteitsverbruik (MWh)*. Dit is de totale elektriciteitswinst die wordt behaald in de strategieën t.o.v. het referentiescenario. Als dit getal negatief is, betekent dit dat de strategie minder elektriciteit bespaart dan het referentiescenario. De besparing wordt weergegeven in MWh. Het jaarlijkse elektriciteitsverbruik wordt weergegeven in de grafiek onder de tabel.
- *CO₂-besparing*. Dit is de totale CO₂-uitstoot, uitgedrukt in tonnen, die wordt bespaard in elke strategie t.o.v. het referentiescenario.
- *Maatschappelijke baten*. Dit is de som van de bespaarde CO₂-uitstoot maal de waarde die de gebruiker heeft gehangen aan CO₂ door middel van de CO₂-prijs. Dit zijn dus de maatschappelijke baten die behaald worden in elke strategie t.o.v. het referentiescenario.

Verschil t.o.v. referentiescenario				
Totale besparing elektriciteitsverbruik (MWh) i	-	9605	9605	21362
CO ₂ -besparing (ton CO ₂) i	-	3242	3190	6615
Maatschappelijke baten (€) i	-	€ 324182	€ 318993	€ 661504

Verschil t.o.v. huidig elektriciteitsverbruik

Hierin worden de totale baten getoond van zowel het referentiescenario als de drie strategieën. Waar de hierboven genoemde resultaten vooral het verschil lieten zien tussen het referentiescenario en de drie strategieën, laten deze resultaten de totale baten zien. Deze baten zijn berekend t.o.v. het huidige elektriciteitsverbruik, oftewel als men niks zou doen en kapotte lampen gewoon zou vervangen met conventionele verlichting.

- *Totale besparing elektriciteitsverbruik (MWh)*. Dit is dus de totale elektriciteitsbesparing die te behalen valt t.o.v. een periode van 22 jaar waarin men geen extra lampen door LED vervangt.
- *CO₂-besparing*. Dit is de totale CO₂-besparing die te behalen valt t.o.v. het huidig elektriciteitsverbruik.
- *Maatschappelijke baten*. Dit zijn de totale maatschappelijke baten die te behalen vallen in zowel het referentiescenario als de drie strategieën t.o.v. het huidig elektriciteitsverbruik.

Verschil t.o.v. huidig elektriciteitsverbruik				
Totale besparing elektriciteitsverbruik (MWh) 	23212	32817	32817	44574
CO ₂ -besparing (ton CO ₂) 	5125	8367	8315	11740
Maatschappelijke baten (€) 	€ 512536	€ 836719	€ 831529	€ 1174040

Grafieken

Naast de tabel zijn er ook drie grafieken die het tijdspad weergeven van het referentiescenario en de strategieën.

- *Totale jaarlijkse kosten*. Deze grafiek laat de jaarlijkse kosten zien van de gekozen strategieën. Het is van belang om te realiseren dat de investeringskosten zijn omgerekend naar jaarlijkse kosten. Dit betekent dat de investering is verdeeld over de levensduur (en indien ingevuld vermenigvuldigd met een rentepercentage). Hoe meer lampen worden aangeschaft, des te hoger de jaarlijkse kosten zullen uitvallen. In deze grafiek is het effect te zien van versneld vervangen, de verhouding retrofit- en armatuur vervangingen, en dimmen.
- *Transitiep pad aandeel LED-verlichting*. In deze grafiek is het aandeel LED-verlichting te zien in het referentiescenario en in de drie strategieën waarin het gewenste vervangingsstempo is aangegeven.
- *Jaarlijks elektriciteitsverbruik*. In deze grafiek is het jaarlijkse elektriciteitsverbruik te zien van het referentiescenario en de drie strategieën. Deze grafiek laat zien wat het effect is van de verschillende strategieën. De twee variabelen die het meeste impact hebben op het elektriciteitsverbruik zijn het aandeel LED-verlichting en het aandeel verlichting dat gedimd wordt. Het aandeel retrofit en armatuur heeft geen invloed op het elektriciteitsgebruik: dit heeft alleen invloed op de jaarlijkse kosten en de CO₂-besparing.



