

Optimalisatie van biljartverwarming

Naar lager elektraverbruik en constanter uitloop van de biljartballen

Bas Knoll en Hans de Jager

19 februari 2023

Inleiding

Het is gebruikelijk biljarts te verwarmen. Dit wordt gedaan om de vochtigheid van het laken te beheersen, omdat dit van invloed is op de wrijving van de bal. Vocht kan aldus de loop van de bal beïnvloeden.

Het stroomverbruik van biljartverwarming is hoog en momenteel een groot knelpunt.

Op verzoek van de Nederlandse biljartbond is daarom onderzocht wat precies het effect van vocht is, om zo tot gefundeerde aanbevelingen voor biljartverwarming te kunnen komen.

Opzet van het onderzoek

De drie hoofdonderdelen van het onderzoek betreffen:

1. In kaart brengen van de wisselende luchtvochtigheid in biljartlokalen door het jaar heen;
2. Het effect van de vochtigheid van omringende lucht op het vochtgehalte van zowel verwarmd als onverwarmd laken;
3. Bepalen van het gedrag van de bal bij onderscheiden vochtgehalten van het laken. De focus ligt voornamelijk op rollende wrijving tussen bal en laken. Glijdende wrijving kan later aan de orde komen.

Op grond hiervan zal worden aangegeven hoe voorkomende vochtigheden de loop van de bal beïnvloeden en wat het effect van biljartverwarming hierop kan zijn. Voor zover dit relevant blijkt te zijn, zal vervolgens het meest geschikte verwarmingsgedrag (optimaler regeling) worden bepaald.

Fase 1 – wisseling in omgevingsvocht

Er is uitgegaan van de uurlijkse meteogegevens van het KNMI van een representatief jaar.

In principe zal de absolute vochtigheid van de buitenlucht zich doorzetten naar binnen het biljartlokaal.

Omdat in het biljartlokaal personen verblijven die vocht afgeven en er vocht producerende activiteiten kunnen plaatsvinden (koffie en thee bereiden, glazen spoelen, afwassen, e.d.) is een representatieve toeslag op de buitenvochtigheid bepaald van 1,63 g/kg. Daarbij is ervan uitgegaan dat tenminste de minimaal vereiste ventilatie volgens Bouwbesluit aanwezig is (= mate van vochtafvoer).

In de praktijk kan dit uiteraard afwijken door meer of minder ventilatie of door ontvochtiging met mechanische koeling (airco).

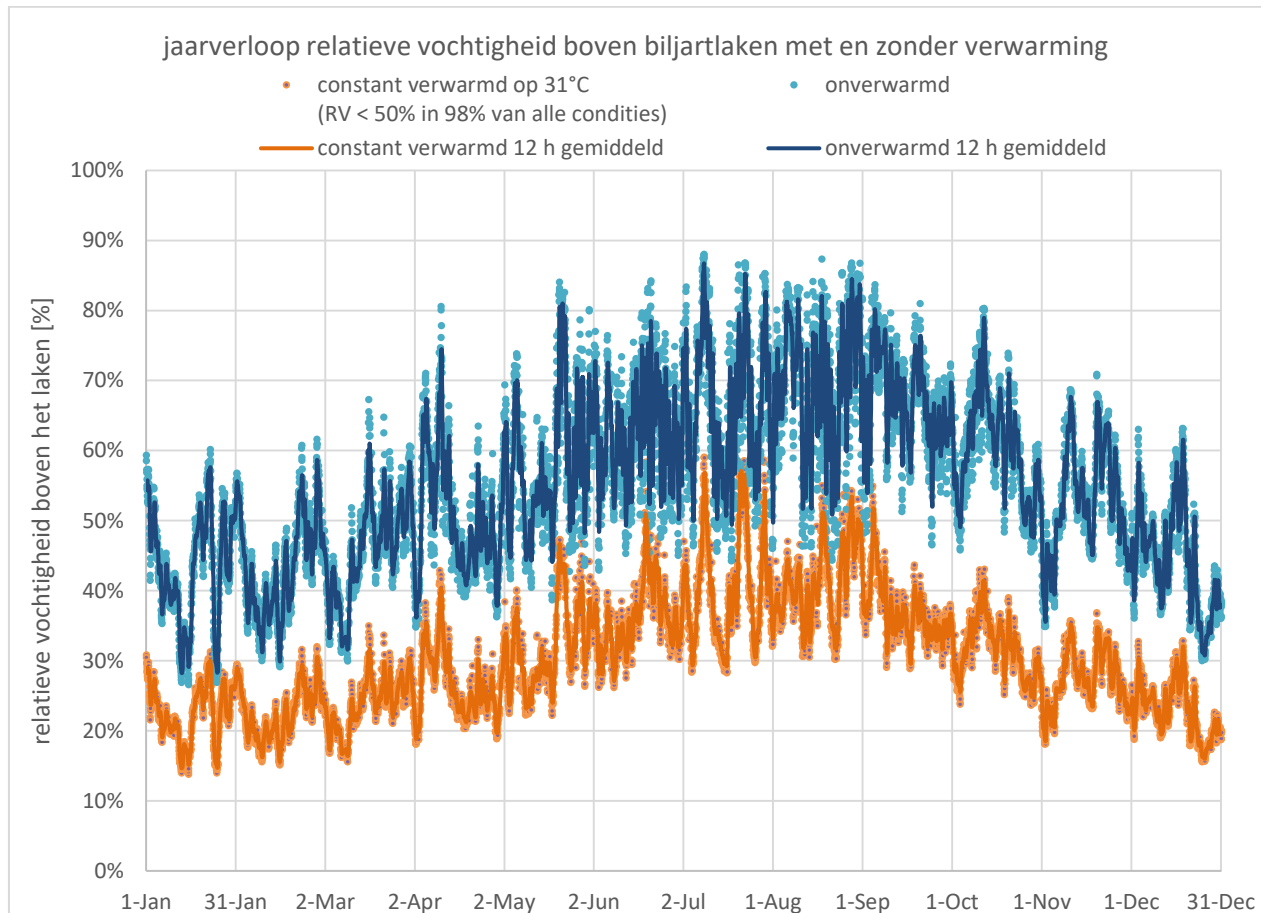
Er is aangenomen dat de biljartlocatie tot 20°C wordt verwarmd in de winter en dat de binnentemperatuur in de zomer met de hogere buitentemperaturen mee oploopt.

Uit de combinatie van de voornoemde absolute buitenvochtigheid plus interne verhoging en de

optredende binnentemperatuur is de relatieve luchtvochtigheid (RV) voor elk uur bepaald. Figuur 1 toont dit verloop (blauw).

De figuur toont ter vergelijking daarnaast het verloop van RV in het grenslaagje lucht boven het laken (geelbruin) als de tafel op een continue temperatuur van 31°C wordt gestookt. Hierbij blijft de relatieve vochtigheid onder 60% en in 98% van de situaties onder 50%.

Merk op dat de schommeling dan wordt beperkt, maar niet nul is en de RV-waarden soms extreem laag worden. Het is bekend dat bij $RV < 30\%$ schade aan natuurvezels kan optreden.



