

Experimentele evaluatie van het modulaire drijvende afdekkingssysteem EVAPO CONTROL G4

Auteurs:

Dr. Ing. Victoriano Martinez Alvarez

Dr. Ing. Bernardo Martin Gorriz

Dr. Ing. Jose Francisco Maestre Valero

Over dit rapport

Dit rapport is gepromoot door de operationele groep AGRO-EVAPO-CONTROL, begunstigde van de operationele hulp voor de "Steun voor de oprichting en werking van operationele groepen van de Europese Vereniging voor Innovatie in "landbouwproductiviteit en duurzaamheid" overeenkomstig maatregel 16.1 van het programma voor plattelandsontwikkeling van de regio Murcia 2014-2020, dat de uitvoering ervan heeft uitbesteed aan de Polytechnische Universiteit van Cartagena (UPCT) om de modulaire drijvende afdekking EVAPO-CONTROL G4 experimenteel te evalueren als een techniek voor verdampingsbeperking voor irrigatievijvers en kleine reservoirs. De volgende specifieke doelstellingen worden ontwikkeld:

- (1) Experimenteel evalueren van de efficiëntie van de EVAPO-CONTROL G4-dekking als technologie voor het verminderen van verdamping; en
- (2) Experimenteel evalueren van het effect van EVAPO-CONTROL G4-dekking op de kwaliteit van opgeslagen water voor gebruik in landbouwirrigatie.

Over de werkgroep

Drs. Victoriano Martínez Álvarez, Bernardo Martín Górriz en Jose Francisco Maestre Valero maken deel uit van de docenten- en onderzoeksstaf van de onderzoeksgroep "Design and Management in Irrigated Agriculture" aan de UPCT.

De heer Victoriano Martínez Álvarez, de onderzoeker die verantwoordelijk is voor dit werk, is landbouwkundig ingenieur van de Polytechnische Universiteit van Madrid, doctor in de landbouwkunde van de Polytechnische Universiteit van Madrid, master in algemene en toegepaste hydrologie van het Centrum voor studies en experimenten van openbare werken, specialist in geografische informatiesystemen en remote sensing van de Universiteit van Castilla-La Mancha en specialist in fotointerpretatie van de natuurlijke omgeving voor de toepassing ervan op landbouwkundige en milieustudies van de Polytechnische Universiteit van Madrid. Verdamping in waterlichamen en de toepasbare technieken voor het beperken hiervan behoren tot zijn belangrijkste onderzoeksgebieden. De afgelopen 15 jaar heeft hij deelgenomen aan talrijke Europese, nationale en regionale projecten over dit onderwerp. Momenteel is hij universitair docent en directeur van de University-Business Chair "Water Transfer and Sustainability – Jose Manuel Claver Valderas".

Rapport gemaakt in april 2020

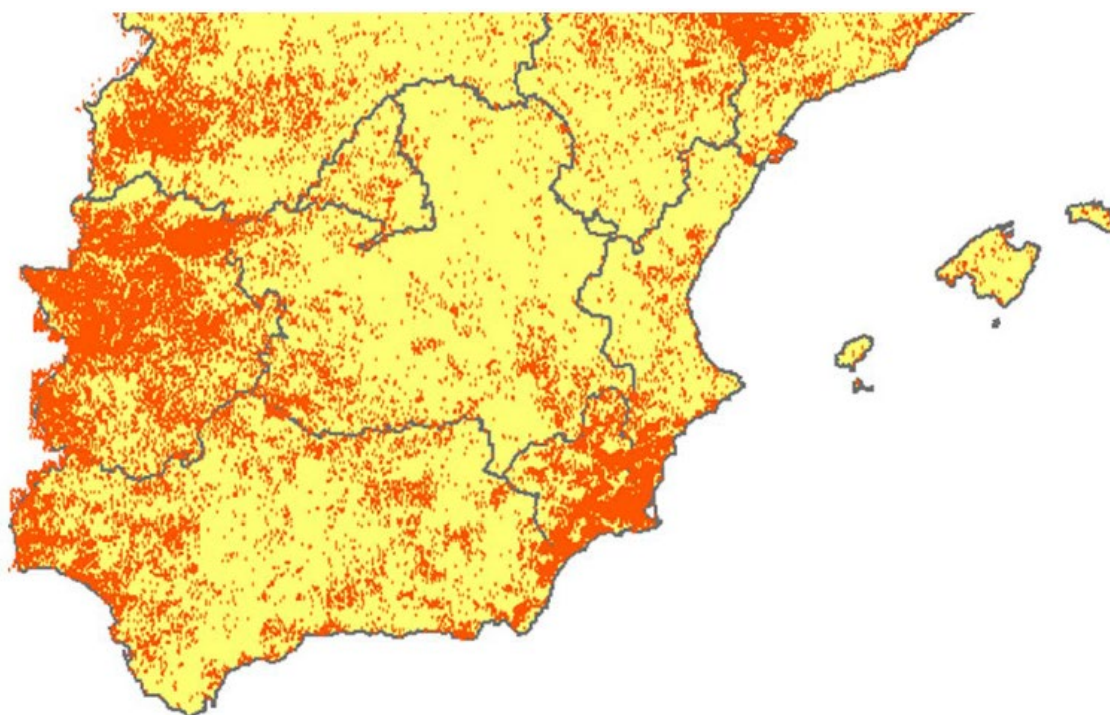
Index

Pagina

1. Inleiding en doelstellingen.....	3
2. Methodologie en reikwijdte van de studie.....	5
2.1. Gegevensverzameling en geïnstalleerde sensoren	8
2.2. Modelleren van verdamping in de open vijver	10
2.3. Meteorologische gegevens gebruikt in het model	12
2.4. Kwaliteitsgegevens van het water.....	13
3. Effectiviteit van afdekking van waterbassin als een techniek om verdamping te verminderen.....	14
4. Effect op de kwaliteit van het opgeslagen water.....	17
5. Conclusies.....	22
Referenties.....	23

1. Inleiding en doelstellingen

In droge en semi-droge gebieden, waar de waterbronnen vaak schaars en onregelmatig zijn, zijn irrigatievijvers een essentieel element geworden voor de toepassing van hoogfrequente irrigatiesystemen. Met de modernisering van irrigatiesystemen is er een wijdverbreide ontwikkeling van deze infrastructuur voor wateropslag en -regeling geweest. Zo concluderen sommige onderzoeken op nationaal niveau dat het totale aantal bestaande bassins meer dan 50.000 bedraagt. De beschikbare gegevens over hun geografische verspreiding zijn: meer dan 16.000 in Andalusië, ongeveer 11.000 in Murcia, meer dan 3.500 in de regio Valencia, enz. (González Ortega, 2010), dat wil zeggen, voornamelijk gelegen in het zuiden en aan de Spaanse Middellandse Zeekust.



Figuur 1. Verdeling van waterplassen in Spanje (Martín Morales, 2013).

De toename van het aantal bassins heeft gevolgen gehad voor de algehele efficiëntie van irrigatiesystemen. Dit komt door de aanzienlijke waterverliezen door verdamping die in de bassins optreden. Enkel al in het Segurabekken (Maestre Valero et al. 2013) schat men de verliezen in irrigatiebassins op $66,94 \text{ hm}^3/\text{jaar}$ (66,94 miljard liter), vergeleken met $23,67 \text{ hm}^3/\text{jaar}$ (23,67 miljard liter) in grote reservoirs.

