

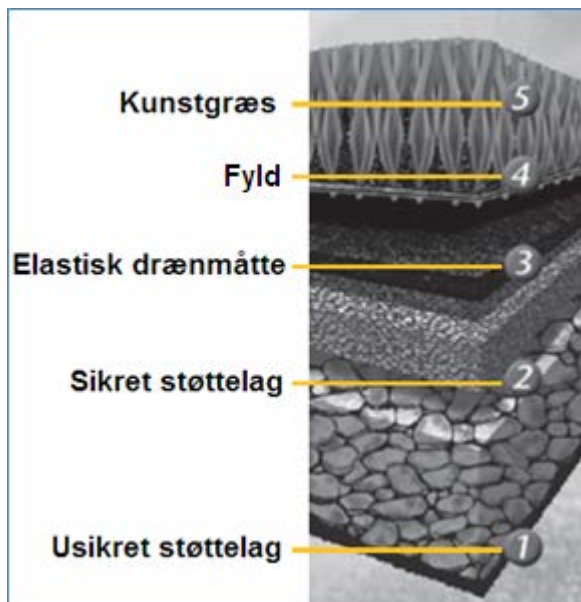
# Krav til accelereret vejrpåvirkning af tredje generation kunstgræs

Af Dr. Arthur Schönlein og Dr. Oliver Rahäuser, Atlas Material Testing Technologies GmbH

Field Turfs udvikling af tredje generations kunstgræs i årene 1999-2000, blev en afgørende milepæl på sit felt, og virksomheden har opnået adskillige patenter for sin teknologi. Den vigtigste er sandsynligvis patentet for det kombinerede fyld bestående af kvartssand og gummigranulat, og dette koncept førte til et verdensomspændende boom inden for kunstgræsbaner [1].

For at optimere græstæppets ydeevne har man fokuseret på designet af fibrenes udvendige form, men også på en række muligheder for de kemiske komponenter. De aktuelle tredje generations kunstgræsbaner, som i de senere år er blevet mere og mere udbredt på diverse fodboldstadioner, består af flerlagssystemer hvilket har øget risikoen for uønskede kemiske vekselvirkninger. Derfor er det i dag ekstremt vigtigt at foretage accelererede vejrpåvirkningstest i laboratoriet i forbindelse med udvikling af kunstgræs af høj kvalitet.

Hidtil har kun få praktiske eksempler været til rådighed, men der er tegn på nedbrydningsprocesser som eksisterende accelererede laboratorietest ikke er i stand til at simulere tilstrækkeligt. Særligt anføres vekselvirkningen mellem genanvendt gummigranulat, vand og/eller syrerregn. Endelig skal komponenternes forskellige farver tages i betragtning da disse resulterer i forskellige overfladetemperaturer og følgelig forskellig reaktionskinetik.



Denne artikel undersøger i hvilket omfang eksisterende metoder til accelererede vejrpåvirkningstest skal modificeres for at imødegå de udfordringer der kommer af den stigende kemiske/fysiske kompleksitet og for at kunne udføre test der ligger så tæt på virkeligheden som muligt.

## 1. Tredje generation kunstgræsbane

### 1.1 Struktur

Tredje generation kunstgræs er det bedste alternativ til naturligt græs. Det installeres på forberedte støttelag samt i de fleste tilfælde et ekstra elastisk lag. Selve kunstgræsset består af lige eller krøllede fiberstrukturer der omfatter såvel fler- som enkeltfibertyper. Fyldet bestående af kvartssand og gummigranulat, øger banens egenvægt, og beskytter kunstgræsset som samtidig holdes på plads. På den måde dannes banens overflade. Disse forskellige elementer giver sammen med drænsystemet der typisk udløber fra kunstgræssets støttenet, denne type kunstgræsbane næsten alle de samme egenskaber som naturligt græs hvad angår æstetik og spilleegenskaber.

### 1.2 Kunstgræsmaterialer

De to mest anvendte plasttyper til kunstgræs fibre er polyætylen- og polypropylentermoplastik; fodboldbaner laves normalt af polyætylen.

