



Energiebesparing bij de tweede Beneluxtunnel

Regelbare tegenstraalverlichting bespaart 55%



De grootste energieverbruikers bij tunnels zijn verlichting en ventilatie. In Nederland, waar ventilatiesystemen doorgaans alleen worden gebruikt bij files en calamiteiten, is verlichting de grootste kostenpost. Een nieuwe verlichtingstechniek met regelbare tegenstraalverlichting maakt tunnels veiliger en zorgt bovendien voor structurele energiebesparing. In de tweede Beneluxtunnel liep die besparing op tot maar liefst 55%.

Zwarte gaten

Ingangen zijn de gevaarlijkste plekken van tunnels. Door de overgang van licht naar donker komen ze overdag over als zwarte gaten. Met name de eerste 150 meter zijn lastig, daarna is er voldoende contrast en zijn de ogen voldoende gewend aan de lagere lichtintensiteit in de tunnel. Opvallend genoeg zijn tunnels ingangen van Nederlandse tunnels gevaarlijker dan die van tunnels in de Alpen. Dat heeft verschillende redenen. Ten eerste gaan Nederlandse tunnels in de meeste gevallen ergens onderdoor, wat betekent dat het verkeer naar beneden gaat voordat het de tunnel inrijdt. Bij rivieren is de toerit vaak extra steil, omdat de weg eerst over de rivierdijk heen moet. Ten tweede rijden we in Nederland over vlakke wegen, waardoor we meer hinder hebben van de heldere hemel en de (laagstaande) zon. Vergelijk dit met de situatie in de Alpen, waar de zon achter de berg verdwijnt bij nadering van de tunnel. De geschetste omstandigheden zorgen ervoor dat verlichting van tunnelingangen in Nederland met grote zorgvuldigheid moet gebeuren.



Drie soorten verlichting

Binnen- en buitenlandse onderzoeken tonen aan dat het zicht in tunnels is gebaseerd op het zien van contrasten tussen voorwerpen. Bij het inrijden van de tunnel ontbreken die contrasten. Goede verlichting vergroot de zichtbare contrasten. In de loop van de jaren is daarom veel geëxperimenteerd met verschillende soorten verlichting.

In oudere tunnels zien we vaak alleen lampen aan het plafond, die naar beneden stralen. Deze zogeheten symmetrische verlichting belicht het verkeer alleen van bovenaf. Later is men meestraalverlichting gaan toepassen. Hierbij stralen de lampen in de rijrichting van het verkeer, waardoor niet de bovenkanten van de voertuigen maar juist de achterkanten worden belicht. Dit levert een verbetering op van de zichtbaarheid, maar vergt wel erg hoge lichtniveaus.

De laatste ontwikkeling is tegenstraalverlichting. In combinatie met lichtkleurige tegelwanden verbetert dit type verlichting de zichtbaarheid nog verder. Dit komt doordat tegenstraalverlichting de achterzijden van voertuigen minder aanstraalt, waardoor deze donkerder blijven, terwijl het wegdek meer licht naar de waarnemer reflecteert. Dit vergroot het contrast, waardoor voertuigen beter zichtbaar zijn. Proeven in de Velsertunnel bevestigen de effectiviteit en de haalbaarheid van het systeem.

Voordelen van tegenstraalverlichting

Het grote voordeel van tegenstraalverlichting is dat men hetzelfde veiligheidsniveau kan bereiken met aanzienlijk minder licht. Omdat de eerste 150 meter van een tunnel het meest kritisch zijn, is de helderheid van het licht in het begin van de tunnel het grootste. Daarna zijn de ogen voldoende gewend aan de duisternis en volstaat een lagere lichtintensiteit. Bij tegenstraalverlichting bedraagt de lichtintensiteit (de helderheid) in de eerste 75 meter ongeveer 4,5 tot 5% van de helderheid buiten, wil men een veilige situatie creëren. In de volgende 75 meter is 2% van de helderheid buiten voldoende. Bij symmetrische verlichting is voor hetzelfde effect respectievelijk 10% en 4% van de helderheid buiten nodig. Hierdoor is met tegenstraalverlichting een besparing van 40% op het verlichtingsniveau en daarmee op de energiekosten te realiseren. 's Nachts is de verlichting door de gehele tunnel van dezelfde lage lichtintensiteit. Overigens is het bij langere tunnels (boven de 800 meter) ook interessant om te kijken naar besparingsmogelijkheden in het deel van de tunnel na de eerste 150 meter.