Om de algehele efficiëntie van irrigatiesystemen te verbeteren, is het noodzakelijk om verliezen in bassins te beperken door middel van technieken die verdamping beperken. Er zijn talrijke technieken getest om de verdamping in waterlichamen te verminderen, waaronder het aanbrengen van chemische stoffen met een lage vluchtigheid (monolagen), het aanbrengen van drijvende of zwevende afdekkingen, het verwijderen van lagen in het waterlichaam, het aanbrengen van windschermen met vegetatie, enzovoort. (Martinez et al., 2006; Craig et al., 2005; Brown, 1988). Veel van deze systemen zijn niet erg aantrekkelijk voor gebruik in irrigatie bassins vanwege hun lage efficiëntie, hoge kosten, onverenigbaarheid met de specifieke kenmerken van de bassins en het daaropvolgende gebruik van het water, de moeilijkheidsgraad van de installatie, etc.

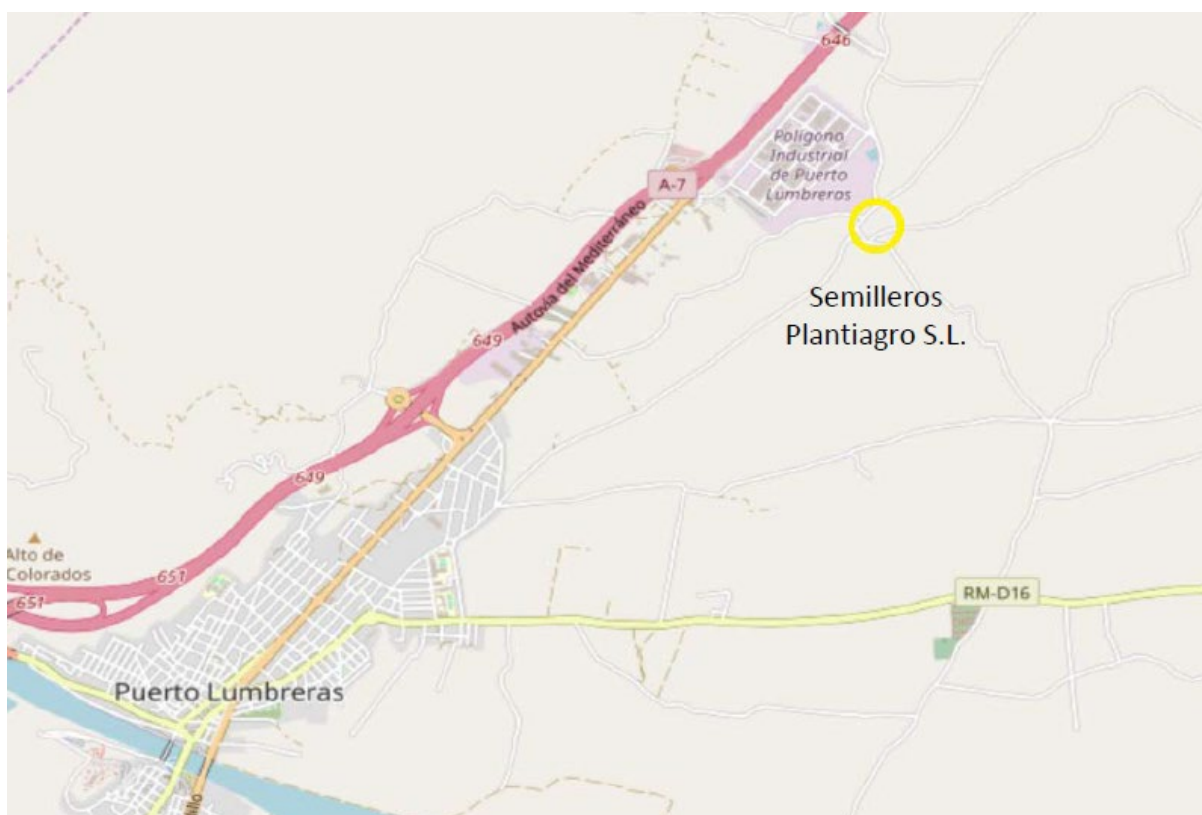
De afgelopen jaren zijn modulaire drijvende afdekkingen met lage kosten een aantrekkelijk alternatief geworden voor de irrigatiesector. De kosten ervan zijn competitief met die van andere technieken en er zijn geen specifieke werkzaamheden of activiteiten nodig voor de installatie, noch onderhoud gedurende de gehele levensduur. In lijn met deze technologische trend ontwikkelt Arana Water Management modulaire drijvende polyethyleen afdekkingen, genaamd EVAPO-CONTROL, als een techniek voor het beperken van verdamping in irrigatiebassins en kleine reservoirs. Om de effectiviteit van deze techniek te evalueren, werden in 2017 en 2018 twee experimentele tests uitgevoerd met de prototypes EVAPO-CONTROL-1 en EVAPO-CONTROL-2. Tijdens deze tests zijn aspecten van het ontwerp aan het licht gekomen die verbeterd moeten worden om de gewenste technische specificaties te behalen. Dit geldt met name voor het mechanische gedrag bij wind. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van een nieuw prototype, genaamd EVAPO-CONTROL G4.

Dit rapport bevat de resultaten die zijn verkregen na de experimentele test van het prototype van de modulaire drijvende afdekking EVAPO-CONTROL G4 gedurende 10 maanden onder reële omstandigheden (irrigatievijver in Puerto Lumbreras). De volgende specifieke doelstellingen worden ontwikkeld:

1. Experimenteel evalueren van de efficiëntie van EVAPO-CONTROL G4-dekking als technologie voor het verminderen van verdamping.
2. Experimenteel evalueren van het effect van EVAPO-CONTROL G4-dekking op de kwaliteit van opgeslagen water voor gebruik in landbouwirrigatie.

2. Methodologie en reikwijdte van het onderzoek

De experimentele test werd uitgevoerd in de faciliteiten van het bedrijf Semilleros Plantiagro S.L., gevestigd in de stad Puerto Lumbreras (Murcia), zoals weergegeven in figuur 2. Het klimaat van het studiegebied is mediterrane-semi-aride, gekenmerkt door warme zomers en milde winters. De regenval vertoont een grote seizoens- en interjaarlijkse variabiliteit, waarbij de gemiddelde waarde voor de laatste 20 jaar 232 ± 62 mm/jaar bedraagt (SIAM LO-61 Puerto Lumbreras-El Esparragal Station). De verdamping in klasse A-tanks in het gebied bedraagt ongeveer 1.700 mm per jaar.



Figuur 2. Locatie van de experimentele faciliteiten.

De technische karakterisering van de EVAPO-CONTROL G4-afdekking is gebaseerd op de monitoring en analyse van verdampings- en waterkwaliteitsgegevens over een periode van 10 maanden (van 1 juni 2019 tot 31 maart 2020) in een irrigatievijver gelegen in de installaties van het bedrijf Semilleros Plantiagro S.L., met een oppervlakte van ongeveer 600 m^2 en een maximale capaciteit van 2000 m^3 (fig. 3). De afdekking werd gedeeltelijk geïnstalleerd in de laatste week van mei 2019 en de installatie werd voltooid in de eerste week van augustus 2019.

Om het waterverlies door verdamping goed te beheersen, bleven de watertoevoer- en -afvoerbuizen van de vijver tijdens de test gesloten. Er werd dus alleen watertoevoer geregistreerd als gevolg van regenval. Op regenachtige dagen viel er niet alleen rechtstreeks regen, maar ook neerslag die door de kassen van het bedrijf werd opgevangen. Daarom was het na matig intensieve regenval ook nodig om het bassin gedeeltelijk leeg te laten lopen totdat het juiste niveau was bereikt voor het houden van de test. Om die reden zijn de dagen met regen en soms ook de dagen na de regenval uit het onderzoek weggelaten totdat het waterpeil in de vijver weer was hersteld.