Som det er tilfældet med næsten al teknisk plast, tilsættes additiver der optimerer græsfibrenes udseende, fysiske egenskaber og holdbarhed. Disse additiver inkluderer farvestoffer, pigmenter og lysbeskyttelsesmidler.

### 1.3 Fyldmaterialer

Før gummigranulatet fyldes i, stabiliseres kunstgræsset med specielt tilberedt kvartssand (silikonesand). Under denne fremstillingsproces synes det særlig vigtigt at fjerne jern. Undersøgelser af carbonylformation i polyætylen der indeholder forskellige koncentrationer af jernligand, viser at jern påvirker polyolefiners fotokemiske nedbrydning. Det anbefales desuden at bruge rundkornet sand for at undgå at beskadige de syntetiske fibre. I dag anvender man tre typer gummigranulat til at give kunstgræsbanerne den nødvendige elasticitet og fleksibilitet:

- Uindkapslet genanvendt gummigranulat der indeholder vulkaniseringskemikalier, svovltyper og ZnO (ca. 6 %).
- Behandlet/indkapslet genanvendt gummigranulat: CO<sub>2</sub>-"vasket" eller indkapslet med ethvert ønsket (farvemodtageligt) PUR-system.
- EPDM-gummi (ethylenpropylendien monomer-gummi): syntetisk gummi der fås i mange forskellige farver. EPDM-granulater indeholder ZnO, og er ca. 4-6 gange så dyre som genanvendte gummigranulater.

På grund af deres alsidighed er gummigranulater blevet genstand for en større diskussion både hvad angår brugeren og mht. selve græsbanen. De farlige kilder som oftest diskuteres, er svovl [2] og zinkoxiden som findes i det genanvendte gummigranulat.

Oxideret svovl i form af SO<sub>2</sub> kan være et forstade til svovlsyrling. Til gengæld kan den oxideres til svovlsyre. Begge udgør en fare for HALS og HALS med lav basicitet som begge mister deres stabiliserende effekt i en protoniseret tilstand.

ZnO er mindre fotokatalytisk aktiv end andre farlige kilder som fx TiO<sub>2</sub>. Der mangler videnskabelige studier der beviser at ZnO fremmer nedbrydningen af polyolefiner, men mistanken består.

Det beskrevne udvalg af brugte garn- og fyldkomponenter nødvendiggør en gennemgang af de aktuelle procedurer for accelereret laboratorievejrpåvirkning. Som de følgende afsnit viser, er blot det at overføre en standardtest til disse flerkomponentsystemer genstand for mange risici.

**Tabel 1:** De aktuelle standardiserede testprocedurer for laboratorieundersøgelser af kunstgræs baseret på den underliggende standard ISO4892-2/3.

Testmetode	EN 14836 (marts 2006)	FIFA-metode (februar 2005)	ISO 4892-3 (maj 2006)	DIN V 18035-7 (juni 2002)	ISO 4892-2 (maj 2006)
Lampeteknologi	Fluorescerende	Fluorescerende	Fluorescerende	Xenon	Xenon
Filter	UVA 340	UVA 340	UVA 340	Dagslys	Dagslys
<sup>A</sup> E (W/m <sup>2</sup> /nm eller (W/m <sup>2</sup> ))	0,8 (340 nm)	-----	0,76 (340 nm)	60 (300-400 nm)	60 (300-400 nm)
Tør/våd cyklus (min.)	240 ± 4/120 ± 2	240 ± 4/120 ± 2	480/240	102/18	102/18
Lys/mørk cyklus	240 ± 4/120 ± 2	240 ± 4/120 ± 2	480/240	-----	-----
<sup>B</sup> BPT (°C)	55 ± 3/45 ± 3		60 ± 3/50 ± 3	-----	-----
<sup>C</sup> BST (°C)		55 ± 3/45 ± 3	60 ± 3/50 ± 3	60 ± 3	65 ± 3
<sup>D</sup> CHT (°C)	~ BPT	~ BPT	-----	-----	38 ± 3
r.H. (%)	Ikke specificeret	Ikke specificeret	Ikke specificeret	65 ± 3	50 ± 10
Testkonklusion (kj/m <sup>2</sup> )	4,896 ± 125	-----	-----	7.500.000	-----
Testkonklusion (hr.)	~ 3.000	~ 3.000	-----	-----	-----