Figuur 1 Optredende relatieve luchtvochtigheid gedurende het jaar.

Fase 2 – vochtigheid van het laken

Op grond van literatuurgegevens en controlemetingen aan proefstukken is het evenwichtsvochtgehalte geraamd van een laken van wol en van polyamide (nylon) [volgens info van de fabrikant is het materiaal van de vermeende polyamide proefstukken overigens polyester met viscose].

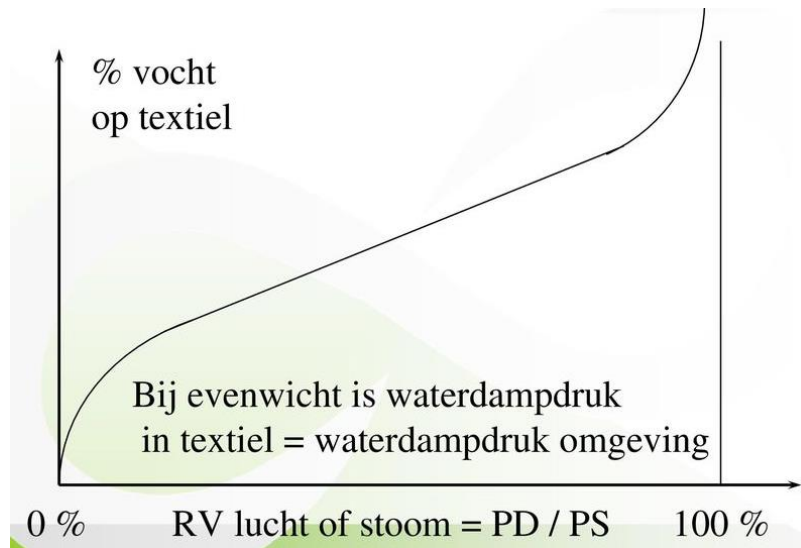
Wol	13 – 16%
Katoen	7 – 9%
Viscose	12 – 15%
Polyester	0,4%
Polyamide (6 en 6.6)	4 – 4,5%
Vlas	12 – 15%

Literatuurgegevens omtrent het vochtgehalte van textiele stoffen als functie van de vochtigheid van de omgevingslucht zijn schaars. De website van Centexbel vermeldt de bijgaande tabel met evenwichtsvochtgehaltenes bij 20°C en 65%RV

Polyacryl	1 – 1,9%
polypropyleen	0,05%

(Uit: *Energiebesparingen bij drogen van textielmaterialen*).

Volgens dezelfde website is een typisch verloop van het vochtgehalte als weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Typisch verloop van de vochtgevoeligheid van textiele stoffen

Het vochtgehalte in textiel is daarbij gedefinieerd als het gewicht aan vocht gedeeld door het totaalgewicht van droge stof plus daarin opgenomen vocht.

Voor het meten van de vochtgehaltenes is een TMT-425 textielvochtmeter van Check-Line gebruikt. De kalibratiecurves (verlopen zoals in Figuur 2) van verschillende materialen zijn hierin voorgeprogrammeerd. Het bereik (minimum en maximum waarde) ligt voor wol tussen 12 en 25,8% en voor polyamide tussen 1,5 – 6,5%.

Een kalibratiecurve voor 90% wol met 10% polyamide ontbreekt, zodat aan de wollen lakens is gemeten met de kalibratie voor 100% wol.

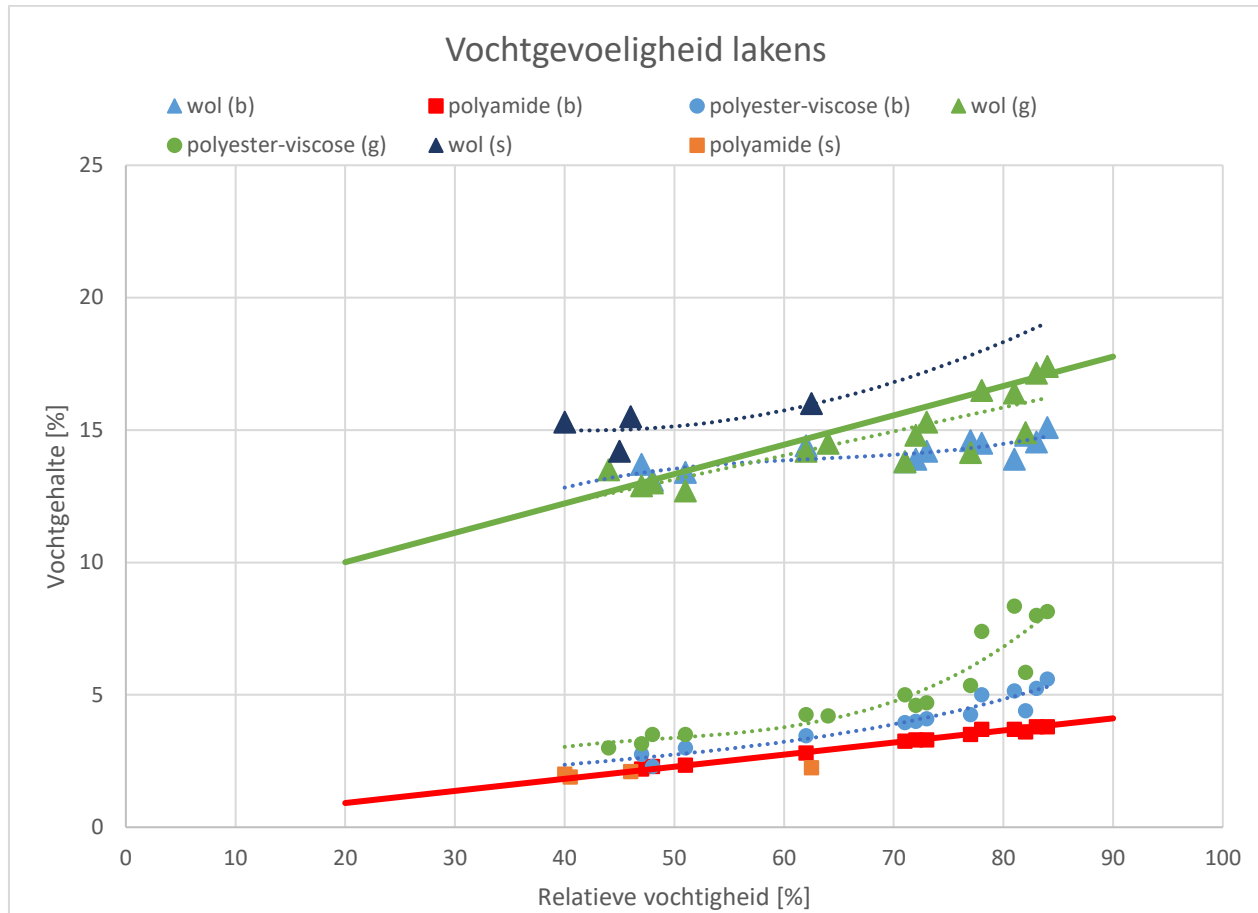
De lakens van Buffalo Royal Plus zijn aanvankelijk met de curve voor polyamide gemeten. Ze bestaan echter volgens opgave van de leverancier uit polyester vermengd met viscose. De verhouding tussen beide wordt niet vermeld. Bij 70% polyester en 30% viscose is het bereik 0,8 – 9,3%, wat oploopt naar 2,6 – 12,4% voor 50% polyester en 50% viscose. De metingen zijn daarom later tevens uitgevoerd met de curve voor 70/30%.