Figuur 3. Locatie van het test-bassin.

De proefvijver is waterdicht gemaakt met een geomembraan van polyethyleen met een hoge dichtheid om infiltratie via de hellingen en de bodem te voorkomen. De waterdiepte in het reservoir bleef gedurende de test ongeveer 3,5 m. Figuur 4 toont verschillende afbeeldingen van het overdekte en onbedekte bassin.

Om de efficiëntie van de EVAPO-CONTROL G4-afdekking als verdampingsreducerende techniek te evalueren, zijn de verdampingsmetingen in de afgedekte vijver (E_c), geregistreerd met behulp van een zeer nauwkeurige druktransducer, vergeleken ondergedompeld, met die welke overeenkomen met het onbedekte bassin (E), geschat met een verdampingsmodel in watermassa's ontwikkeld door het onderzoeksteam (Martínez Alvarez et al., 2007). In het afgedekte bassin werden bovendien de watertemperatuur op

verschillende dieptes, de aanwezigheid van condensatie en de windsnelheid op 2 m boven de grond bepaald. Voor de toepassing van het model (hypothetische open vijver) werden dagelijkse registraties van de volgende meteorologische variabelen in de omgeving van het bassin gebruikt: zonnestraling, neerslag, windsnelheid, temperatuur en relatieve vochtigheid van de lucht (gemeten op een hoogte van 2 m boven de grond).



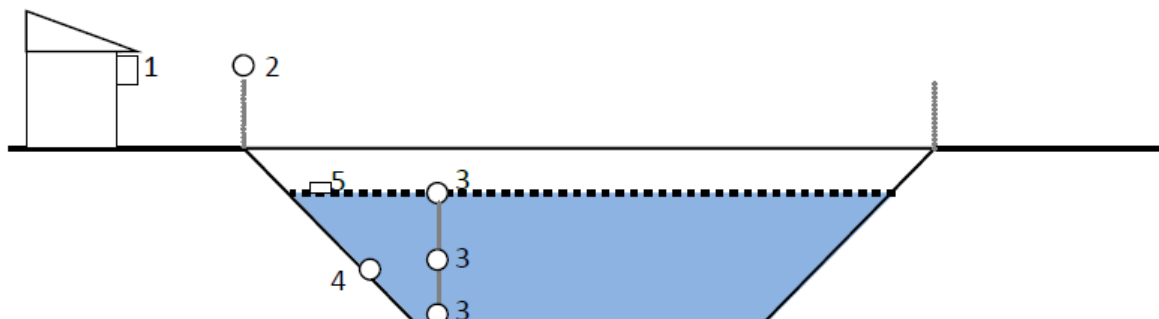
Figuur 4. Afbeeldingen van het onbedekte (links) en bedekte (rechts) vlot.

Om het effect van EVAPO-CONTROL G4-dekking op de kwaliteit van het opgeslagen water te evalueren, werden de volgende fysisch-chemische parameters maandelijks geregistreerd met een OTT DS5-multiparametersonde: temperatuur, pH, elektrische geleidbaarheid, opgeloste zuurstof, troebelheid en chlorofyl-a (gebruikt als maatstaf voor de algenconcentratie).

Hieronder worden verschillende methodologische aspecten gedetailleerd beschreven met betrekking tot: (1) het data-acquisitiesysteem en de geïnstalleerde sensoren, (2) de schatting van de verdamping in het onbedekte bassin door het modelleren van de energiebalans, (3) de meteorologische gegevens die zijn gebruikt bij het modelleren van het onbedekte bassins en (4) het verzamelen van gegevens over de waterkwaliteit.

2.1. Data-acquisitie en geïnstalleerde sensoren

De gegevensregistratie in het testbassin duurde van 11 januari 2019 tot en met 31 maart 2020. Figuur 5 toont het experimentele ontwerp:



Figuur 5. Schema van het experimentele reservoir met (1) datalogger, (2) anemometer, (3) watertemperatuursensoren, (4) druksensor en (5) condensatiesensoren.

De verdampingssnelheid in het afgedekte bassin (E_c) werd bepaald aan de hand van waterpeilmetingen die werden uitgevoerd met een druksensor (Druck, PDCR1830, nauwkeurigheid $\pm 0,06\%$ op een schaal van 75 mbar). De sensor werd in het bassin geplaatst en aan ballast bevestigd om beweging te voorkomen (fig. 6).



Figuur 6. Ballast- en druksensor.

De ontwikkeling van het thermische profiel van het bassins werd vastgelegd met behulp van 6 temperatuursensoren (T-107, Campbell SCI) die in het water waren ondergedompeld en aan een ketting aan de zijkant van het reservoir waren verankerd. De temperatuur werd gemeten op de volgende dieptes: oppervlak, 0,5 m, 1 m, 2 m en 3,5 m.

- De windsnelheid in het bassin werd geregistreerd met een bekeranemometer (A100R, Campbell SCI) die op een hoogte van 2 m naast het bassin werd geplaatst (Fig. 7), om windsnelheidsmetingen te verkrijgen die meer representatief zijn voor de lokale omstandigheden dan die welke werden geregistreerd op het SIAM LO-61-station (Puerto Lumbreras-El Esparragal).



Figuur 7. Anemometer geïnstalleerd naast het bassin op een hoogte van 2 m.

Condensatiesensor om de aanwezigheid van atmosferische condensatie boven de afdekking te detecteren (S237, Campbell SCI).

- Campbell CR1000 datalogger voor opslag van geregistreerde gegevens (Fig. 8). De genoemde gegevens werden automatisch elke 10 seconden geregistreerd. Daarnaast werden er uur- en daggemiddelden verkregen.



Figuur 8. Opnamebox met de datalogger (CR1000, Campbell SCI).

2.2. Modelleren van verdamping in het onbedekte bassin

De energiebalans van een waterlichaam wordt bepaald door de warmtewinst minus het warmteverlies in een bepaald tijdsinterval. Op basis van de belangrijkste natuurkundige wetten van behoud van energie kan de energiebalans als volgt worden uitgedrukt:

$$R_n + \lambda E + H_s + Q_w = 0$$

waarbij R_n de netto straling aan het oppervlak is, λE de verdampingsstroom, H_s de voelbare warmtestroom die met de atmosfeer wordt uitgewisseld en Q_w de variatie in opgeslagen warmte gedurende het beschouwde tijdsinterval. Alle stromen worden uitgedrukt in $W\ m^{-2}$, E is de verdampingssnelheid ($kg\ m^{-2}\ s^{-1}$) en λ is de latente verdampingswarmte ($J\ kg^{-1}$). Het tekencriterium is als volgt: alle positieve stromen geven warmtetoevoer naar het oppervlak aan (en dus energie die beschikbaar is voor het verdampingsproces) en negatieve stromen komen overeen met warmteverliezen van het oppervlak. De berekeningsprocedure voor elk van de balanstermen voor het bestudeerde reservoir wordt hieronder gedetailleerd beschreven.

Netto straling (R_n) - Netto straling is het resultaat van de balans tussen kortgolvlige en langgolvlige straling die door het wateroppervlak wordt ontvangen en verloren:

$$R_n = R_s - \alpha R_s + R_a - R_w$$

waarbij R_s de invallende zonnestraling (korte golf) is, α de albedo (percentage van R_s dat door het oppervlak wordt gereflecteerd), R_a de atmosferische straling (lange golf) en R_w de warmte die door het oppervlak wordt uitgestraald als functie van de temperatuur (lange golf).