Mastenmodule

In de mastenmodule wordt de CO₂-uitstoot van het aantal te vervangen masten weergegeven. De CO₂-uitstoot wordt per categorie en materiaalsoort weergegeven. Deze CO₂-uitstoot is berekend over de gehele keten, van productie en transport tot en met verwerking bij einde levensduur. Deze getallen zijn aangeleverd door Ecochain Technologies.

CO₂-uitstoot masten

Hoogte	CO ₂ -uitstoot Aluminium	CO ₂ -uitstoot Staal	CO ₂ -uitstoot Totaal
4 meter	328	296	624
6 meter	508	458	966
8 meter	956	863	1819
10 meter	1585	1430	3015
Gemiddeld 4-10 meter	844	762	1606
Totaal	4221	3809	8030

6 Beheer

Voor u ligt versie 1.0. Het is de intentie dat er een jaarlijkse update komt van de achterliggende kengetallen en eventuele gebruikerswensen naar behoefte van de gebruikers. Voor vragen over het vervolg kunt u contact opnemen met CO2@VNG.nl.

7 Lijst variabelen

Variabelen	Toelichting
Total cost of ownership (TCO)	TCO heet ook wel <i>life cycle cost analysis</i> of levensduurcyclus. Niet alleen de aanschafkosten, maar de kosten over de gehele economische levensduur worden berekend. Men gebruikt TCO om kosten van verschillende producten met elkaar te vergelijken. De TCO bestaat in dit geval uit: <ul style="list-style-type: none"> – investeringskosten; – onderhoudskosten; – kosten van energie.
Jaarlijkse kosten	De TCO worden uitgedrukt in jaarlijkse kosten, waarbij elk jaar een gelijk bedrag bestaande uit aflossing en rentebetaling door de gemeente wordt betaald.
Rentevoet	De rentevoet is de jaarlijkse rente die betaald wordt over een (fictieve) lening die afgesloten wordt voor de investeringen. Standaard staat de rentevoet op 3% (maatschappelijke rentevoet). Wanneer geen leningen worden afgesloten kan de rentevoet op 0 worden gezet.
Levensduur	De tijd dat lichtpunten goed functioneren. Voor de levensduur van een LED-lichtpunt is aangenomen 12 jaar (hiertegenover staat een levensduur van gemiddeld 4 jaar voor een conventioneel lichtpunt).
Energiekosten (elektriciteitsprijs)	De kosten voor het verbruik vormen een belangrijk onderdeel van de energierekening. Energiebelasting en kosten van energielevering maken onderdeel uit van de energierekening. Voor GvO's (groene stroom) zijn aanvullende kosten toegerekend.
GvO's	GvO is de afkorting voor Garantie van Oorsprong. Een veel gebruikt begrip waarmee hetzelfde wordt bedoeld als 'groencertificaat'. Bij de productie van hernieuwbare elektriciteit wordt voor elk megawattuur (MWh) een GvO aangemaakt. GvO's dienen om te bewijzen dat de geleverde energie daadwerkelijk duurzaam is opgewekt.
CO ₂ -emissiefactor	Dit is CO ₂ -emissie per kWh elektriciteit. Deze is afhankelijk van het type stroomcontract dat een gemeente voor openbare verlichting heeft afgesloten. De CO ₂ -emissiefactor verschilt per stroomcontract: hoe 'groener' het contract, hoe minder de productie van een kWh elektriciteit uitstoot. Bijlage B bevat een grafiek met de specifieke emissiefactoren van de verschillende stroomcontracten en hoe deze zich ontwikkelen over de tijd.
CO ₂ -prijs	De CO ₂ -prijs is de CO ₂ -prijs die gemeenten intern hanteren om investeringsbeslissingen met klimaateffecten af te wegen en de klimaateffecten van inkoop en aanbesteding mee te wegen. Wanneer de gebruiker de CO ₂ -prijs op 0 zet, wordt alleen uitgegaan van de directe financiële kosten en opbrengsten. Klimaatbaten worden dan niet meegenomen.