De metingen zijn verricht aan 4 proefstukken van een groen en blauw wollen laken en van een groen en blauw polyester/viscose laken. De proefstukken zijn strak gespannen op betonplex panelen van ca. 15 x 40 à 50 cm. Deze hebben een vlakke, harde waterdichte toplaag.

De proefstukken zijn aan wisselende omgevingsvochtigheid blootgesteld. De temperatuur en relatieve vochtigheid van de lucht is gemeten met de Table Moisture meter van Checkline en gecontroleerd met een Rovary RH10 meter die tevens registreert. Op basis van de registratie kon worden bepaald hoe lang een constante vochtigheid werd aangeboden. Het vochtgehalte van het textiel is op verschillende

tijdstippen gemeten tot deze niet meer veranderde. Deze eindwaarden zijn uitgezet tegen de relatieve vochtigheid van de omringende lucht.

Figuur 3 geeft deze vochtgehalten van de lakens weer als functie van de relatieve vochtigheid van de omringende lucht.



Figuur 3 Evenwichtsvochtgehalte van het laken als functie van de relatieve luchtvochtigheid

Merk op dat er een groot verschil in vochtopname is tussen beide materialen. Dit hangt samen met de porositeit van de vezels. Bij natuurvezels zoals wol is die groter dan bij een kunstvezel zoals polyamide of polyester-viscose. Vanwege die lagere vochtgevoeligheid worden lakens van kunststof vezels aangeprezen voor onverwarmde biljarttafels.

In Figuur 3 valt op dat er duidelijke verschillen optreden tussen proefstukken van hetzelfde materiaal. Het is niet duidelijk waardoor dit komt, al zijn het wel de blauwe lakens (code 'b') die wat minder vochtgevoelig uit de bus komen dan de groene lakens (code 'g').

De metingen aan de speeltafels bij Samonda tijdens de uitrolproeven zijn eveneens weergegeven en onderscheiden met code 's'. Met name voor wol (donkerblauwe driehoekjes) valt op dat de waarden weer hoger liggen dan van de proefstukken.

In Figuur 2 vermeldt Centexbel dat bij de evenwichtsvochtigheid de dampdruk in het textiel gelijk is aan die in de omgevingslucht (wat fysisch gezien logisch is). Anders gezegd, het vochtgehalte van het laken is behalve van de relatieve luchtvochtigheid nog afhankelijk van de luchttemperatuur (bij biljartverwarming

in het grenslaagje op het laken). Dat bleek ook tijdens de proeven. Lagere relatieve luchtvochtigheden traden in de verwarmde proefruimten al op vanwege de winterse buitencondities. Hogere relatieve luchtvochtigheden zijn zowel aangeboden door de proefstukken aan lage buitentemperaturen (1,1 tot 4,6°C) bloot te stellen als door ze in een bevochtigde verwarmde ruimte (ca. 19°C) te plaatsen. In dat laatste geval vertoonden de proefstukken hogere vochtgehalten bij eenzelfde relatieve vochtigheid. Men kan er vanuit gaan dat biljartlokalen normaliter rond kamertemperatuur zijn. Daarom zijn voor de bepalende curves van Figuur 3 de waarden rond kamertemperatuur gebruikt. In dat geval kan ook globaal worden volstaan met een enkelvoudige afhankelijkheid van de relatieve vochtigheid. Bij verwarming van het biljart dient echter wel een correctie voor de (verhoogde) temperatuur te worden verdisconteerd.

Met de aldus bepaalde relaties (getrokken groene en rode lijn) zijn de uurlijkse RV-waarden uit fase 1 (Figuur 1) omgerekend naar vochtgehalten van de twee onderzochte typen laken.

Fase 3 – Uitrolgedrag van de biljartbal

Om de wrijving onder invloed van het vochtgehalte van de lakens te bepalen, zijn uitrolproeven uitgevoerd in de biljartlocatie van Samonda te Den Haag. Dit is gedaan op twee grote (2,85 m) tafels met polyamide (?) laken en twee kleinere (2,3 m) met een laken dat uit 90% wol en 10% polyamide bestaat. Van beide typen tafels was er één verwarmd en de andere niet.

Voor deze proeven zijn hellingbanen gebruikt waar vanaf de bal globaal één tafellengte rolt. Op alle vier tafels is met een plantenspuit in de lengte een vochtige strook aangebracht. Daarop is in verschillende droogstadia de uitrolproef uitgevoerd, alsmede in het droge deel ernaast. De meer of minder afgelegde afstand is opgemeten.

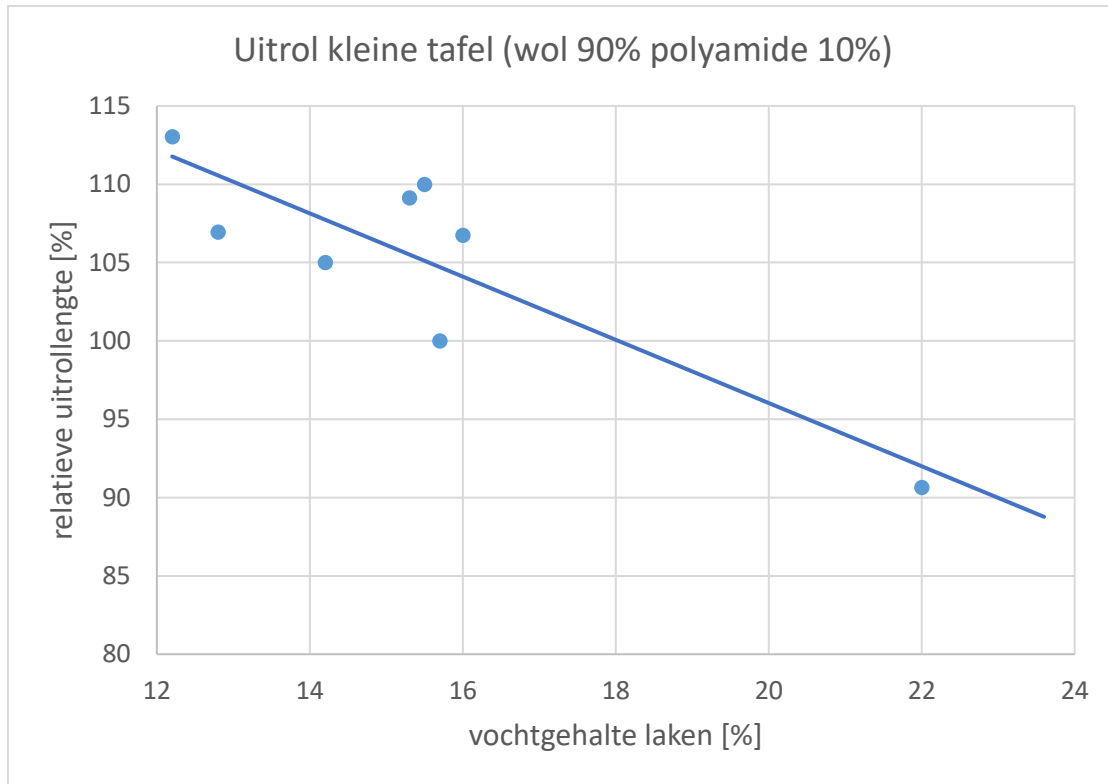
Met de textielvochtmeter is steeds het vochtgehalte in de betreffende uitrolstroken gemeten.