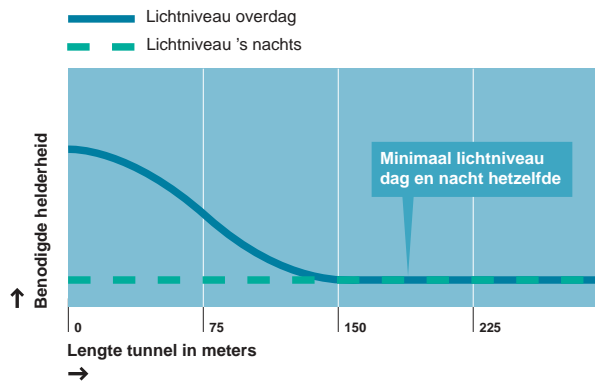
Tunnelverlichting

We onderscheiden drie methoden om tunnels te verlichten:

1 Symmetrische verlichting: hierbij wordt in alle richtingen evenveel licht uitgestraald; weinig verschil in contrast tussen voertuigen en wegdek.

2 Meestraalverlichting: hierbij wordt licht met de rijrichting meegestraald.

3 Tegenstraalverlichting: hierbij wordt licht tegen de rijrichting in gestraald; contrast tussen voertuigen en wegdek is hierbij het grootst.

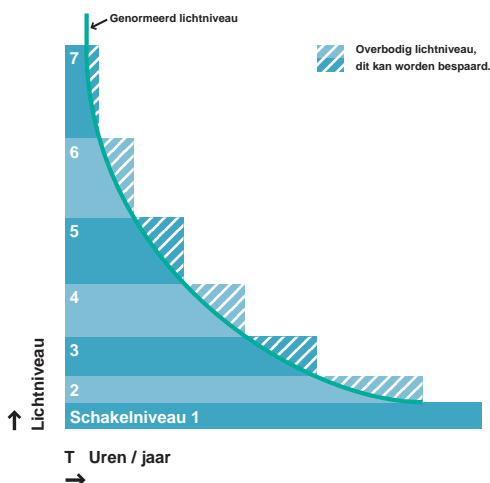


Extra besparing: regelbare verlichting

Een extra besparing op het energiegebruik van tunnelverlichting is te bereiken door schakelbare regeling te vervangen door een traploze regeling.

Een schakelbare regeling maakt het mogelijk om het lichtniveau in tunnels in zeven stappen te schakelen, van laag naar hoog. Het laagste schakelniveau is het nachtniveau. Dit brandt 24 uur per dag, zeven dagen per week, 365 dagen per jaar. Afhankelijk van de helderheid buiten wordt het lichtniveau in de tunnel aangepast naar een hogere niveau.

De onderstaande grafiek geeft de verschillende schakelniveaus weer. Op de verticale as staat de lichtintensiteit, op de horizontale as het aantal branduren per jaar. De groene lijn is het ideale lichtniveau in de tunnel. De gearceerde vlakken geven dus het onnodige energiegebruik weer dat schakelbare verlichting veroorzaakt. Met een traploze regeling is het mogelijk om de ideale lijn te volgen. Dit vergt uiteraard een extra investering in de regelapparatuur, maar daar staat een besparing op de energiekosten van circa 16% tegenover. Bijkomend voordeel is dat bij regelbare verlichting minder lampen en lampgroepen nodig zijn, wat een extra besparing van 6 tot 8% oplevert. Wil men hiervan profiteren, dan moet men



daarmee in het ontwerp al rekening houden. Het is namelijk niet mogelijk om achteraf over te stappen van schakelbare verlichting op regelbare verlichting. Dat kan alleen nog bij grootschalige renovaties, die ongeveer één keer per 30 jaar worden uitgevoerd.

Ontwerp-levensduur

De ontwerp-levensduur van een tunnel ligt tussen de zestig en de honderd jaar. In deze periode worden de armaturen iedere tien jaar vervangen. De kabels blijven echter veel langer intact. Dat betekent dat het stramien van de armaturen alleen kan worden aangepast als de kabels en de schakelapparatuur worden vervangen. Dat gebeurt alleen bij grootschalige renovaties die om de dertig jaar plaatsvinden. Als men dus gebruik wil maken van regelbare verlichting, moet men dat vroegtijdig in de ontwerpfase opnemen. Regelbare verlichting vraagt immers een ander verlichtingstramien dan schakelbare verlichting.