8 Bronnen

CE Delft; INFRAS; TRT; Ricardo, 2019. Handbook on the external costs of transport, Delft: CE Delft.

PBL, 2019. Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2019, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

Werkgroep Discontovoet, 2015. CO2-Beprijzing, sl: Werkgroep Discontovoet.

WISE, 2020. Prijzen van GvO's (Garanties van Oorsprong). [Online]
Available at: <https://www.wisenederland.nl/groene-stroom/prijslijst-garanties-van-oorsprong>
[Geopend 2020].



A Achtergrond model

Algemene module

In de algemene module kan de gebruiker aangeven wat de uitgangspunten van de berekening zijn. Dit betreft de scope van de analyse, waarbij de gebruiker kiest om de CO₂-emissie in de gebruiksfase (energiegebruik) mee te nemen of de CO₂-emissies in de gehele levensfase. Daarbij kan ook het type stroomcontract worden gekozen dat de gemeente heeft (groene of grijze stroom). Tenslotte kan gekozen worden voor een CO₂-prijs om de maatschappelijke baten van CO₂-besparing van verduurzaming van OVL in beeld te brengen.

Areaalmodule

In de areaalmodule kan het huidige verlichtingsareaal van de gemeente worden ingevoerd. De samenstelling van lichtpunten kan daarbij worden opgegeven en onderverdeeld naar vermogensklassen en type lichtpunten (functioneel, decoratief en schijnwerpers/spots). Hierbij wordt ook het huidige aandeel verLED opgegeven.

Alternatievenmodule

In de alternatievenmodule kunnen drie typen strategieën worden doorgerekend

- **Rekenoptie 1:** gewenste vervangingstempo voor LED.
- **Rekenoptie 2:** de wijze waarop de vervanging plaatsvindt:
 - Retrofitlamp.
 - Vervanging door retrofitmodule (LED-ombouwunit).
 - Volledige armatuurvervanging.
- **Rekenoptie 3:** dimmen:
 - Statisch dimmen.
 - Dynamisch dimmen.
- **Extra optie:** vervanging van masten

Wanneer de gebruiker op zoek is naar een quickscan van een versnellingsstrategie kan **Rekenoptie 1** worden gekozen. **Rekenoptie 2** is vooral handig wanneer de gebruiker wil bepalen hoe verschillende type vervangingen uitpakken (retrofit- en complete armatuurvervanging) op de TCO. Deze informatie kan helpen om tot een optimale vervangingsstrategie te komen. De tool is echter niet voorzien van een solver om deze optimale vervangingsstrategie te bepalen. Er wordt geen rekening gehouden met restwaarde van de te vervangen armaturen of lichtpunten in het model. **Rekenoptie 3** is bedoeld om de effecten van bijvoorbeeld dimregime in kaart te brengen. Hierbij kan men aangeven of men op dit moment al gebruik maakt van dimopties en hoe de verschillende manieren van dimmen (statisch en dynamisch dimmen) uitpakken. Als deze optie niet aangeklikt wordt door de gebruiker gaat de tool ervan uit dat er niet gedimd wordt.

Mastenmodule

Naast de verschillende rekenopties is er ook een aparte mastenmodule opgenomen in de tool. Hiermee wordt de CO₂-uitstoot van de verschillende typen masten inzichtelijk gemaakt. Bij de input kan de gebruiker aangeven hoeveel masten men wil vervangen per lengte en materiaalsoort (aluminium en staal). Deze materiaalsoorten zijn de meest voorkomende materialen voor de productie van lichtmasten. Bij de output is te zien hoeveel CO₂-uitstoot hiermee gepaard gaat over de gehele keten. Dit is dus inclusief productie, transport, gebruik en sloop.