De gemiddelde jaarlijkse waarde van α voor waterbassins op de breedtegraad die overeenkomt met Zuid-Spanje kan als gelijk aan 0,06 worden beschouwd. De langgolvlige termen van de balans zijn als volgt verkregen: R_a is bepaald met behulp van de door FAO voorgestelde methodologie (Allen et al., 1998), uit de meteorologische variabelen T_a , H_R en R_s die op het station zijn geregistreerd, terwijl R_w is berekend met behulp van de Stefan-Boltzman-vergelijking, rekening houdend met het feit dat de waarde van de wateremissiviteit 0,97 is.

Verdamping (E) - De verdampingssnelheid van het onbedekte bassin (E , $mm\ dag^{-1}$) is berekend met behulp van de volgende massaoverdrachtsvergelijking:

$$E = h_v (e_s - e_a)$$

waarbij e_s en e_a respectievelijk de verzadigingsdampdruk bij de wateroppervlaktetemperatuur, T_w , en de werkelijke dampdruk bij de luchttemperatuur, T_a ,

zijn en h_v de waterdamptransportcoëfficiënt is. Algemeen wordt aangenomen dat h_v evenredig is met de windsnelheid op 2 m hoogte en afhankelijk is van het verdampende oppervlak (S , m^2) via een empirische functie $f(S)$. In de literatuur zijn verschillende uitdrukkingen voor het berekenen van $f(S)$ te vinden, waarvan de door Martínez et al. voorgestelde voor deze studie is geselecteerd. (2007), die op zijn beurt de empirische functies combineert die door Molina et al. zijn voorgesteld. (2004), Brutsaert (1982) en Harbeck (1962), waarbij voor het oppervlaktebereik geldt: $1m^2 < S < 1010m^2$.

Gevoelige warmtestroom (H_s) - De voelbare warmte die wordt uitgewisseld aan de grensvlak tussen lucht en water wordt gegeven door:

$$H_s = h_c \rho C_p (T_a - T_w)$$

waarbij C_p de soortelijke warmte van de lucht is ($J\ kg^{-1}\ K^{-1}$), ρ de luchtdichtheid ($kg\ m^{-3}$), T_a en T_w respectievelijk de temperaturen van het lucht- en wateroppervlak zijn en h_c de convectieoverdrachtscoëfficiënt aan het wateroppervlak is. De coëfficiënt h_c kan worden benaderd door de waarde van de empirische waterdamptransportcoëfficiënt, h_e (Reynolds-analogie), die wordt gebruikt bij de berekening van de verdampingssnelheid:

$$h_c = \lambda \gamma h_e$$

waarbij γ de psychrometrische constante is ($kPa\ K^{-1}$).

Opgeslagen warmte (Q_w) - De warmte die door het waterlichaam wordt opgeslagen of afgegeven, wordt weergegeven door de volgende vergelijking:

$$Q_w = C_w P \Delta T_w / \Delta t$$

waarbij C_w ($J\ kg^{-1}\ m^{-3}$) de volumetrische warmtecapaciteit van water is, een functie van de temperatuur, P (m) de dikte of diepte van het waterlichaam is en $\Delta T_w / \Delta t$ de variatie in watertemperatuur gedurende het beschouwde tijdsinterval is. P wordt bepaald op een dagelijkse schaal, gebaseerd op de oppervlakte en het volume van de vijver.

Alle aspecten van de energiebalans zijn afhankelijk van de oppervlaktetemperatuur (= temperatuur van het waterlichaam, uitgaande van isotherm gedrag). Het gebruikte rekenalgoritme bestaat uit het uitvoeren iteraties totdat de streef temperatuur is gevonden waarbij aan de evenwichtsvoorwaarde is voldaan, dat wil zeggen de temperatuurwaarde waarbij de som van de evenwichtsvoorwaarden gelijk is aan nul. Een meer gedetailleerde beschrijving van het model is te vinden in Martínez et al. (2007). Het model is gevalideerd met experimentele gegevens voor het berekenen van verdamping in irrigatievijvers (Gallego et al., 2009).

2.3. Meteorologische gegevens gebruikt in het model

Er is gebruik gemaakt van dagelijkse meteorologische gegevens die zijn geregistreerd bij het agroklimatologisch station van de Agricultural Information Service of Murcia (SIAM) LO-61, genaamd “Puerto Lumbreras-El Esparragal”. Dit station bevindt zich 3 km ten oosten van het proefbassin, waardoor de geregistreerde gegevens over zonnestraling (Rs), luchttemperatuur (Ta), relatieve luchtvochtigheid (RH_a) en neerslag (P) als voldoende representatief worden beschouwd voor de doeleinden waarvoor ze worden gebruikt. Voor de informatie over de windsnelheid (V) is besloten om onze eigen gegevens te gebruiken die zijn vastgelegd in de buurt van het testbassin, ondanks dat deze variabele al is vastgelegd op station LO-61. Dit is namelijk een variabele die sterk kan worden beïnvloed door de lokale omstandigheden en de omgeving. Figuur 9 toont de belangrijkste kenmerken van het LO-61-station.

Nombre - Paraje (Municipio)	Puerto Lumbreras - El Esparragal (Puerto Lumbreras)		
Finca	Ayuntamiento Puerto Lumbreras		
Coordenadas Geográficas	Lat:37° 35' 25,7" Lon:1° 43' 32"		
Coordenadas UTM	X:612515 Y:4161142		
Altitud	319 m.		
Fecha de Alta	01-ENE-1996		
Último dato recibido	16-DIC-2019		

Marca	Modelo	Nº Serie	Descripción
YOUNG	05103-5	97985	ANEMOVELETA
KIPP & ZONEN	CMP6	080276	RADIÓMETRO
THIES-CLIMA	5.4031.30.006	0292001	PLUVIÓMETRO
CAMPBELL	CR1000	E4438	DATALOGGER
VAISALA	HMP45AC	E394002	TERMO HIGRÓMETRO



Figuur 9. Belangrijkste kenmerken van Station LO-61 “Puerto Lumbreras-El Esparragal”.

2.4. Gegevens over waterkwaliteit

Om de evolutie van de waterkwaliteit in het bassin te analyseren, werden de belangrijkste waterkwaliteitsparameters geëvalueerd langs het diepteprofiel van het bassin met behulp van een multiparametrische sonde (OTT-DS5 - HYDROLAB): watertemperatuur (Ta), elektrische geleidbaarheid (EC), chlorofyl - a (Cl-a), troebelheid (Tr) en opgeloste zuurstof (DO). De Cl-a-concentratie wordt veel gebruikt als standaardmethode voor het schatten van de biomassa van fytoplankton (algen). DO in water is een andere belangrijke parameter voor de waterkwaliteit en kan in sommige intensieve landbouwsystemen een beperkende factor vormen. De onderzoeken werden maandelijks omstreeks 11.00 uur uitgevoerd (Fig. 10 en 11). De multiparametersonde werd elke 6 maanden gekalibreerd. Uit het geregistreerde continue profiel werden waarden op diepten van 0,2 m, 0,5 m, 1 m, 2 m en 3,5 m geselecteerd.



Figuur 10. Verzameling van waterkwaliteitsgegevens tijdens de test.