Figuur 4 en Figuur 5 geven de resultaten weer. Horizontaal staat het vochtgehalte van het laken uit en verticaal de totale uitrollengte als percentage van de tafellengte (rollengte in de nul-situatie).

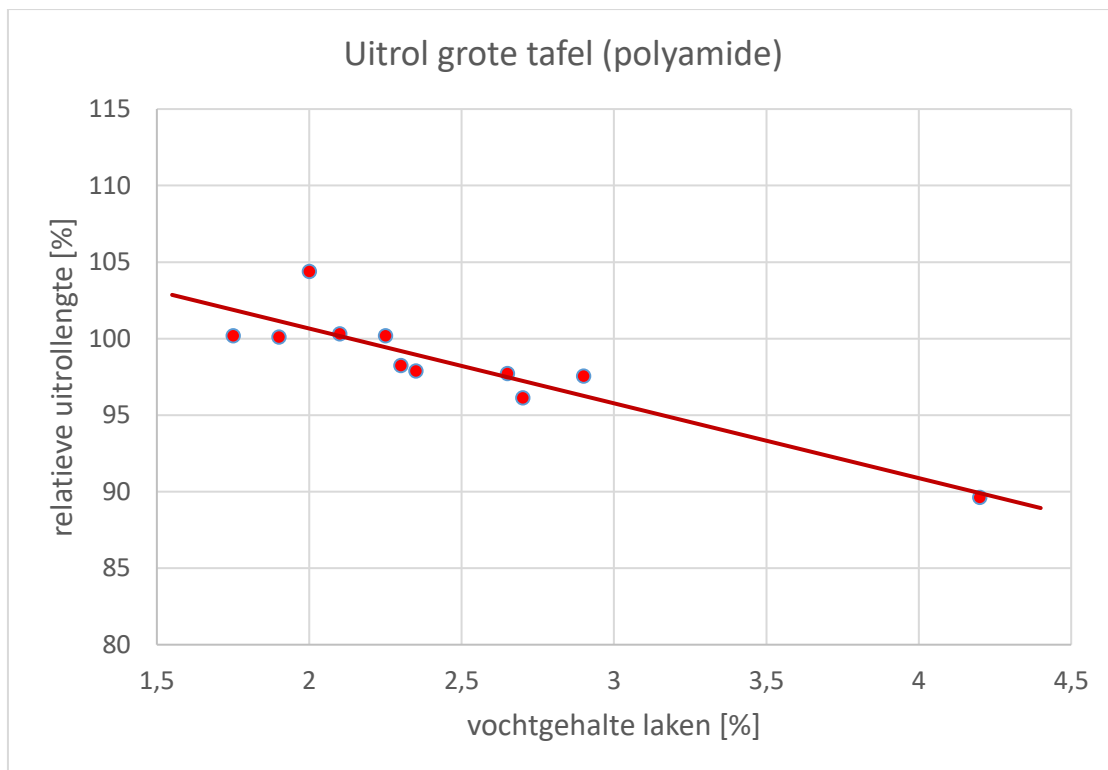
[Opmerking 1: De inwerking van vocht na besproeien met een plantenspuit kan afwijken van de geleidelijke inwerking van vocht vanuit de lucht. Het rolgedrag kan daardoor anders zijn.

Controlemetingen met onderscheiden luchtvochtigheden in verschillende seizoenen moeten dit staven.

Opmerking 2: Voorlopig zijn de proeven beperkt tot rollende wrijving. Voor glijdende wrijving (slip) dienen aanvullende proeven te worden uitgevoerd met een roterende bal of een getordeerde hellingbaan]