Rekenmodule

In de rekenmodule worden de belangrijkste parameters uitgerekend en vergeleken met de referentie. De resultaten worden trapsgewijs weergegeven. In de eerste kolom worden de resultaten van het referentiescenario met het huidige vervangingspercentage weergegeven. Daarna zijn in de kolom 'Gewenste vervanging door LED' de resultaten te zien van het gewenste vervangingspercentage (en dus het tempo van verLEDding). In de derde kolom 'Retrofit en armatuurvervanging' zijn de resultaten te zien als de gebruiker gekozen heeft om naast het gewenste vervangingspercentage ook de verhouding retrofitlamp, retrofit-module en volledige armatuurvervanging te wijzigen. Tot slot zijn in de 4^e kolom de resultaten te zien van een verandering in de dimstrategie.

De resultaten bevatten de volgende onderdelen:

- Total cost of ownership (TCO) (de totale kosten over een termijn van 22 jaar);
- jaarlijkse kosten.

Resultaten die het verschil t.o.v. het referentiescenario in beeld brengen:

- besparing elektriciteit;
- besparing op CO₂;
- maatschappelijke baten (dit is de CO₂-besparing maal de eerder aangegeven CO₂-prijs).

Resultaten die het verschil weergeven indien het huidige elektriciteitsverbruik wordt aangehouden en er geen extra lampen worden verLED:

- besparing elektriciteit;
- besparing op CO₂;
- maatschappelijke baten (dit is de CO₂-besparing maal de eerder aangegeven CO₂-prijs).

B Gehanteerde aannames en kentallen

In deze bijlage beschrijven we de gehanteerde kentallen en aannames die bij de berekeningen zijn gehanteerd. Er is onderscheid gemaakt in de volgende categorieën armaturen. De gehanteerde kosten variëren gedeeltelijk per categorie armaturen en dit geldt eveneens voor de aangenomen besparingen.

Tabel 1 - Overzicht van de gehanteerde categorieën.

Vermogen conventionele armaturen (W)	Armatuur onderverdeling		
	Functioneel	Decoratief	Schijnwerpers/spots
0-35	X	X	X
36-55	X	X	X
56-100	X	X	X
> 100	x		X

Besparing door LED

Hieronder geven we de betreffende besparingspercentages van LED ten opzichte van conventioneel.

Tabel 2 - Energiebesparing LED t.o.v. conventioneel:

Vermogensklasse	Besparingspercentage
LED 0-35W	27,5%
LED 36-55W	32,5%
LED 56-100W	32,5%
LED > 100W	35,0%

Algemeen

Voor de uitwerking van de verschillende scenario's zijn vervangende materialen bepaald. Bij deze bepaling zijn wij uitgegaan van de huidige vermogens van de conventionele armaturen om de alternatieven in LED te bepalen. In de berekening is uitgegaan van een-op-een vervanging van armaturen ofwel een retrofit-oplossing, op basis van de ingevoerde verhouding armatuur versus retrofit. Deze verhouding blijft constant, ook nadat het volledige areaal verLED is. Belangrijk om hierbij rekening te houden is dat in de tool aannames worden gedaan over deze verhoudingen, in werkelijkheid zal de vervanging afhangen van de resterende levensduur van het armatuur.

Hieronder geven we een korte beschrijving van de uitgangspunten en gebruikte bronnen voor de berekening.