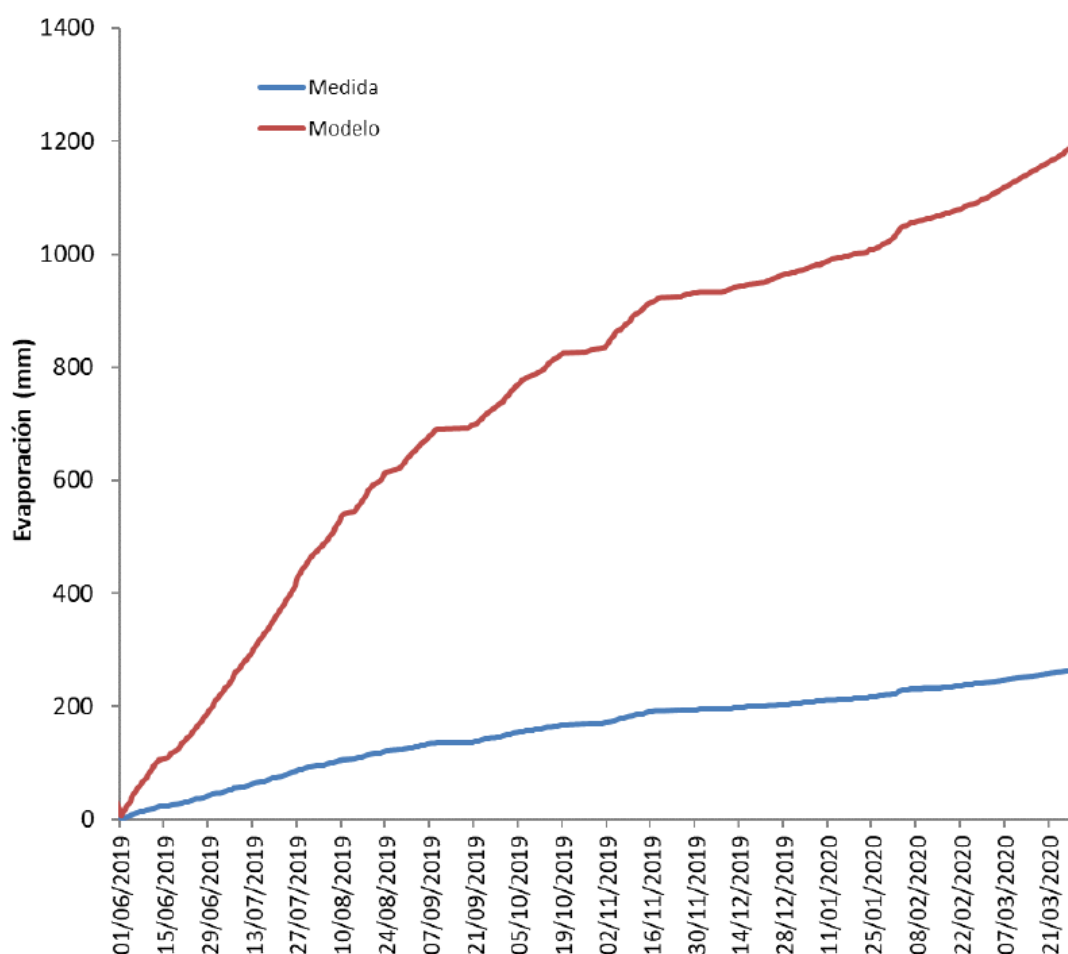


Figuur 11. OTT-DS5 multiparameter-sonde.

3. Effectiviteit van afdekking van waterbassin als een techniek om verdamping te verminderen

Figuur 12 toont de ontwikkeling van de verdampingssnelheid in het bassin, gemeten tijdens de test – blauwe lijn Medida (Ec), en de gemodelleerde verdampingssnelheid voor het onbedekte bassin rode lijn M(E). Hierbij zijn de 48 dagen waarin zich situaties hebben voorgedaan die de kwaliteit van de metingen kunnen beïnvloeden, zoals regenval of het onttrekken van water uit de vijver na regenval om de gewenste diepte te bereiken, buiten beschouwing gelaten.

De totale verdamping die werd geregistreerd in het bassin met de EVAPO-CONTROL G4-afdekking bedroeg 274,4 mm, terwijl de verdamping van een onbedekt bassin met dezelfde kenmerken en gedurende dezelfde periode 1229,6 mm zou hebben bereikt. Deze cijfers geven aan dat de jaarlijkse reductiefactor (f), berekend met de formule $100 * (E - E_c) / E$, 77,68% bedraagt.



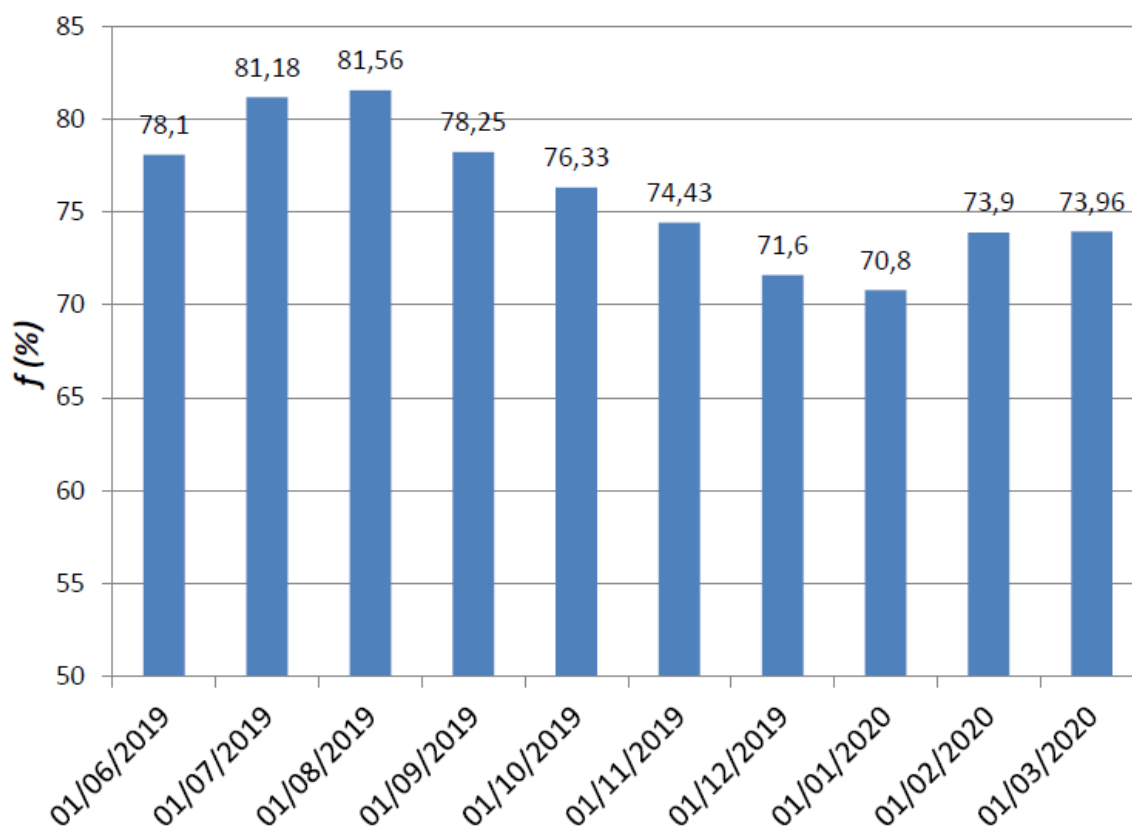
Figuur 12. Evolutie van de verdampingssnelheid tijdens de test.