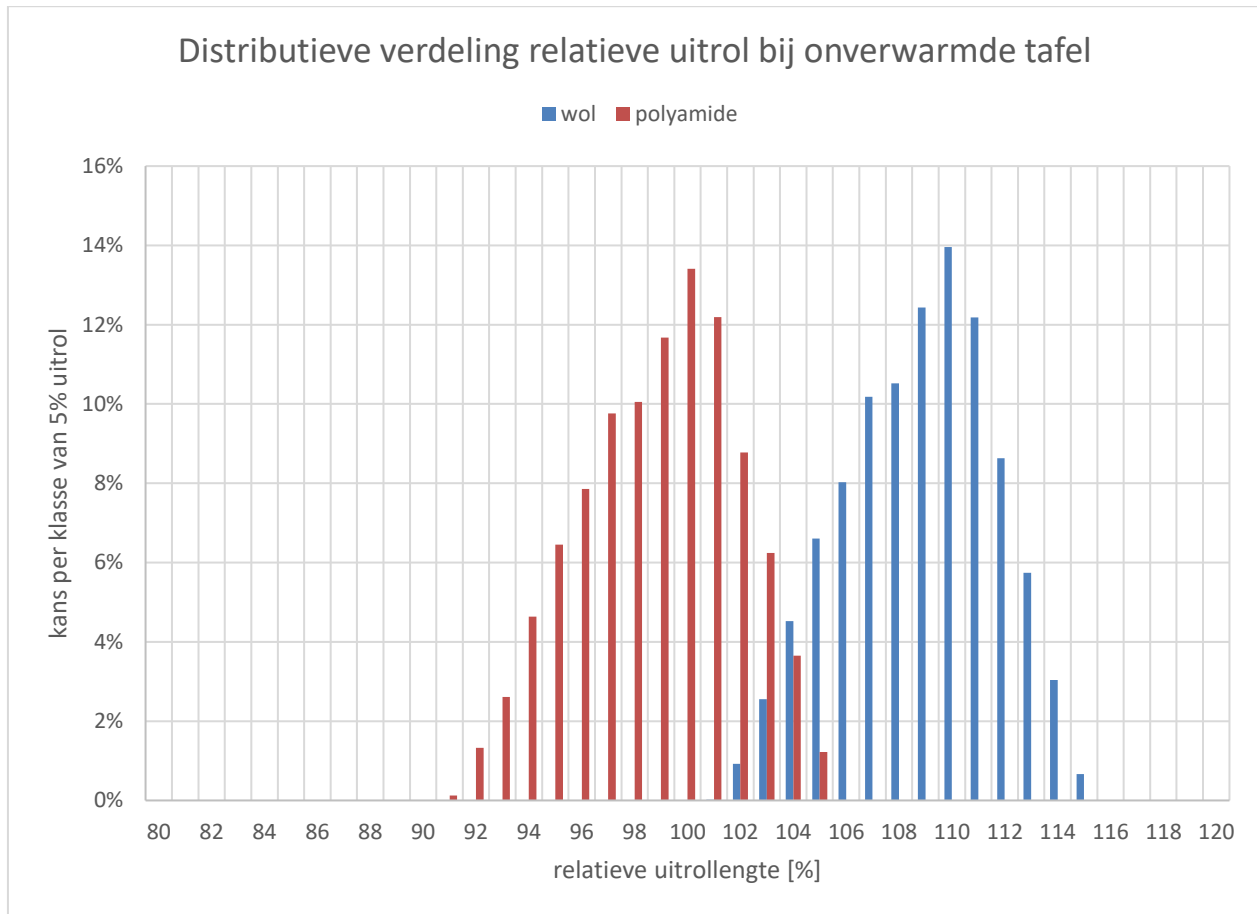


Figuur 4 Resultaat uitrolproeven op het wollen laken



Figuur 5 Resultaat uitrolproeven op het polyamide laken

Met de relaties van Figuur 4 en Figuur 5 zijn de uurlijkse vochtgehalten van de lakens uit fase 2 omgerekend naar relatieve uitrollengtes. Vervolgens is per type laken over alle uurlijkse waarden van het jaar de distributieve verdeling bepaald (Figuur 6) en de cumulatieve verdeling (Figuur 7).



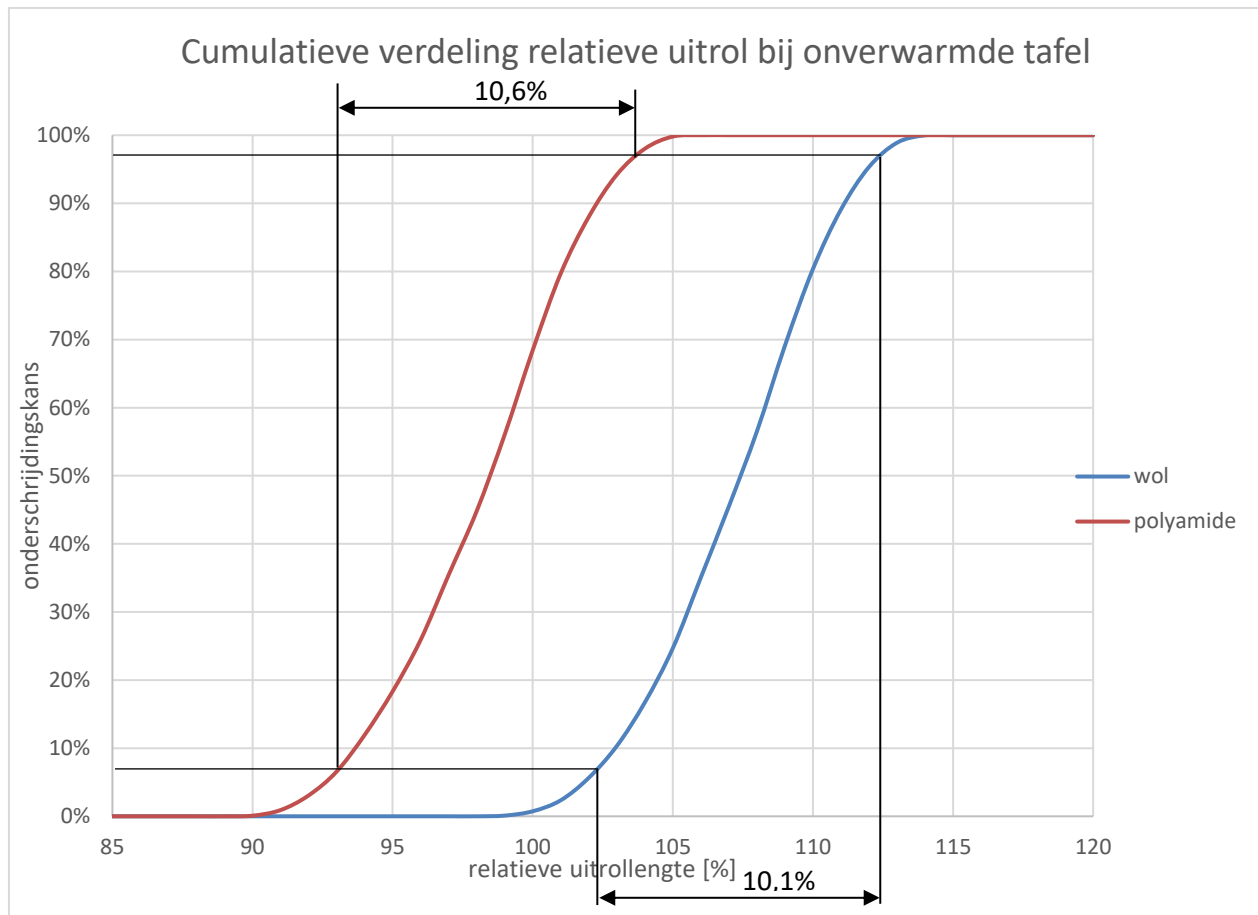
Figuur 6 Distributieve verdelingen van uitrollengten bij de door het jaar optredende vochtigheden van de onverwarmde tafels

De figuren laten zien dat bij beide lakens door het jaar een aanmerkelijke variatie in uitrollengte ten gevolge van wisselende vochtigheid kan worden verwacht.

In Figuur 7 is aangegeven dat binnen 90% van de optredende condities bij het wollen laken 10,1% uitrolvariatie optreedt en bij het polyamide laken 10,6% uitrolvariatie.

Bij continue verwarming op 31°C zal gedurende 90% van de tijd de uitrolvariatie op het wollen laken nog 6,6% bedragen en op het polyamide laken 6,7%. Met een dergelijke thermostatische biljartverwarming op constante temperatuur kan men de variaties in uitrol dus maar beperkt (circa 36% minder) temporiseren, laat staan geheel wegnemen.

Opmerkelijk is dat het polyamide laken weliswaar beduidend lagere vochtgehalten heeft dan het wollen laken (Figuur 3), maar dat dit niet in een mindere uitrolvariatie resulteert (Figuur 7). Het laken wordt immers verkocht vanwege zijn mindere vochtgevoeligheid, waarbij men (blijkbaar onterecht) minder effect op het uitrolgedrag suggereert, c.q. minder noodzaak tot biljartverwarming.



Figuur 7 Cumulatieve verdelingen van uitrollelengten bij de door het jaar optredende vochtigheden van de onverwarmde tafels. Met de hulplijnen is de variatie aangegeven binnen 90% van de situaties (7 tot 97% onderschrijdingskans).

Optimalisatie van biljartverwarming

Als men de uitrolvariatie zo optimaal mogelijk wil beperken, moet de biljartverwarming zo goed mogelijk worden aangepast aan de wisselende condities. Dit zal ook van invloed zijn op het elektraverbruik. Om hierin inzicht te krijgen, zijn enkele verwarmingsscenario's nader bestudeerd. Het gaat om de scenario's:

1. 'onverwarmd' [code o];
2. het veel toegepaste 'verwarmen op constante temperatuur' (thermostaatregeling op 31°C) [code T];
3. 'verwarmen tot constante relatieve vochtigheid' van 35% in de grenslaag boven het laken [code RV];
4. 'verwarmen afhankelijk van het dauwpunt van de omgevingslucht' [code dwp].