Kengetal	Beschrijving	Waarde	Eenheid	Bron
Branduren	Aantal uren per jaar dat de verlichting aan is.	4.100	Uur	Gebaseerd op landelijk gemiddeld aantal branduren.
Statisch dimmen	Besparing per lichtbron van elektriciteit ten opzichte van niet-dimmen met LED, waarbij een vaste dimperiode wordt aangehouden in de uren waarin minder licht nodig is ('s nachts). Gemiddeld in Nederland.	14%		Gebaseerd op standaard dim protocol 4A.
Dynamisch dimmen	Besparing per lichtbron van elektriciteit ten opzichte van niet-dimmen met LED, waarbij hoeveelheid licht afgestemd op basis van verkeersintensiteit. Gemiddeld in Nederland.	30%		Benchmark diverse gemeenten met dynamische verlichting.
Levensduur armatuur	Gemiddelde levensduur van een nieuwe LED-armatuur.	22	Jaar	90.000 uur en 4.100 branduren bij L80F10.
Levensduur retrofit	Gemiddelde levensduur van een retrofitlamp/-module.	12	Jaar	50.000 uur en 4.100 branduren.
Rekenperiode	Periode die gebruikt is voor het berekenen van de TCO.	22	Jaar	Gebaseerd op landelijk standaard gebruikte afschrijftermijn voor armaturen.

Levensduur

De elementen van OVL bestaan uit drie elementen:

- **De lichtbron:** genereert het licht.
- **Het armatuur:** beschermt de lichtbron tegen weer en wind. Hierin is ook de elektronica gemonteerd voor het in- en uitschakelen en dimmen van de lichtbron.
- **De mast:** de lichtmast draagt het armatuur op de juiste hoogte.

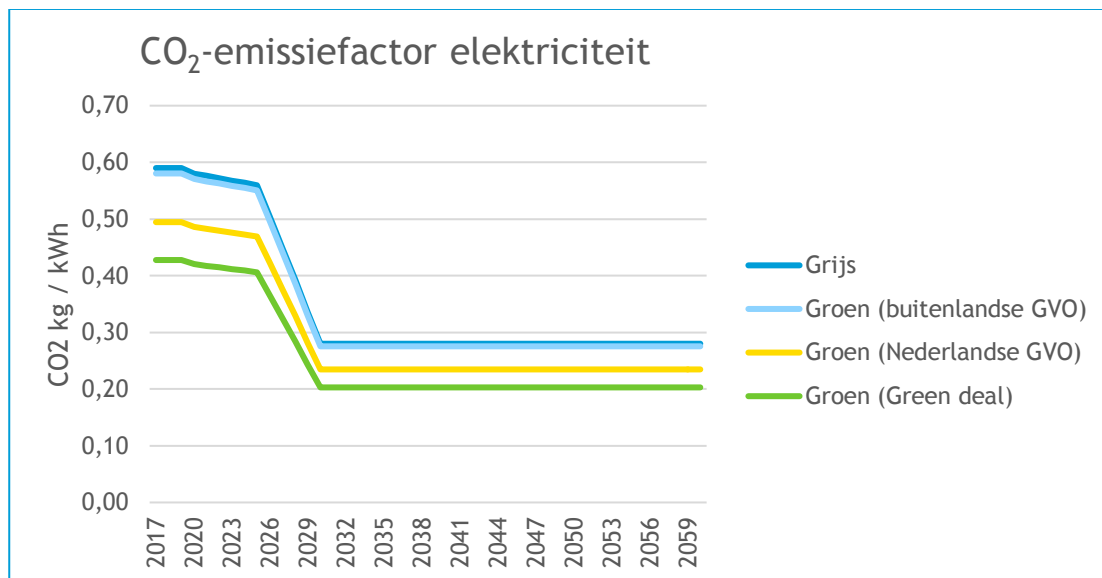
Tabel 3 - Levensduur per object

Object	Levensduur/vervangingsinterval
Lichtbron LED	12 jaar
Armatuur	22 jaar
Lichtmast	40 jaar

CO₂-emissiefactor stroomcontract

Voor de huidige ingekochte elektriciteit is een CO₂-emissiefactor gehanteerd die volgt uit de Klimaat en Energieverkenning (2019). Deze geeft de CO₂-uitstoot in kg per opgewekte kWh elektriciteit. Deze emissiefactor verschilt tussen de verschillende stroomcontracten. Hoe 'groener' het contract, hoe minder CO₂-uitstoot per opgewekte kWh elektriciteit. De ontwikkeling van de emissiefactoren per stroomcontract over de tijd is hieronder te zien in Figuur 2.