Tabel 1 toont de reductiefactor (f) voor periodes van 3 tot 22 dagen van de test, gedefinieerd tussen regenvalgebeurtenissen of wateronttrekkingen. De reductiefactor lag in deze periodes tussen de 69,70 en 82,84%, met een verbetering in de zomermaanden.

Tabel 1. Verdampingsreductiefactor per testperiode.

Periode	Verdamping uit met EVAPO CONTROL afgedekt bassin (mm)	Verdamping uit niet afgedekte bassin (mm)	Verdampingsreductie (%)
1 juni – 13 juni	30,94	138,78	77,71
16 juni – 7 juli	32,09	153,41	79,08
9 juli – 26 juli	29,59	154,46	80,84
27 juli – 10 augustus	21,63	126,06	82,84
14 augustus – 20 augustus	10,18	54,16	81,20
22 augustus – 24 augustus	4,48	21,31	78,98
28 augustus – 9 september	15,03	76,03	80,24
19 september – 7 oktober	21,62	91,47	76,37
9 oktober – 19 oktober	10,11	43,24	76,62
26 oktober – 28 oktober	1,37	5,58	75,39
31 oktober – 19 november	23,55	92,05	74,41
24 november – 1 december	2,55	10,13	74,81
8 december – 16 december	3,80	13,24	71,30
22 december – 10 januari	11,52	40,52	71,55
11 januari - 19 januari	3,88	12,82	69,7
22 januari – 8 februari	16,23	58,62	72,31
9 februari - 28 februari	9,99	38,63	74,14
1 maart – 22 maart	20,28	77,41	73,8
25 maart - 30 maart	5,54	21,72	74,52
TOTAAL 1/06/2019 – 1/04/2020	274.38	1229.64	77,69

Figuur 13 toont de maandelijkse reductiefactor (f) tijdens de test, die varieert van 70,80% in januari tot 81,56% in augustus.



Figuur 13. Evolutie van de maandelijkse verdampingsfactor tijdens de test.

4. Effect op de kwaliteit van het opgeslagen water

Tabel 2 toont de waarden van de watertemperatuur (Ta), elektrische geleidbaarheid (EC), chlorofyl-a (Cl-a), troebelheid (Tr) en opgeloste zuurstof (DO) op 6 diepten van het waterbassin tussen 27 mei 2019 en 30 maart 2020.

Uit de resultaten blijkt dat er tijdens de test geen thermische stratificatie in het bassin heeft plaatsgevonden. De geringe waterdiepte in het bassin (3 m) heeft waarschijnlijk thermische stratificatie verhinderd. Daarom is een gemiddelde waarde van elke parameter voor het diepteprofiel (0,2 tot 2,5 m) een goede weergave van het gedrag van water bij de installatie van de modulaire drijvende afdekking EVAPO-CONTROL G4. In deze zin toont Figuur 14 de evolutie van de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters die tijdens de test zijn geanalyseerd.

De elektrische geleidbaarheid (EC) is gedurende de hele test vrijwel constant gebleven en bereikte in de maanden februari en maart 2020 een maximum van 0,60 dS/m en vanaf september 2019 een minimum van 0,20 dS/m. De verdamping van water in het afgedekte bassin (Ec) bedroeg 323,80 mm, terwijl de geaccumuleerde neerslag 276,1 mm bedroeg. De verlaging van de EC tot 0,20 dS/m werd voornamelijk toegeschreven aan de instroom van regenwater uit de kassen op het bedrijf, zoals aangegeven in hoofdstuk 2.

De opgeloste zuurstofgehalten (DO) waren tijdens de test lager dan 5 mg/L en veranderden pas nadat er meerdere keren regenwater in de vijver was gestroomd. Deze verlaagde OD-waarden worden duidelijk verklaard door het effect van de afdekking op de daaropvolgende afbraak van organisch materiaal, in combinatie met de geleidelijke stijging van de watertemperatuur in de vijver, waardoor de oplosbaarheid van atmosferische O₂ in het water afnam. In sommige monsters bereikten de zuurstofgehalten zelfs waarden die dicht bij nul lagen (bemonstering in augustus en september 2019).

De concentratie chlorofyl-a (Cl-a) bleef gedurende de hele test zeer laag, tussen 0,25 µg/L en 7,50 µg/L. Deze lagere concentraties zijn zelfs waargenomen in maanden met hogere watertemperaturen (Figuur 14). Sinds de installatie van de drijvende modules is er geen significante toename van chlorofyl-a waargenomen, zelfs niet tijdens de hevige regenval tussen 12 en 14 september 2019 (fig. 14).

Na de installatie van de EVAPO-CONTROL G4-afdekking bleven de troebelheidswaarden (Tr) zeer laag (< 6 NTU), behalve in september en oktober 2019, toen de stijging verband hield met de meesleep van fijn stof dat werd geproduceerd door de hevige regenval in die periode. Het is belangrijk om op te merken dat Tr vanaf eind oktober weer naar lagere waarden daalde.

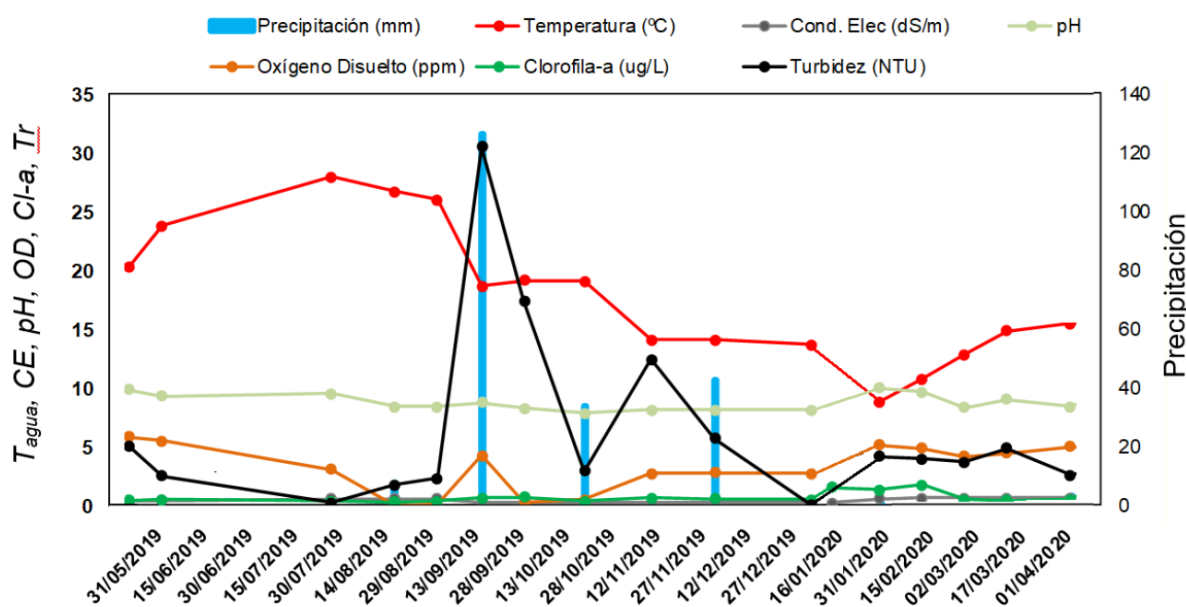
De verkregen resultaten bevestigen dan ook de doeltreffendheid van de EVAPO-CONTROL G4-afdekking als techniek voor het beheersen van de concentratie microalgen in het waterbassin, zoals blijkt uit de lage waarden in de concentratie van chlorofyl-a en de troebelheid van het water dat tijdens de test in de vijver is opgeslagen.

