

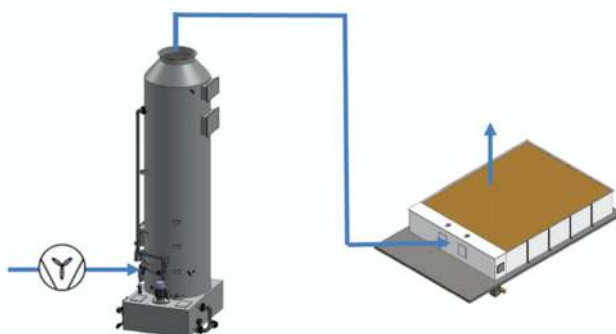


1. afzuiging van lucht uit de grondstoffenontvangst en –opslag hal en de digestaat scheidings- en opslag hal en van proceslucht van de vacuüm verdampingsinstallatie

De grondstoffenontvangst en –opslaghal de digestaat scheidings- en opslag hal worden afgezogen. Deze lucht, tezamen met proceslucht van de vacuüm verdampingsinstallatie, bevat ammoniak (NH₃) en wordt naar een van de twee luchtwater en biobed wordt geleid, waar het wordt gezuiverd en van geur ontdaan. De schone lucht wordt via het biobed geëmitteerd. In de hallen wordt een ventilatievoud van 2x gehanteerd om onderdruk in het gebouw te borgen en zodoende diffuse emissies te minimaliseren. De lucht uit de diverse compartimenten in de grondstoffenontvangst en -opslaghal wordt afgezogen. Waar kippenmest is opgeslagen vindt specifieke puntafzuiging plaats. De hal is zo ontworpen dat de lucht van ruimten met een lage NH₃ concentratie naar ruimten met een hogere NH₃ concentratie wordt geleid. Voor de NH₃ concentratie in de diverse compartimenten is een conservatieve inschatting gemaakt a.h.v. referentie opslaghallen en ruimten waar o.a. kippenmest wordt opgeslagen. Daarnaast wordt verdringingslucht uit de vloeistofopslagsilo's ook afgezogen.

Beschrijving	Oppervlakte	Hoogte	ventilatievoud	luchtstroomsnelheid	NH ₃ concentratie
	<i>m²</i>	<i>m</i>		<i>m³/h</i>	<i>ppm</i>
Biofilter 1					
1 - OU 003.1	810	9	2	14.580	10
2 - OU 003.2	340	9	2	6120	10
3 - OU 003.3	1050	9	2	18900	0
Biofilter 2					
4 - OU 004	905	9	2	16290	5
5 - OU 006	1250	8,3	2	20750	5
6 - OU 005.4				400	50
7 - OU 002.1 - 2.9				970	5
8 - OU 006.1				400	50

De luchtstromen worden verdeeld over twee luchtwater, bestaande uit een chemische luchtwater en een biofilter. Deze worden geleverd door Tholander Ablufttechnik GmbH





Voor de chemische luchtwasser + biofilters garandeert Tholander een verwijderingsrendement van 99,5%. Dit verwijderingsrendement is gebaseerd op een theoretische berekening waarbij een veiligheidsmarge van 1,25 is gehanteerd. In het ontwerp is vervolgens de pakkingshoogte verdubbeld tot 3m, waardoor een veiligheidsmarge van 2,5x gehaald wordt. Het verwijderingsrendement wordt daarnaast ook in referentie installaties behaald, waarvan twee voorbeelden zijn bijgevoegd.

In de berekening van de ammoniakemissies is daarnaast gerekend met een conservatieve inschatting van de ammoniakconcentratie in de diverse compartimenten in de grondstoffenontvangst- en opslaghal en in de digestaatscheiding- en opslaghal. Daarnaast is met een ventilatievoud van 2x gerekend, terwijl de omgevingsvergunning slechts een ventilatievoud van 1x voorschrijft. Het hanteren van een hoge ventilatievoud resulteert in een lagere ammoniakconcentratie in de hallen. Dit resultaat is niet doorgevoerd in de berekening.

Deze conservatieve en door Tholander gegarandeerde emissie berekening resulteert in een ammoniakemissie van 6,11 kg/j voor biofilter 1 en 6,90kg/j voor biofilter 2.