Figuur 2 - CO₂-emissiefactor elektriciteit



Bron: PBL, Klimaat- en energieverkenning, 2019.

CO₂-prijs

De CO₂-prijs is, zoals eerder aangegeven, de waarde van een ton CO₂-uitstoot of besparing. In deze tool wordt de CO₂-prijs gebruikt om de maatschappelijke baten uit te drukken. In de tool is er de mogelijkheid om te kiezen uit vijf waarden: 25, 50, 100, 400 en 700 euro. Deze waarden zijn gebaseerd op het Handboek Externe Transportkosten, opgesteld voor de Europese Commissie (CE Delft; INFRAS; TRT; Ricardo, 2019). Deze prijzen reflecteren de reeks waarin de kosten van CO₂-uitstoot worden geschat. Hoe hoger de kosten van CO₂-uitstoot, hoe hoger de maatschappelijke baten.

Elektriciteitsprijs

De ontwikkeling van de elektriciteitsprijs volgt uit de KEV (PBL, 2019). Deze loopt op van 4,5 €cent/kWh (2020) tot bijna 6 €cent/kWh.

Indien een gemeente alleen gebruikmaakt van groene stroom is de elektriciteitsprijs hoger dan wanneer een groen-grijze mix wordt gebruikt. Daarom is in het model een duurzaamheidspremium meegenomen op basis van Garantie Van Oorsprong (GVO)-certificaten. Deze GVO-certificaten worden gebruikt om te garanderen dat de geleverde energie duurzaam is opgewekt. WISE Nederland (2020) heeft een overzicht gemaakt van de verschillende GVO-prijzen. Wij hebben de volgende aannames gedaan:

- Nederlandse GVO: €5/MWh (tussen minimum waarde zon en minimum waarde wind);
- Buitenlandse GVO: €0,5/MWh (tussen Italiaanse zon, Noorse waterkracht en EU wind in);

- Green deal: €8,5/MWh (centrale prijs NL wind).

De uiteindelijke elektriciteitsprijs is dus een combinatie van de groothandelsprijs elektriciteit (gebaseerd op de KEV 2019), Energiebelasting, ODE en GvO-premium.

C Verantwoording kosten en CO₂-kentallen

TCO

TCO wordt gebruikt om kosten van verschillende producten met elkaar te vergelijken.

De TCO voor LED bestaat in dit geval uit:

- investeringskosten;
- onderhouds- en herstelkosten;
- kosten van energie.

Tabel 4 - Beschrijving en bron kengetallen

Kengetal	Beschrijving	Bron
Investeringskosten LED-armatuur of retrofit-oplossing	Gemiddelde prijs van een nieuw LED-armatuur of retrofit-module. Onderverdeeld naar arbeid en leveranties (product) en onderverdeeld in functioneel, decoratief en schijnwerpers/spots.	Benchmark diverse gemeenten en contracten.
Onderhoud en herstel	Periodiek schoonmaken van de LED-armaturen Incidenteel herstel en vervanging na einde levensduur.	Benchmark diverse gemeenten en contracten.
Elektriciteitsprijs	<p>Prijs per kWh elektriciteit, afhankelijk van het stroomcontract. De ontwikkeling van de elektriciteitsprijs volgt uit de KEV (2019). Deze loopt op van 4,5 €cent/kWh (2020) tot bijna 6 €cent/kWh.</p> <p>Er zijn vier typen stroomcontracten in dit model: grijze stroom, buitenlandse groene stroom, Nederlandse groene stroom en groene stroom met een Green Deal contract. Voor groene is in het model een duurzaamheidspremium meegenomen op basis van Garantie van Oorsprong (GvO)-certificaten. Deze GvO-certificaten worden gebruikt om te garanderen dat de geleverde energie duurzaam is opgewekt. De GvO-prijzen zijn afkomstig van WISE en zijn hierboven genoemd.</p>	Gebaseerd op de KEV 2019 Alle elektriciteitsprijzen zijn inclusief de ODE en energiebelasting.