<sup>A</sup>E = Irradians

<sup>B</sup>BPT = Sort pladetemperatur

<sup>C</sup>BST = Sort standardtemperatur

<sup>D</sup>CHT = Kammertemperatur

## 2 Aktuelle standardtest til laborievejrpåvirkning

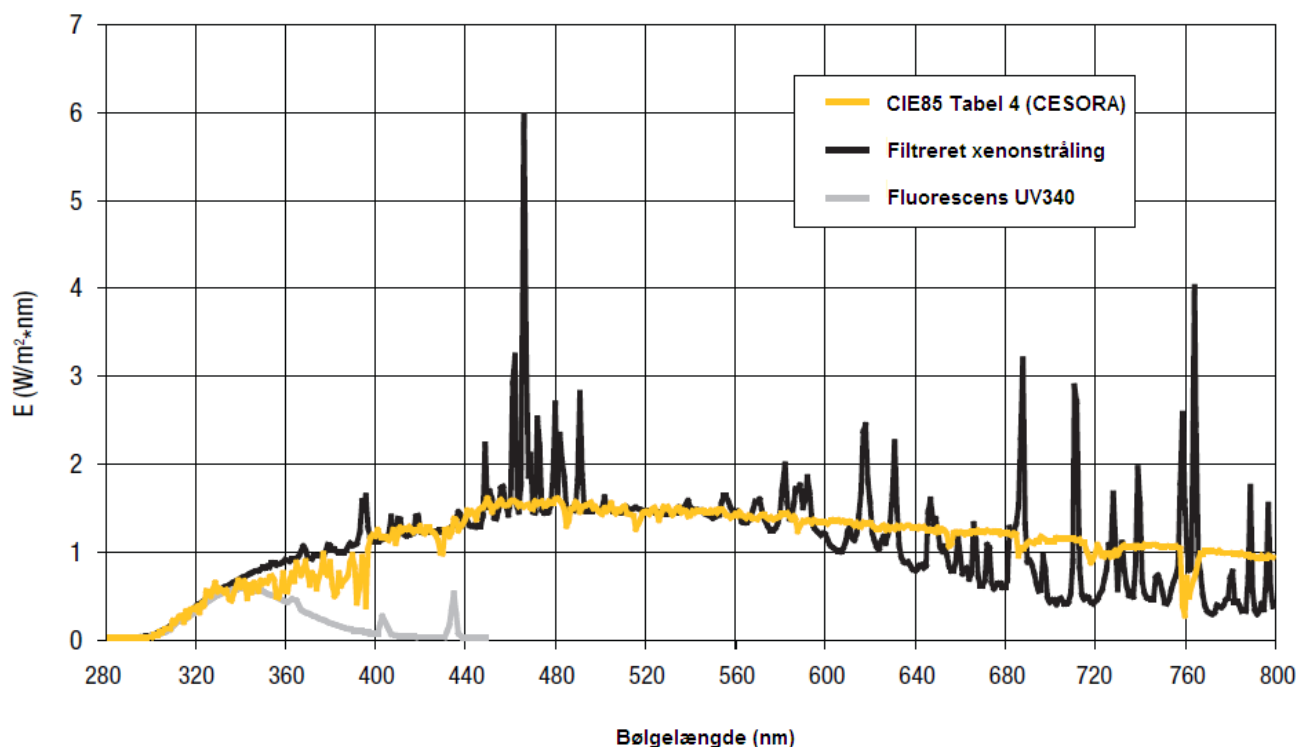
De standardtestprocedurer man følger i øjeblikket, tager afsæt i ISO 4892-1 skønt der refereres til ISO 4892-2 og ISO 4892-3. Tabel 1 herover opsummerer de konventionelle testprocedurer samt de bagvedliggende standarder. Differentieringen mellem de anførte standarder ligger i de lyskilder der anvendes i laboratoriet (se figur 1). De forskellige lyskilder giver nogle basale forskelle som der redegøres for herunder.