Emissies luchtwassers	Biofilter 1	Biofilter 2	
Temperatuur	35	35	C
Luchtstroom	39.600	39.640	Bm ³ /h
	35.100	35.135	Nm ³ /h
NH ₃ concentratie - ingaand	5,2	5,9	ppm
	3,97	4,48	mg/Nm ³
Molaire massa NH ₃	17,00	17,00	g/mol
Hoeveelheid NH ₃	139,3	157,4	g/h
Verwijderings rendement	99,50%	99,50%	
NH₃ concentratie - uitgaand			
mg/Nm ³	0,02	0,02	
g/h	0,70	0,79	
g/d	16,72	18,89	
g/y	6.112	6.904	
kg NH ₃ / year	6,11	6,90	

2. Werking van de chemische luchtwasser

In de chemische luchtwassers wordt H₂SO₄ (zwavelzuur) als chemische stof aan de gaswasser toegevoegd, waardoor de volgende reactie optreedt: 2NH₃+H₂SO₄= (NH₄)₂SO₄. Deze reactie leidt tot de vorming van ammoniumsulfaat.

Bij de luchtbehandeling gaat het veelal om componenten die schadelijk zijn voor het milieu en de gezondheid, die aan zeer lage emissiewaarden moeten voldoen. Een bijzonder efficiënte oplossing voor deze taak is de tegenstroomwasser. Het principe van de tegenstroomwasser is de natte scheiding van verontreinigingen van de gasfase naar de vloeibare fase. Het afvalgas en zijn onwelriekende deeltjes ontstaan door een gepakt bed van de bodem naar de bovenkant van de gaswasser terwijl de wasvloeistof van boven naar beneden stroomt. Zo stroomt het te reinigen gas in tegenstroom van de wasvloeistof.

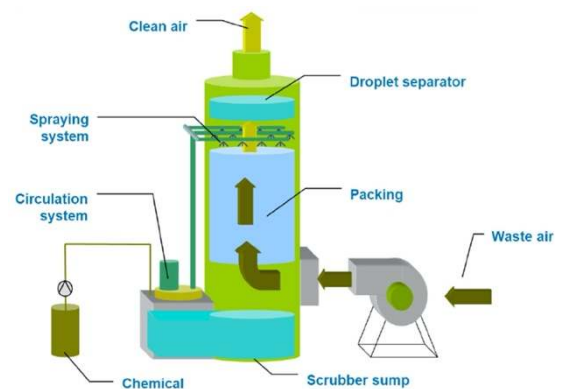
Door dit contact tussen afgas en wasvloeistof worden de verontreinigingen en vaste deeltjes gescheiden door fysische of chemische absorptie, oxidatie of condensatie. De verontreinigingen hopen zich op in de vloeibare fase en kunnen



worden verwijderd. Chemicaliën zoals oxidatiemiddelen, zuren of logen worden aan de wasvloeistof toegevoegd om de scheiding te optimaliseren.

De wasvloeistof stroomt van boven naar beneden door het pakkingbed en hoopt zich op in de ingebouwde opvangbak. Anderzijds stroomt de onbehandelde lucht door de verpakkingsmedia naar boven. Door het tegenstroomprincipe kan de hoogste wasefficiëntie van giftige en onwelriekende gassen worden bereikt. Op deze manier kunnen gassen zoals chloor, ammoniak, dampen van zoutzuur worden geëlimineerd met een efficiëntie van meer dan 99,57%.

Tholander gebruikt hoogwaardig pakkingmateriaal, dat een optimale massaoverdracht kan garanderen met het laagste drukverlies. De speciale geometrie en rangschikking ervan dwingen de constante splitsing en vorming van wasvloeistofdruppels, die de overdracht van luchtverontreinigende stoffen naar de vloeibare fase stimuleren. Afhankelijk van het type verontreiniging wordt zure, alkalische of oxidatieve wasvloeistof toegepast. De chemicaliën worden automatisch gedoseerd via pH-gereguleerde doseerpompen. Onze scrubbers kunnen, afhankelijk van het type wasvloeistof, worden vervaardigd uit GVK of uit thermoplasten.



Typische toepassingen zijn de scheiding van anorganische en organische zuren (HCl, HF, SO₂, NO_x, Azijnzuur) evenals H₂S, Ammoniak en in wateroplosbare organische verbindingen zoals aceton, alcoholen enz. Tegenstroomwassers worden voornamelijk gebruikt voor afgassen met slechts enkele componenten van vergelijkbare fysieke kwaliteit. Bij BioLNG ECL wordt NH₃ met een zure wasvloeistof verwijderd. Tegenstroomwassers worden over het algemeen met overdruk bedreven. Daarom kan de ventilator parallel met de wasscrubber worden geïnstalleerd. De scrubberbehuizing zelf leidt tot een goede geluidswering. Het emissiepunt bovenaan de scrubber kan nog hoger worden ingesteld door een schoorsteen boven op de scrubber te plaatsen.