Een voorbeeld: de 2de Beneluxtunnel

De eerste tunnel in Nederland waarin tegenstraalverlichting is toegepast, is de Wijkertunnel in de A9 onder het Noordzeekanaal. Deze werd geopend in 1996. Toen de eerste ervaringen zeer gunstig bleken te zijn, is regelbare (tegenstraal)verlichting direct opgenomen in de aanbesteding van de Schipholtunnel, die kort hierna volgde. In de tussentijd was de 2de Beneluxtunnel al aanbesteed en het voorontwerp voor de verlichting gereed. Vanwege de gunstige ervaringen met regelbare tegenstraalverlichting heeft de energiecoördinator van de Bouwdienst van Rijkswaterstaat zich sterk gemaakt om deze techniek alsnog toe te passen. De opdrachtgever, Directie Zuid-Holland, ging hiermee akkoord onder voorwaarde dat de tunnel niet duurder zou worden, dat de verlichting op tijd gereed zou zijn en dat de veiligheid gewaarborgd zou blijven.

Intern bij Rijkswaterstaat was men ervan overtuigd dat het een gemiste kans zou zijn om geen gebruik te maken van regelbare tegenstraalverlichting. Daarom was het Programmabureau Duurzaam Bouwen, van de Bouwdienst van Rijkswaterstaat, bereid extra budget beschikbaar te stellen in de vorm van een energiebesparingssubsidie. Dankzij deze subsidie kon het ontwerpteam - dat bestond uit vertegenwoordigers van de opdrachtgever, de aannemer, de installateur en de ontwerper - aan de slag om een nieuw ontwerp te maken. Samen met de energiecoördinator heeft het team een geheel nieuw verlichtingsplan opgesteld, dat ook is toegepast in de tunnel. Hiermee is een energiebesparing in het ingangstracé, ten opzichte van traditioneel ontworpen tunnels, van 55% gerealiseerd.



Een investering waard

Hoewel de aanleg van regelbare verlichting in de tweede Beneluxtunnel circa € 275.000,- meer kost dan schakelbare verlichting, is het de investering meer dan waard.

De energiebesparing is circa 235.000 kWh per jaar, wat neerkomt op € 11.500,- per jaar. De lampen voor regelbare verlichting gaan bovendien veel langer mee. De besparingen op de vervangingskosten zijn daarmee groter dan de besparing op energie. De besparing op de vervangingskosten van de lampen bedraagt ongeveer € 22.700,- per jaar. De terugverdientijd van de extra investering komt daarmee op acht jaar. Een belangrijk resultaat is bovendien dat de beschikbaarheid van de tunnel wordt verbeterd; er zijn immers minder afzettingen nodig om lampen te vervangen.

Projectgegevens

Naam	Tweede Beneluxtunnel
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland
Ontwerp	Bouwdienst Rijkswaterstaat i.s.m. T.E.C. te Veenendaal
Ontwerpverlichtingsinstallatie	Bouwdienst Rijkswaterstaat i.s.m. SAT Engineering te Vlaardingen
Aannemer	HCB, een bouwcombinatie bestaande uit HBG, Hattum & Blankenvoort en Dirk Verstoep
Installateur	GTI te Rotterdam
Bouwjaar	1996-2002
Aanneemsom	€ 172.000.000 incl. BTW
Type project	Tunnel
Gesloten lengte	900 m
Breedte	45 m
Diepte	24,5 m onderzijde, doorvaartdiepte 16 m
Aantal tunnelbuizen	2 + 1 wisselstrook, 1 x fiets en 2 x metro.
Aantal rijbanen	2 x 2 rijstroken + 1 wisselstrook
Aanvullende projectinformatie	Zinktunnel, bestaande uit 6 betonnen elementen van 140 x 45 m plus 2 landhoofden van 30 m

Uitgave

Projectbureau Energiebesparing GWW

Samenstelling

Novem, Sittard

Redactie

Videm Communicatie, Utrecht

Vormgeving

Bobbert van Wezel Ontwerpers, Luyksgestel

Fotografie

Hans Pattist / Novem

Drukwerk

Drukkerij Huntjens, Stein

Aan deze brochure kunnen geen rechten worden ontleend. Ofschoon deze brochure met de grootst mogelijke zorg is samengesteld, kan het Projectbureau Energiebesparing GWW geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.

Het Projectbureau Energiebesparing GWW is een samenwerkingsverband van Rijkswaterstaat en Novem.

T 030 2857958

W www.energiebesparinggww.nl