Såvel FIFA testproceduren fra 2005 [3] som den europæiske standard EN 14836 er afledt af ISO 4892-3. Sammenlignet med ISO 4892-3 er tør/våd-cykluserne samt lys/mørk-faserne forkortet med ½ mens temperaturerne er indstillet 5 K lavere. Ét eksempel specificerer den sorte pladetemperatur mens et andet bruger den sorte standardtemperatur.

Testmetoden defineret i DIN V 18035-7 er ligeledes afledt af ISO 4892-2. De vigtigste forskelle er den lavere sorte standardtemperatur på 60 °C og den betydeligt højere relative fugtighed på 65 %.

I kontrast til testmetoden der anvender en fluorescerende lampe, gør testmetoderne med xenonlampe ikke brug af en mørk fase. DIN V 18035-7 angiver en værdi på 7.500 MJ/m<sup>3</sup> der indikerer afslutningen på testen, men der refereres ikke til bølgelængdeområder som denne bestråling refererer til.

Det står klart at de to testmetoder ikke kan sammenlignes med hinanden og at de ikke kan antages at give sammenlignelige testresultater hvad angår ændringer i egenskaber; dette er således blot en præsentation af den aktuelle situation.



**Figur 1:** Laborielyskilder sammenlignet med solar reference (CIE85, Tabel 4).

## 3 Klimatiske krav til test af kunstgræsbaner

De klimatiske krav til test af kunstgræsbaner er afledt af faktiske brugsforhold. De primære vejrfaktorer som skal tages i betragtning, er de faktiske belastninger fra solstråling og omgivelsestemperatur, vand som kan være forurenset samt fugt.

### 3.1 Solstråling til test af kunstgræsbaner

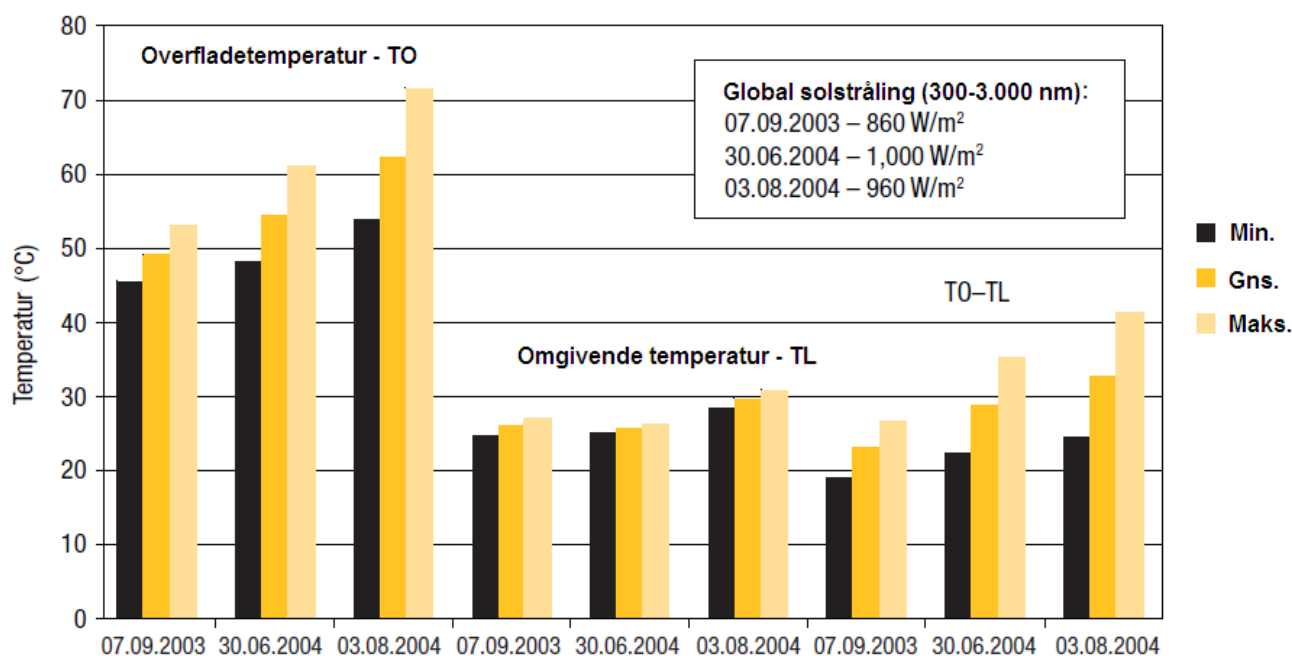
Solens uv-stråling er den vigtigste af de primære vejr faktorer. Der er på nuværende tidspunkt ingen grund til at tro at der vil blive opstillet geografiske grænser for anvendelsen af kunstgræs. Derfor skal den globale solstråling, som i årevis er blevet defineret i CIE85, Tabel 4 [4], benyttes som reference for solstrålingens relative spektrale energifordeling. Den definerede strålefordeling svarer til den globale stråling ved solbuens højeste punkt ved jævndøgn målt ved havets overflade ved ækvator.