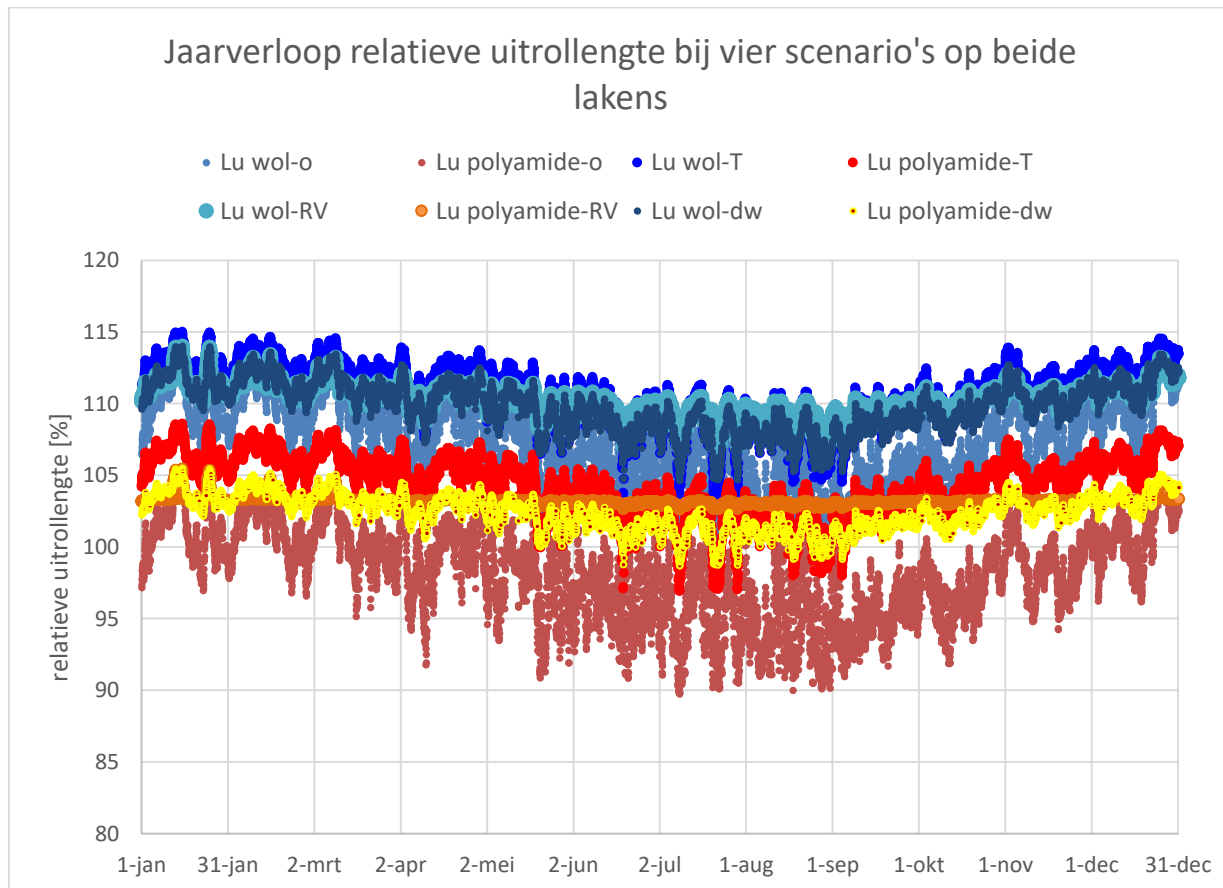
Uit het vochtverloop zonder verwarming gedurende het jaar (Figuur 1) blijkt dat de relatieve vochtigheid vrijwel niet onder 35% komt. In scenario 3 wordt daarom bij hogere ruimtevochtigheid gestookt tot de relatieve vochtigheid in de grenslaag boven het laken is gedaald naar 35%. De gedachte hierachter is dat bij eenzelfde RV het vochtgehalte van het laken vrijwel constant blijft en de uitrollelengte dus ook. Vanwege de veranderende temperatuur van het laken zal de dampdruk nog wel variëren, zodat enige variatie in uitrollelengte blijft optreden.

Voor de regeling worden de temperatuur en RV van de ruimte gemeten. Een algoritme bepaalt hiermee tot welke temperatuur het laken moet worden opgewarmd om de RV op het laken te verlagen tot 35%.

In scenario 4 wordt ook op vocht geregeld. Idealiter zou de lakentemperatuur evenredig met de dauwpunttemperatuur moeten oplopen. Om voor seizoensinvloeden te corrigeren en de hoge stookbehoefte in en rond de zomer te beperken, wordt die waarde in de winter echter relatief hoger gehouden en in de zomer relatief lager. Het aangehouden algoritme is:

$$\text{lakentemperatuur} = 20 + 0,6 \times \text{dauwpunttemperatuur.}$$

Men moet hierbij wel grotere uitrolverschillen tussen de seizoenen toestaan. Omdat men deze veranderingen zeer geleidelijk kan laten verlopen, is te verwachten dat de biljarters daarop goed anticiperen.