Tabel 2. Fysisch-chemische parameters van het waterprofiel in de vijver.

Profundidad (m)	T _{aqua} (°C)	CE (mS / cm)	pH	Cl-a (µg / L)	OD (mg / L)	Tr (NTU)
27/05/2019						
0,2	21,5	0,30	9,86	0,36	6,32	4,95
0,5	20,13	0,30	9,83	0,42	5,70	4,95
1,0	19,93	0,30	9,82	0,43	5,67	4,92
1,5	19,86	0,30	9,83	0,44	5,60	5,10
2,0	19,82	0,30	9,83	0,45	5,61	5,20
2,5	19,75	0,30	9,79	0,44	5,67	4,95
PROMEDIO	20,17	0,30	9,83	0,42	5,76	5,01
07/06/2019						
0,2	24,77	0,40	9,4	0,41	5,82	0,70
0,5	24,11	0,40	9,3	0,41	5,75	1,00
1,0	23,55	0,40	9,27	0,42	5,19	1,00
1,5	23,39	0,40	9,2	0,46	5,16	1,10
2,	23,31	0,40	9,17	0,52	5,19	1,60
2,5	23,26	0,40	9,17	0,52	5,37	9,50
PROMEDIO	23,73	0,40	9,25	0,46	5,41	2,48
02/08/2019						
0,2	27,95	0,50	9,52	0,30	3,15	0,00
0,5	27,92	0,50	9,48	0,30	3,12	0,00
1,0	27,91	0,50	9,47	0,30	3,06	0,10
1,5	27,89	0,50	9,47	0,30	3,01	0,30
2,0	27,89	0,50	9,45	0,30	3,00	0,40
2,5	27,87	0,50	9,44	0,30	2,98	0,50
PROMEDIO	27,91	0,50	9,47	0,30	3,05	0,22
23/08/2019						
0,2	26,65	0,50	8,33	0,25	0,00	1,70
0,5	26,65	0,50	8,34	0,25	0,00	1,70
1,0	26,65	0,50	8,33	0,25	0,00	1,70
1,5	26,65	0,50	8,34	0,25	0,00	1,70
2,0	26,65	0,50	8,35	0,25	0,00	1,70
2,5	26,65	0,50	8,36	0,24	0,00	1,60
PROMEDIO	26,65	0,50	8,34	0,25	0,00	1,68
06/09/2019						
0,2	25,92	0,50	8,33	0,29	0,06	0,00
0,5	25,92	0,50	8,33	0,29	0,06	0,00
1,0	25,92	0,50	8,36	0,31	0,06	0,00
1,5	25,92	0,50	8,36	0,30	0,07	0,00
2,0	25,92	0,50	8,36	0,30	0,07	5,50
2,5	25,92	0,50	8,38	0,30	0,07	7,90
PROMEDIO	25,92	0,50	8,35	0,30	0,07	2,23
21/09/2019						

0,2	19,64	0,20	8,82	0,55	4,66	14,80
0,5	18,69	0,20	8,76	0,56	3,98	15,30
1,0	18,23	0,20	8,60	0,59	4,06	35,00
1,5	18,21	0,20	8,62	0,61	4,08	27,40
2,0	18,20	0,20	8,61	0,61	4,10	44,90
2,5	18,20	0,20	8,60	0,59	4,13	45,00
PROMEDIO	18,53	0,20	8,67	0,59	4,17	30,40
05/10/2019						
0,2	19,73	0,20	8,29	0,66	1,49	1,10
0,5	19,40	0,20	8,28	0,67	0,08	2,20
1,0	18,89	0,20	8,22	0,69	0,00	5,40
1,5	18,82	0,20	8,22	0,70	0,0	32,0
2,0	18,8	0,20	8,22	0,74	0,04	31,00
2,5	18,81	0,20	8,21	0,74	0,05	32,00
PROMEDIO	19,08	0,20	8,24	0,70	0,28	17,28
25/10/2019						
0,2	19,02	0,20	7,76	0,33	0,48	2,50
0,5	19,00	0,20	7,82	0,35	0,48	3,00
1,0	19,00	0,20	7,82	0,36	0,48	3,40
1,5	18,99	0,20	7,82	0,36	0,48	3,70
2,0	18,99	0,20	7,81	0,35	0,48	3,20
2,5	18,99	0,20	7,82	0,33	0,48	1,40
PROMEDIO	19,00	0,20	7,81	0,35	0,48	2,87
16/11/2019						
0,2	14,00	0,20	8,05	0,57	2,70	2,20
0,5	14,00	0,20	8,04	0,60	2,70	2,30
1,0	14,00	0,20	8,05	0,61	2,70	7,60
1,5	14,00	0,20	8,05	0,62	2,69	1,70
2,0	14,00	0,20	8,06	0,63	2,70	3,70
2,5	13,99	0,20	8,06	0,63	2,70	56,70
PROMEDIO	14,00	0,20	8,05	0,61	2,70	12,37
07/12/2019						
0,2	14,04	0,20	8,06	0,52	2,75	0,20
0,5	14,03	0,20	8,06	0,52	2,74	0,10
1,0	14,00	0,20	8,06	0,52	2,74	0,00
1,5	14,00	0,20	8,06	0,52	2,72	0,00
2,0	13,99	0,20	8,06	0,52	2,70	0,00
2,5	14,0	0,20	8,06	0,54	2,70	33,8
PROMEDIO	14,01	0,20	8,06	0,52	2,73	5,68
11/01/2020						
0,2	7,85	0,20	11,01	1,50	5,40	4,50
0,5	7,77	0,20	10,97	1,55	5,30	4,50
1,0	7,81	0,20	10,97	1,45	5,40	4,50
1,5	7,77	0,20	10,95	1,50	5,50	4,50
2,0	-	-	-	-	-	-
2,5	-	-	-	-	-	-

PROMEDIO	7,80	0,20	10,98	1,50	5,40	4,50
25/01/2020						
0,2	8,97	0,50	9,98	1,40	5,20	4,20
0,5	8,80	0,50	10,02	1,30	5,10	4,10
1,0	8,74	0,50	9,97	1,25	5,10	4,10
1,5	8,71	0,50	9,96	1,30	5,10	4,10
2,0	8,71	0,50	9,96	1,25	5,10	4,10
2,5	8,71	0,50	9,98	1,30	5,10	4,10
PROMEDIO	8,77	0,50	9,98	1,30	5,12	4,12
08/02/2020						
0,2	10,71	0,60	9,52	1,72	4,90	3,80
0,5	10,70	0,60	9,54	1,74	4,85	3,80
1,0	10,69	0,50	9,56	1,73	4,80	4,00
1,5	10,72	0,60	9,60	1,81	4,80	4,50
2,0	10,73	0,60	9,62	1,83	4,80	4,00
2,5	10,79	0,60	9,65	1,51	4,80	3,30
PROMEDIO	10,72	0,58	9,58	1,72	4,83	3,90
22/02/2020						
0,2	14,09	0,60	8,36	0,43	4,02	3,70
0,5	12,78	0,60	8,25	0,44	4,16	3,60
1,0	12,56	0,60	8,28	0,44	4,15	3,60
1,5	12,47	0,60	8,29	0,45	4,14	3,60
2,0	12,42	0,60	8,28	0,44	4,15	3,60
2,5	12,42	0,60	8,30	0,42	4,17	3,60
PROMEDIO	12,79	0,60	8,29	0,44	4,13	3,62
08/03/2020						
0,2	15,99	0,60	9,15	0,40	4,50	4,70
0,5	14,99	0,60	9,07	0,43	4,40	4,90
1,0	14,62	0,60	8,97	0,43	4,40	5,10
1,5	14,43	0,60	8,94	0,46	4,40	5,30
2,0	14,39	0,60	8,93	0,44	4,40	5,40
2,5	14,37	0,60	8,90	0,37	4,40	3,40
PROMEDIO	14,80	0,60	8,99	0,42	4,42	4,80
29/03/2020						
0,2	16,09	0,60	8,42	0,46	5,37	2,60
0,5	15,62	0,60	8,37	0,47	4,77	2,60
1,0	15,27	0,60	8,32	0,45	4,77	2,40
1,5	15,22	0,60	8,32	0,45	4,79	2,50
2,0	15,19	0,60	8,33	0,44	4,85	2,50
2,5	15,15	0,60	8,34	0,43	5,02	2,50
PROMEDIO	15,42	0,60	8,35	0,45	4,93	2,52



Figuur 14. Evolutie van de waterkwaliteitsparameters die tijdens de experimentele test zijn geanalyseerd.