Foregående tabel viser en oversigt over irradianser for forskellige bølglængdeintervaller beregnet ved hjælp af CESORA [5] såvel for et referenceklima som for områder hvor der typisk spilles fodbold. En irradians på  $60 \text{ W/m}^2$  i bølglængdeintervallet mellem 300 og 400 nm – som i ISO 4892-2 – kan anerkendes som en realistisk maksimumbetingelse for en vejrpåvirkningstest.

### 3.2 Temperaturfaktorer til test af kunstgræsbaner

Den anden af de primære vejr faktorer til vejrpåvirkningstest er temperaturen. Reaktionshastigheden – dvs. hastigheden af en kemisk reaktion over tid – beskrives med Arrhenius ligning. Det gælder generelt at jo højere temperaturen er, jo hurtigere udvikler den kemiske reaktion sig.

Den relevante klimatiske værdi er de involverede materialers overfladetemperatur. På tre forskellige klare solskinsdage målte man i Pennsylvania [6] overfladetemperaturer på 10 forskellige kunstgræssystemer fyldt med sand og gummi. Den beregnede middelværdi samt højeste og laveste værdi ses i Figur 2. De målte overfladetemperaturer er op til 40 K højere end lufttemperaturen, og der nås overfladetemperaturer på op til  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Stigningen i overfladetemperatur som relateret til solstråling blev undersøgt i Japan [7]. I perioden februar til december målte man overfladetemperatur og belysning på et kunstgræssystem fyldt med sand og gummi på klare solbeskinnede dage. Også her nåede overfladetemperaturerne op på  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ . Det skal også bemærkes at under identiske klimatiske forhold kan kunstgræs udvise overfladetemperaturer der er op til 40 K højere end naturligt græs.



**Figur 2:** Gennemsnits-, højeste og laveste overfladetemperaturer på 10 forskellige kunstgræssystemer fyldt med sand og gummi, målt i det centrale Pennsylvania på klare, skyfrie dage ved hjælp af et infrarødt termometer (Scheduler Model 2 LiCor) [6]. Illustrationen viser også lufttemperaturer målt samtidig ca. 1 meter over græsbanen samt forskellene mellem overflade- og lufttemperaturer. Den globale solstråling ved solbuens højeste punkt beregnes ved hjælp af CESORA [5].

### 3.3 Vand som en påvirkende faktor

Vand er den tredje af de primære vejrfaktorer som skal tages i betragtning ved vejrpåvirkningstest af kunstgræs. Vand kan optræde på kunstgræsmaterialer i form af regn, dug, kunstig vanding og vanddamp fra luften.

Belastninger som følge af regn, dug og fugtig luft afhænger af eksponeringsstedet, men kunstig vanding kan påføres hvor som helst. Periodisk kunstig vanding anbefales i høj grad da det hjælper til at optimere græsbanens funktionelle egenskaber (så spillerne kan glide og dreje og bolden kan hoppe og trille) og – hvad der er lige så vigtigt – øger sikkerheden for spillerne (fx beskytter mod ”brandsår” og forstrækninger og binder luftbåret støv).