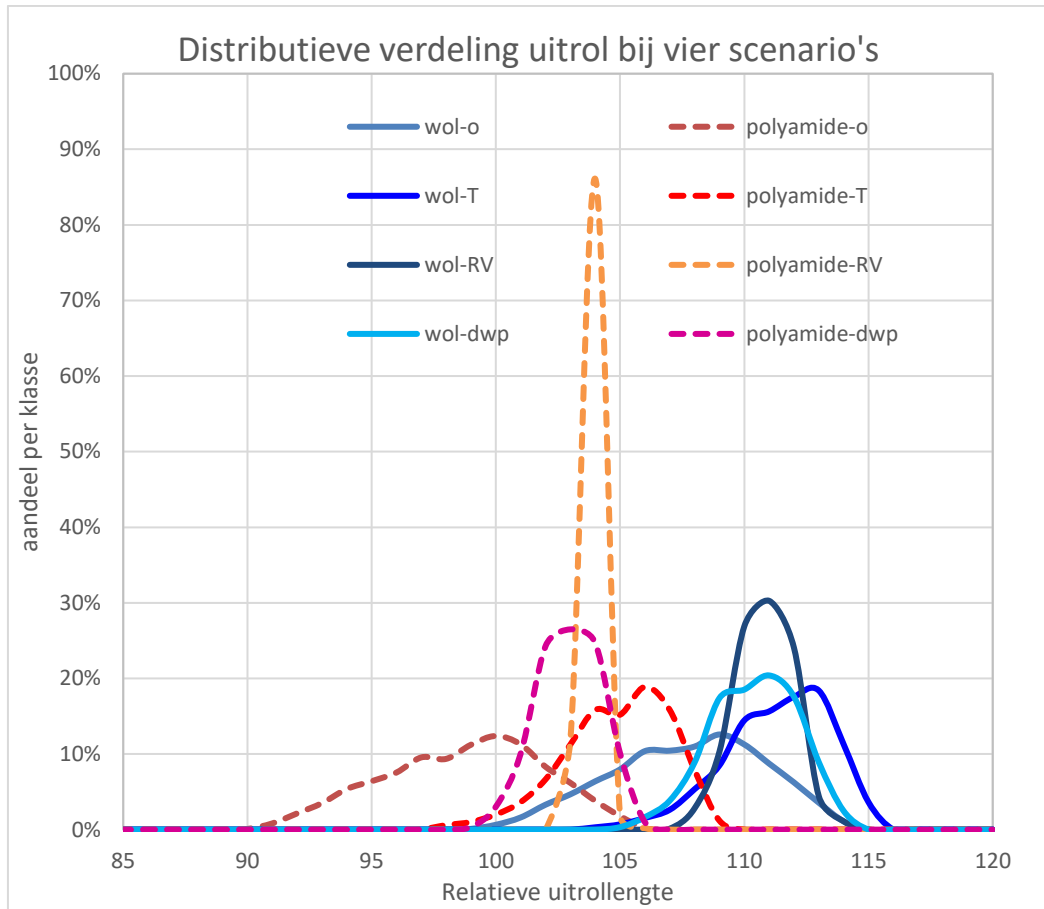


Figuur 8 Verschillen in uitrollengte bij de vier scenario's gedurende het jaar

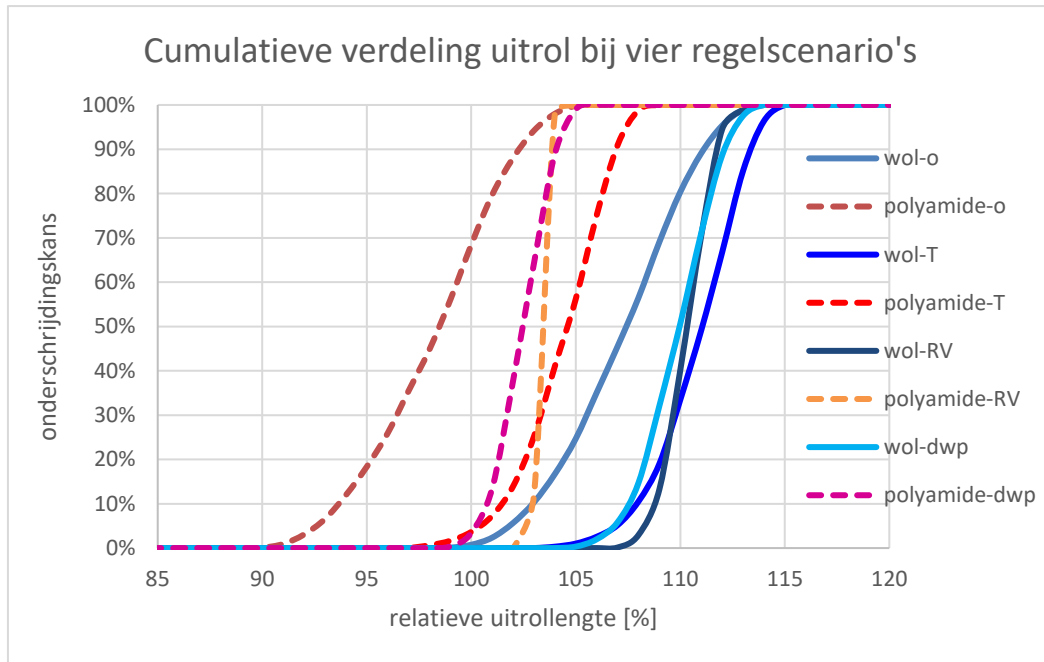
Figuur 8 laat de verschillen in uitrollengte zien. De variaties zijn het grootst bij 'onverwarmd' en het kleinst bij constante RV. In bijna alle gevallen is wel een jaartrend te zien met verminderde uitrollengte in de zomer t.o.v. de winter. Op zo'n langzame en geleidelijke verandering zullen biljarters makkelijker inspelen dan op de forse snelle veranderingen die binnen een week of enkele dagen kunnen optreden. Deze snelle variaties worden duidelijk het sterkst gereduceerd bij het scenario van constante RV. Derhalve is dit regelscenario favoriet, gevolgd door het scenario met dauwpuntregeling.

In de figuur valt verder op dat verschillen tussen het wollen en polyamide (polyester-viscose) laken zich eigenlijk alleen bij het constante RV scenario openbaren. De kunstvezel presteert dan duidelijk beter.

De verschillen tussen de scenario's en lakens komen ook tot uiting in de verdelingscurves van Figuur 9 en Figuur 10.