5. Conclusies

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd die zijn verkregen tijdens de 10 maanden durende experimentele test van het prototype van de modulaire drijvende afdekking EVAPO-CONTROL G4. De test werd uitgevoerd in een waterbassin die vergelijkbaar is met de bassins die te vinden zijn op landbouwbedrijven in het zuidoosten van Spanje, en onder klimatologische omstandigheden die kenmerkend zijn voor de stad Puerto Lumbreras in Murcia, die eveneens kenmerkend is voor het zuidoosten van Spanje. De resultaten van dit rapport zijn daarom direct toepasbaar op bassins gemaakt met geomembranen op locaties in Zuidoost-Spanje en, meer in het algemeen, op dergelijke waterbassins in het Middellandse Zeegebied.

De afdekking vertoonde het verwachte mechanische gedrag. Er werd tijdens de test geen stapeling van modules waargenomen als gevolg van wind. De modules zijn de hele tijd op het wateroppervlak van de vijver gebleven en hebben het gehele oppervlak bedekt.

De EVAPO-CONTROL G4-afdekking is erin geslaagd de verdamping met 77,69% te verminderen tijdens de experimentele test van een jaar, wat een lichte verbetering is ten opzichte van de resultaten van het vorige EVAPO-CONTROL-2-prototype, dat de verdamping met 76,16% verminderde bij evaluatie gedurende één jaar in een experimentele bassin in Campo de Cartagena. Deze test bevestigt dat het hier om een efficiënte

technologie gaat om het verminderen van verdamping in waterbassins en dat het nieuwe prototype de prestaties van de vorige versie verbetert. De verdampingsreductiefactor is niet het hele jaar door constant geweest, maar varieerde van 70,80% in januari tot 81,56% in augustus.

Wat betreft de effecten van de EVAPO-CONTROL G4-afdekking op de waterkwaliteit, is de elektrische geleidbaarheid op zeer lage waarden gebleven en werd deze bepaald door de directe binnenkomst van regenwater en indirect water uit de opvang van de kassen van de tuinder. Ook de concentratie chlorofyl-a (indicator voor de aanwezigheid van algen in de vijver) en de troebelheidswaarde waren na de installatie van de drijvende afdekking vrijwel nul. Dit toont aan dat de afdekking effectief is als techniek voor het beheersen van de concentratie microalgen in de irrigatievijver.

Op basis van deze experimentele resultaten kan worden gesteld dat de EVAPO-CONTROL G4-afdekking aan de technische specificaties voldoet die deze uitermate geschikt maken voor het beheersen van verdamping en het handhaven van de waterkwaliteit in irrigatievijvers van gemiddelde omvang. Daarnaast biedt het nog andere voordelen, zoals de eenvoud van de installatie en het ontbreken van onderhouds- en klimaatrisico's.

Cartagena, 2 april 2020

De auteurs van het rapport

Victoriaanse Martinez Alvarez - Dr. Landbouwkundig ingenieur - Professor aan de Polytechnische Universiteit van Cartagena

Getekend: Bernardo Martin Gorriz - Dr. Landbouwkundig ingenieur - Professor aan de Polytechnische Universiteit van Cartagena

Getekend: Jose Francisco Maestre Valero - Dr. Landbouwkundig ingenieur - Professor aan de Polytechnische Universiteit van Cartagena

Referenties

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Gewasverdamping. richtlijnen voor het berekenen van de waterbehoefte van gewassen. Irrigatie- en drainagepaper 56, FAO, Rome, 300 pp.
- Bruin, J.A. 1988. Het potentieel voor het verminderen van verliezen door verdamping van open water: een overzicht. Hydrologie en waterbronnensymposium 1988. Canberra, Australië. blz. 108–115.
- Brutsaert, W., 1982. Verdamping in de atmosfeer. Reidel, Dordrecht, 299 pp.
- Craig, I., Green, A., Scobie, M., Schmidt, E., 2005. Beheersing van verdampingsverlies uit wateropslag. NCEA-publicatie nr. 1000580/1, Queensland (Australië).
- Gallego-Elvira, B., Finch, J.W., Baille, A., Martínez-Álvarez, V., 2009. Verdamping uit opslag op boerderijen in een semi-aride klimaat: meting en modellering. Internationale workshop over verdamping uit reservoirs. Gold Coast, Australië.
- González Ortega, J.M., 2010. De rol van vijvers in duurzaam waterbeheer. Tijdschrift voor Openbare Werken, 157:113-116.
- Harbeck, G.E., 1962. Een praktische veldtechniek voor het meten van reservoirverdamping met behulp van massaoverdrachtstheorie. ONS. Geometrisch. Overlevende Prof. Artikel. 272-E: 101–105.
- Maestre Valero, J.F., Martínez-Granados, D., Martínez-Alvarez, V., Calatrava, J., 2013. Sociaal-economische impact van verdampingsverliezen uit reservoirs onder vroegere, huidige en toekomstige scenario's voor waterbeschikbaarheid in het semi-aride Segura-bekken. Waterbeheer. 27:1411–1426.
- Martín Morales, J.M., 2013. Problemen bij de toepassing van Koninklijk Besluit 9/2008. Vloten in toekomstige Technische Veiligheidsnormen. Conferentie “Huidige situatie van de wetgeving inzake vloten in Spanje”, 25 april 2013, Madrid.
- Martínez, V., Baille, A., Molina, J.M., González-Real, M.M., 2006. Efficiëntie van schaduwmaterialen bij het verminderen van verdamping van vrije wateroppervlakken. Landbouwwaterbeheer, 84: 229–239.
- Martínez Alvarez, V., González-Real, M.M., Baille, A., Molina Martínez, J.M., 2007. Een nieuwe benadering voor het schatten van de pancoëfficiënt van irrigatiewaterreservoirs. Toepassing op Zuidoost-Spanje. Landbouwwaterbeheer, 92:29–40.
- Martínez Alvarez, V., Calatrava Leyva, J., Maestre Valero, J.F., Martín Górriz, B., 2009. Economische beoordeling van schaduwdoekafdekkingen voor landbouwirrigatiereservoirs in een semi-aride klimaat. Landbouwwaterbeheer 96:1351–1359.
- Molina Martínez, J.M., 2004. Karakterisering en modellering van verdamping in verdampingsmetertanks en irrigatiereservoirs. Evaluatie van de effecten van schaduwnetten. Proefschrift, Afdeling Landbouw en Voeding, Polytechnische Universiteit van Cartagena, Spanje, 207pp.