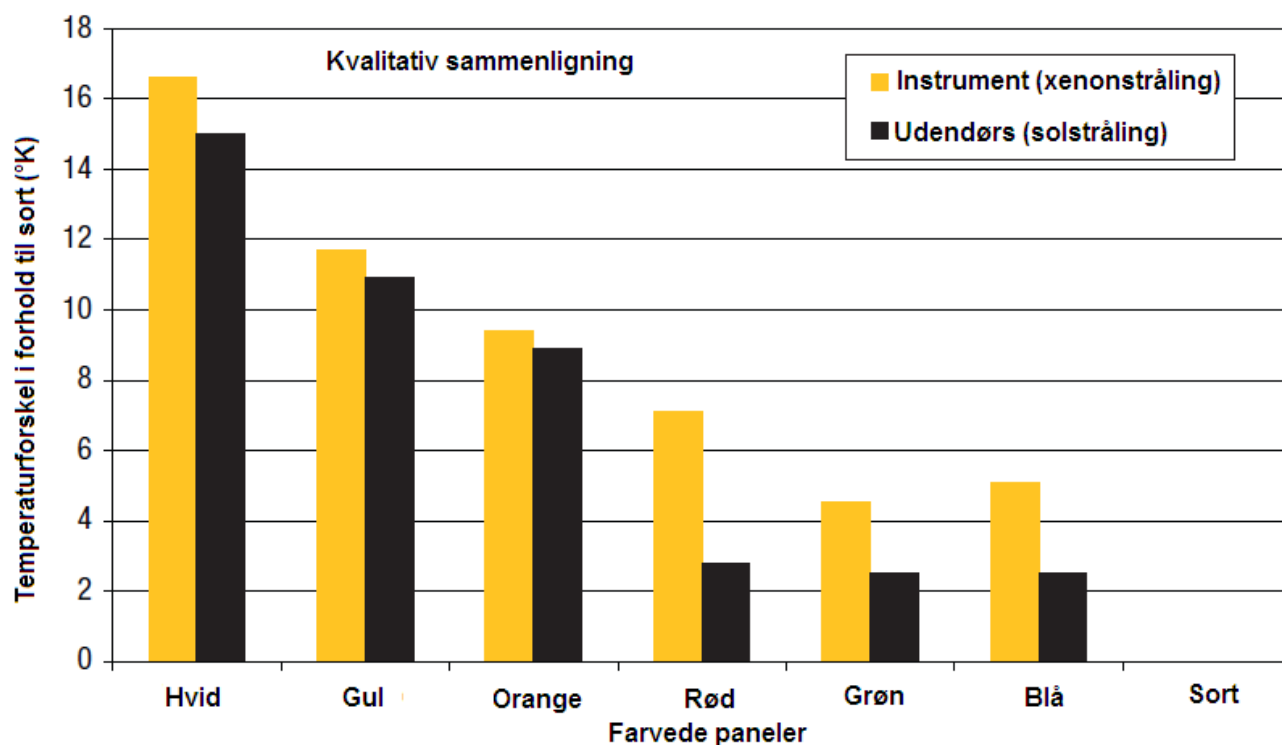
Når man vurderer belastninger som følge af regn, skal man tage hensyn til syrenedbør i industriområder.

## 4 Fremgangsmåder til realistisk vejrpåvirkningstest

Dette afsnit ser individuelt på de primære vejrfaktorer, og gør rede for hvordan disse faktorer bedst kan simuleres i en accelereret vejrpåvirkningstest.

### 4.1 Laboratorielyskilden

De foreliggende standardiserede testprocedurer benytter enten en fluorescerende lampe eller en xenonlampe som lyskilde. Figur 1 illustrerer den spektrale energifordeling sammenlignet med solreferencen i overensstemmelse med CIE85 (Tabel 4).



**Figur 3:** Temperaturmålinger af pvc-plader monteret på aluminiumspaneler taget hhv. udendørs og i et vejrpåvirkningsapparat [10, 11].

Op til ca. 340 nm matcher både fluorescerende lamper og xenonlamper spektrum solspektret godt. Over 340 nm er det kun den filtrerede xenonstråling der gengiver solspektret tilfredsstillende.