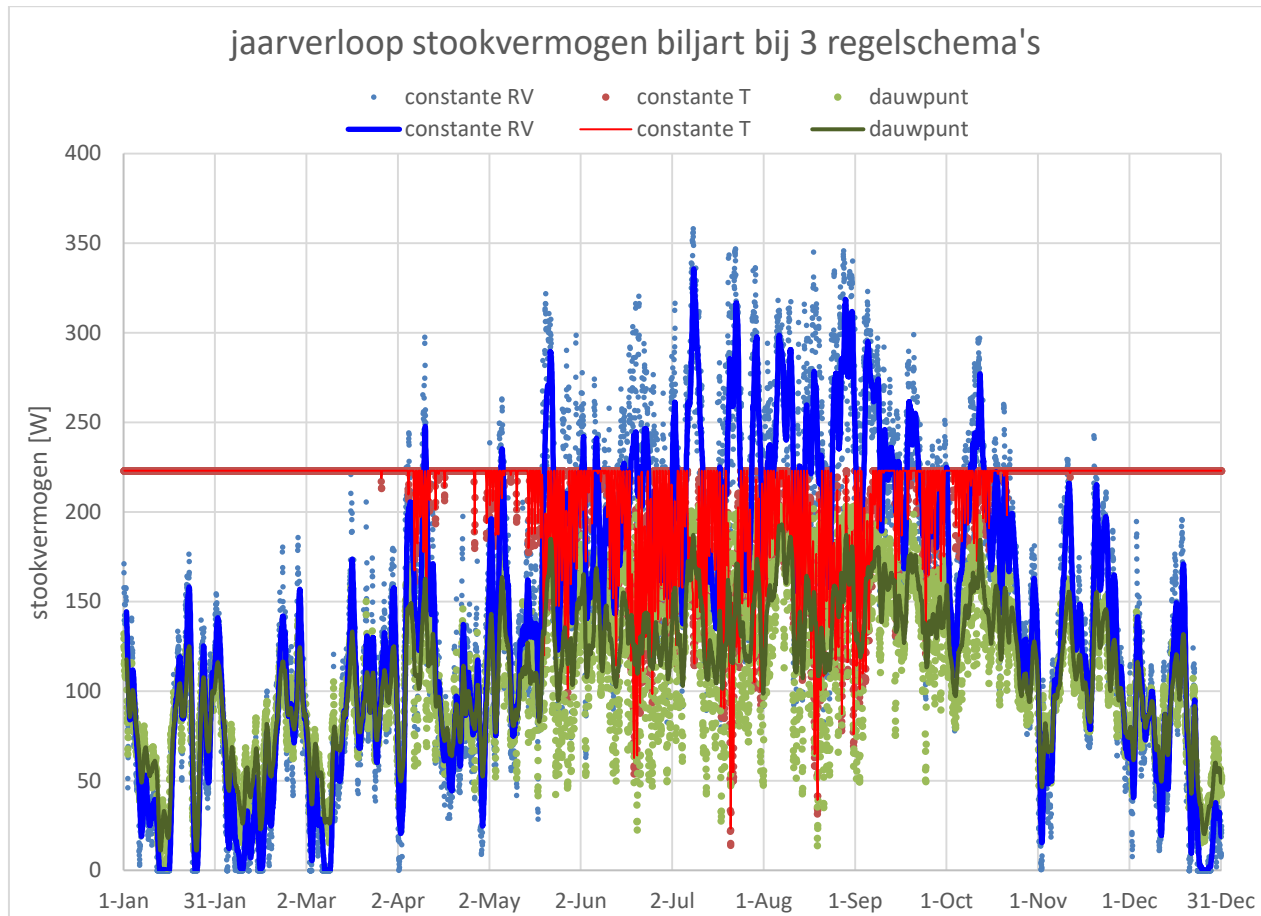


Figuur 9 Distributieve verdeling van de uitrollengte bij de vier scenario's



Figuur 10 Cumulatieve verdeling van de uitrollengte bij de vier scenario's

Behalve naar de uitrol van de bal is voor de verschillende scenario's ook gekeken naar het bijbehorende stookgedrag. Het is evident dat dit voor de onverwarmde tafel niet aan de orde is. Derhalve resteren de overige drie scenario's. Figuur 11 geeft dit weer, uitgaande van een kleine tafel van 2,3 m lengte.



Figuur 11 Verschillen in stookgedrag bij de drie verwarmingsscenario's

Bij het constante RV scenario valt op dat grote verschillen in stookvermogen optreden per seizoen. Ook is het benodigde piekvermogen groter, te weten zo'n 350 W. Bij scenario 4 met dauwpuntregeling zijn er kleinere verschillen in stookvermogen. Het piekvermogen is daarbij ruim 200 W.

Bij het constante temperatuur scenario is het piekvermogen zo'n 220 W. Met dit vermogen wordt wel een groot deel van het jaar gestookt, om de temperatuur van de tafel boven de constante ruimtetemperatuur van 20°C te brengen die het ruimteverwarmingssysteem verzorgt. Alleen in en rond de zomer wordt de tafel minder verwarmd, omdat de ruimtetemperatuur dan met de buitencondities hoger oploopt.

Door het momentane verwarmingsvermogen met de duur te vermenigvuldigen en te sommeren verkrijgt men het elektraverbruik gedurende een jaar, zonder rekening te houden met het tussentijds afschakelen buiten gebruikstijden. Voor het constante temperatuur scenario is dit per tafel 1830 kWh/a, voor het constante RV scenario is dit 1260 kWh/a en bij dauwpunt scenario nog iets lager nl. 960 kWh/a. Niet allen qua uitrol, maar ook qua elektraverbruik zijn de op vocht geregelde scenario's dus favoriet.

Als biljartverwarming wordt uitgeschakeld buiten gebruikstijden zullen de voornoemde elektraverbruiken in de praktijk naar schatting veelal op 25 à 40% daarvan kunnen uitkomen.

Conclusies en aanbevelingen

Door variatie van de luchtvochtigheid in biljartlokalen verandert het vochtgehalte van biljartlakens. De loop van biljartballen wordt hierdoor beïnvloed. Verwarming van biljarts wordt geacht voor constanter speelcondities te zorgen, maar gaat gepaard met een aanzienlijke stroomrekening.

Omdat hieromtrent veel onduidelijkheid bestaat, zijn deze relaties nader onderzocht.

Op grond van meteogegevens kan in het Nederlandse klimaat door het jaar heen in biljartlocaties een variatie in relatieve luchtvochtigheid van ruwweg 30 tot 85% worden verwacht. De meest gebruikelijke, thermostatisch geregelde verwarming van biljarts op een constante temperatuur van circa 31°C beperkt dit tot 15 à 55% in de lucht in het grenslaagje boven het laken. Hieruit volgt al dat bij dit systeem van elimineren van vochteffecten geen sprake is, maar dat hooguit van temporiseren kan worden gesproken.

Het verband tussen luchtvochtigheid en evenwichtsvochtgehalte van het laken is door proefnemingen en met behulp van literatuurgegevens globaal vastgesteld. Fysisch gezien is de dampdruk van water in de lucht bepalend. In de praktijk komt dit tot uiting in een grote invloed van de relatieve luchtvochtigheid, aangevuld met een zeker effect van de temperatuur. Men dient zich te realiseren dat biljartverwarming beide grootheden beïnvloedt.

De porositeit van een weefsel bepaalt hoeveel water de vezels kunnen opnemen. In een (grotendeels) wollen laken blijkt het vochtgehalte bij dezelfde condities daardoor wel 4 à 5x hoger te liggen dan in een laken van kunstvezels zoals polyamide of polyester-viscose.

Met uitrolproeven bij wisselende vochtgehaltenes van lakens is vastgesteld hoe vocht de rollengte beïnvloedt. Een hoger vochtgehalte blijkt tot een kortere rollengte te leiden.

Het is opmerkelijk dat laken van kunstvezel met zijn veel lagere vochtgehalte dan wol uiteindelijk niet tot minder invloed op de uitrol van de bal leidt, als het aan een vergelijkbare variatie van relatieve luchtvochtigheid wordt blootgesteld.

Uit de variatie in relatieve luchtvochtigheid die door het jaar kan worden verwacht, gecombineerd met het effect daarvan op het vochtgehalte van het laken, is bepaald dat de uitrollengte van de biljartbal tot wel 10% kan variëren. Als men reproduceerbare speelcondities wil bewerkstelligen, is het willen beheersen van vochtinvloeden dus terecht.

Het veel toegepaste stoken van een biljart op een constante temperatuur blijkt niet de meest aangewezen weg te zijn om een constanter rolgedrag van de bal te bewerkstelligen. De variaties in uitrollengte worden dan globaal met 1/3^e deel teruggebracht t.o.v. een onverwarmd laken. Beduidend effectiever is een verwarmingsscenario waarbij op een constante of seizoen-gecorrigeerde relatieve luchtvochtigheid in de grenslaag boven het laken wordt geregeld. Bij wol wordt dan 2/3^e deel reductie bereikt en bij kunstvezel nog beduidend meer. Belangrijk is dat t.o.v. de constante temperatuurregeling vocht- en uitrolvariaties op korte termijn van enkele dagen of een week ook sterk worden gereduceerd. Het is aannemelijk dat op zulke 'snelle' variaties moeilijker is te anticiperen door spelers dan op de 'trage' seizoenvariaties die ook plaatsvinden.

Tenslotte blijkt ook het elektraverbruik bij constante RV-regeling 40% minder dan bij constante temperatuurregeling. Met de dauwpunt-regeling wordt het elektraverbruik nog wat lager. Dit gaat wel ten koste van wat grotere uitrolverschillen.