Tabel 5 - TCO van armaturen en retrofit-oplossingen (exclusief energieverbruik)

Armatuurtype	Investeringskosten			Onderhoud en herstel
	LED-armatuur	Retrofit-module	Retrofit-lamp	
Functioneel 0-35	€ 260,00	€ 174,00	€ 88,00	€ 290,00
Functioneel 36-55	€ 398,00	€ 243,00	€ 88,00	€ 428,00
Functioneel 56-100	€ 498,00	€ 313,00	€ 128,00	€ 528,00
Functioneel > 100	€ 498,00	€ 313,00	€ 128,00	€ 528,00
Decoratief 0-35	€ 875,00	€ 481,50	€ 88,00	€ 905,00
Decoratief 36-55	€ 875,00	€ 481,50	€ 88,00	€ 905,00
Decoratief 56-100	€ 883,00	€ 505,50	€ 128,00	€ 913,00
Decoratief > 100	€ 883,00	€ 505,50	€ 128,00	€ 913,00
Schijnwerpers/spots 0-35	€ 390,00	€ 239,00	€ 88,00	€ 420,00
Schijnwerpers/spots 36-55	€ 390,00	€ 239,00	€ 88,00	€ 420,00
Schijnwerpers/spots 56-100	€ 1.096,00	€ 612,00	€ 128,00	€ 1.126,00
Schijnwerpers/spots > 100	€ 1.096,00	€ 612,00	€ 128,00	€ 1.126,00

CO₂-footprint producten

In de CO₂-footprint zijn alle levensfasen van een product opgenomen: productie, bouw, gebruik, onderhoud en einde levensduur. Om de CO₂-voetafdruk te berekenen is LCA-data uit verschillende bronnen gebruikt, die benoemd zijn in onderstaande tabel (LCA = Levenscyclusanalyse). De LCA-data betreft gemiddelde waarden voor masten en armaturen die in Nederland worden toegepast.

De armaturen in de LCA-database van EcoChain zijn fictieve armaturen gebaseerd op actuele data van producenten afgeleid van bestaande producten. Op advies van Ecochain is voor de LED-tool één gemiddeld armatuur gebruikt. Een toelichting op de LCA en de gehanteerde uitgangspunten is opgenomen in de Handleiding Armaturen & MKI (oktober 2019) van Licht en Donker Advies en EcoChain. De waarden zijn gebruikt in overleg met deze partijen. Uit onze analyse blijkt dat de CO₂-emissies van een armatuur (133 kg CO₂) een beperkt deel vormt van de gebruiksfase (1.500 kg CO₂), gerekend over het gehele elektriciteitsgebruik van de levensduur van 22 jaar.

Kengetal	Beschrijving	Bron
CO ₂ -footprint LED-armaturen	Gemiddelde CO ₂ -footprint van een nieuw LED-armatuur.	EcoChain en Licht en Donker Advies. Handleiding Armaturen & MKI, oktober 2019.
CO ₂ -footprint Retrofit LED-module	Gemiddelde CO ₂ -footprint van een nieuwe retrofit LED-module	EcoChain
CO ₂ -footprint Retrofit LED-lamp	Gemiddelde CO ₂ -footprint van een nieuwe retrofit LED-lamp	EcoChain
CO ₂ -footprint Lichtmasten	CO ₂ -footprint lichtmast van aluminium of staal, onderverdeeld naar hoogtes 4, 6, 8 en 10 meter. Gerekend met levensduur van 35 jaar voor zowel staal als aluminium.	Nationale Milieudatabase en Dubocalc

CO₂-footprintproducten (exclusief energieverbruik tijdens gebruikersfase)

	Kg CO₂/stuk
LED-armatuur	133
Retrofit-lamp	19
Retrofit-module	32
Lichtmast aluminium	84
Lichtmast staal	76