Tredjegeration kunstgræssystemer er flerkomponente systemer med forskellige og meget komplekse polymerer. Mange polymerer er i bund og grund modtagelige for fotokemisk ældning i det kortbølgede uv-område op til ca. 340 nm. I disse tilfælde er bølgelængdeintervallet hvorved de anvendte polymermaterialer er aktive dog ukendt, særligt i betragtning af de ofte forskellige anvendte additiver. Man må derfor altid formode at de anvendte materialer kan udvise fotokemiske reaktioner over 340 nm – noget som allerede er kendt for en række materialer [9]. Dertil kommer den temperatureffekt der kan opstå som et resultat af naturligt sollys på flerkomponentsystemer med forskellige spektrale absorptioner, og som kun kan simuleres tilfredsstillende med filtreret xenonstråling.

Figur 3 illustrerer den kvalitative effekt ved brugen af temperaturmålinger på pvc-plader monteret på aluminiumspaneler udendørs og i laboratorieapparater [10, 11]. Temperaturforskellen i forhold til sort plade er aftaget.

Kvalitativt tilsvarende temperaturforskelle kan observeres for både naturlig solstråling og vejrpåvirkningsapparater. Eftersom den fluorescerende lampe hverken har synlig stråling eller infrarød stråling, vil denne effekt ikke forekomme [12]. Lignende effekter skal forventes for flerkomponente systemer hvis materialer har forskellige absorptionskarakteristikker.

#### 4.2 Testparametre for sort standardtemperatur

De udfyldte kunstgræssystemer som dem der omtales i afsnit 3.2, har aktuelle overfladetemperaturer der ligger klart over den sorte standard- eller sorte pladetemperatur der er indstillet som kontrolparametre i de foreliggende standardtest. Selv om der endnu ikke findes temperaturmålinger der sammenligner kunstgræssystemer med sort standardtemperatur, kan det ikke desto mindre fastslås at sort standard- og sorte pladetemperaturer skal forhøjes med mindst 10 K hvis de som relevante temperaturmål skal skabe naturtro testbetingelser.

**Tabel 2:** *Bestrålingsstyrker ved forskellige bølgelængdeintervaller beregnet ved hjælp af CESORA [5] for referenceklimaer i Arizona, Florida, det centrale Europa og Cape Town, Sydafrika (hvor VM i fodbold blev afholdt i 2010). Spektret er beregnet midt på dagen – solbuens højeste punkt – d. 21. juni.*

Bølgelængdeinterval (nm)	Arizona E (W/m <sup>2</sup> )	Florida E (W/m <sup>2</sup> )	Frankfurt E (W/m <sup>2</sup> )	Cape Town E (W/m <sup>2</sup> )
280-300	0,016	0,017	0,008	0,016
300-400	60,3	62	47,6	61,6
400-800	565,7	583,8	468,4	567,2
800-4000	419,5	386,9	349,5	429,9
280-4000	1045,6	1032,7	865,6	1058,7

På dette område fortsætter undersøgelserne. Indtil videre ser det ud til at den mest afgørende temperatur er den på fyldets overflade.

#### 4.3 Testparametre for regn, vanding og fugt

Hvad angår tørre og våde cyklusser samt fugt, synes anbefalingerne i ISO 4892-2 eller ISO 4892-3 at være hensigtsmæssige. Der kræves yderligere undersøgelser for at fastslå om lyse og mørke cyklusser er nødvendige for at tillade eventuel regenerering i mørke) til test med en xenonlampe sammenlignet med udendørs vejrpåvirkning.

En kombination af spray eller befugtning med syreregning i overensstemmelse med forslaget til standarden "Kunstig Vejrpåvirkning Inklusive Syredeposition" efter ISO TC61/SC6 vil også kræve nøje overvejelse.

#### **4.4 Prøvekammer og prøveholder**

Laboratorietest ved accelereret vejrpåvirkning er uden tvivl nødt til at tage hensyn til alle typer kunstgræs, lige fra simple systemer til systemer med meget komplekse strukturer som beskrevet i afsnit 1.1. For at overholde alle pladsmæssige krav, anbefales et vandret prøvearrangement. I dag har næsten alle testprocedurer lodrette prøvearrangementer; men med en vandret prøvefastholdelse kan man nemt teste en række forskellige systemstrukturer – forudsat at prøveemnets højde kan varieres så den altid forbliver i samme afstand fra laboratorielyskilden.

Prøveholderen skal designes så man på den ene side kan teste de komplekse strukturer – fx dem med vandafløbssystemer – og på den anden side kan måle testparametrene for irradians, temperatur og fugt ordentligt og regulere dem kontinuerligt.

Et prøveområde på mindst 80 x 40 cm synes at være passende til generelle fysiske test (fx trækprøve, kraftreduktion/stødabsorbering) og/eller andre standard FIFA test (fx Lisport).

### **5 Sammendrag**

Afsnit 1 beskriver hvordan moderne fyldmaterialer øger risikoen for accelereret nedbrydning af polymerer. Det skyldes primært fyldmaterialets metalkomponenter og/eller svovlindhold. Det blev desuden bemærket at anvendelsen af HALS med lav basicitet giver øget syrebeskyttelse.

I lyset af ovennævnte bør foreliggende accelererede vejrpåvirkningstest evalueres og modificeres. Den primære betragtning er at vejrpåvirkningstest kun kan anses som en tilfredsstillende efterligning af virkeligheden hvis kunstgræsset testes sammen med sit fyldmateriale.

Den anden betragtning er at tage højde for temperaturerne for det anvendte græs- og fyldmateriale som beskrevet i afsnit 3. Dette opnår man nemmest ved at regulere den sorte standardtemperatur (BST) i prøvekommeret hvorved BST-værdien på 60 °C (som pt. kræves af standarderne) skal ses som værende mindst 10 K for lav. Det anbefales at bruge filtreret xenonlys da det – i modsætning til fluorescerende lys – har vist sig at kunne simulere den differentielle opvarmning af farvede materialer på en realistisk måde.

Det har også vist sig praktisk at anvende syreregn da kunstgræsbaner ofte anlægges i industri- og byområder hvor der er høj risiko for syreregn.

Endelig kan det formentlig svare sig at undersøge og optimere varigheden af de tørre/våde cyklusser. Betydelig dugdannelse samt den almindelige kunstige befugtning der kræves for at beskytte spillerne mod skader, skal yderligere tages i betragtning. Øger man varigheden af våd/tør-cyklusser i forhold til det aktuelle niveau, kan man komme tættere på en virkelighedstro efterligning.

## 6 Litteraturliste

- [1] Nach John, *The Market for Artificial Grass Yarn*, The Grass Yarn & Tufters Forum 2006, november 2006.
- [2] Grafinger A., *Alterung von Kunstrasen*, 36. Jahrestagung der GUS 2007.
- [3] FIFA Qualitz Concept, *Handbook of Test Methods and Requirements for Artificial Football Turf*, februar 2005.
- [4] Publikation nr. CIE85 1. udgave 1989, Teknisk rapport, *Solar Spectral Irradiance*.
- [5] Kühlen A., Severon B., *Kalkulation solarer Strahlungsparameter in der Materialprüfung*, 33. Jahrestagung der GUS, 2004.
- [6] McNitt Andrew S., *Evaluation of Playing Surface Characteristics of Various In-Filled Systems*, The Pennsylvania State University, 2007.
- [7] Aoki Toyooki, *Effect of Sunlight on Surface Temperatur of Artificial Sport Surfaces*, Biwako Seikei Sport College, Kita-Hira, Shiga-cho, Dhiga 520-0503, Japan, 2005.
- [8] Williams C. Frank og Pulley Gilbert E., *Synthetic Surface Heath Studies*, Sports Turf Managers Association Annual Conference, Januar 2004.
- [9] Searle Norma D., *The Importance of Adequately Simulating Solar UV and Visible Radiation to Reproduce Effects of Weathering*, SunSpots, Volume 24, Issue 48, 1994.
- [10] Ketola W.D., Fischer R.M., Scott K.P., Quinn R., *Surface Temperatures of Materials Exposed in a Xenon-Arc Device Controlled with Different Black Panels*, Prepared for ISO/TC61/SC6/WG2, september 2000.
- [11] Ketola W.D, Fischer R.M., *Surface Temperatures of Materials in Exterior Exposures and Artificial Accelerated Tests: Accelerated and Outdoor Durability Testing of Organic Materials*, ASTM, STP 1202, 1994.
- [12] Scott Kurt P., *Accelerated Weahtering Test Correlation Study*, SunSpots, Volume 26, Issue 53, 1996.