De tegenstroomwassers van Tholander worden onder andere toegepast in de volgende industrieën: chemische industrie, voedingsmiddelenindustrie, metaalverwerking, composteerinstallaties, slibdrogers, afvalwaterzuiveringsinstallaties en mechanisch-biologische behandeling van vast afval.

Componenten

Materialen

De scrubberschaal, de recirculatieleiding en alle andere apparatuur die in contact komt met de wasvloeistof (verpakkingsmateriaal, roosters etc.) zijn gemaakt van corrosiebestendige kunststof.

De scrubberschaal is vervaardigd uit corrosievrije glasvezelversterkte kunststof (FRP/GRP). De schaal wordt geproduceerd als een laminaat door een filamentwikkelmachine. Dit laminaat bestaat uit hoogwaardig polyesterhars, geweven roving en chop strand mat.

De binnenkant van de scrubberschaal is gecoat met een speciale chemische beschermende laag. De buitenzijde is voorzien van een pigmentlaag met daarin UV-absorberende stoffen (kleur naar wens van de klant). Deze methode zorgt voor een duurzame bescherming en een lange levensduur van de scrubber.

Wasvloeistof circulatie



De wasvloeistof wordt gerecirculeerd. Een recirculatiepomp zuigt de wasvloeistof uit de geïntegreerde wasbak en zorgt voor een constante vloeistofstroom door de pijpleiding en de sproeikoppen.

De volledig kegelvormige spiraalvormige sproeiers zijn zeer breed geopend en zorgen voor een homogeen sproeien van vloeistof op het verpakkingsbed. De wasvloeistof druppelt vervolgens van boven naar beneden van het pakkingbed en spoelt verontreinigingen uit de tegenstromende luchtstroom.

Recirculatiepomp

Tholander gebruikt zeer robuuste en corrosievrije verticale of horizontale chemische recirculatiepompen van thermoplast. Alle onderdelen die in contact komen met de vloeistof zijn zeer resistent en goed geschikt voor het agressieve en schurende wasmiddel, evenals voor de verontreinigingen en chemicaliën die in de vloeibare fase worden overgebracht.

Pakkingsmateriaal

De belangrijkste functie van het pakkingsmateriaal is het verhogen van de overdracht van de verontreinigingen van de gasfase naar de vloeibare fase. Dit is vooral mogelijk door het zeer hoge actieve oppervlak dat een grote hoeveelheid wasvloeistof kan vasthouden.

Tholander gebruikt pakkingsmateriaal met ongeveer 100 m² oppervlakte per m³ filterbed. Door de speciale constructie van het pakkingsmateriaal (open structuur, ver uit elkaar geplaatst en dus hoog vrij volume) worden er veel waswaterdruppels op het oppervlak opgebouwd. Deze druppeltjes worden gesegmenteerd en voortdurend opnieuw gevormd, waardoor het absorptieproces van de verontreinigingen in de vloeibare fase continu kan worden vernieuwd.

Druppelafscheider

Na het pakkingsbed wordt de lucht in een druppelafscheider geleid. Haar functie is de scheiding van de waswaterdruppels van het voorgereinigde gas. Tholanders druppelafscheiders zijn verstoppingsvrij met een hoog rendement en een laag drukverlies.

Doseerstation

Het doseren van zure chemicaliën zal worden uitgevoerd door middel van goed gedimensioneerde doseerpompen. Solenoïdemembraanpompen bevatten de standaardconfiguratie. De onderdelen die in contact komen met chemicaliën worden dienovereenkomstig geselecteerd. De pompen worden aangestuurd door middel van meetsensoren en transmitters. Via deze automatische werking worden chemicaliën controleerbaar gedoseerd wat leidt tot een optimale dosering en kostenbesparende werking.

Ammoniak verwijderingsrendement chemische luchtwasser

Tholander heeft de chemische luchtwassers voor biofilter 1 en biofilter 2 ontworpen, specifiek voor de hierboven gegeven luchtstromen. De hiervoor gebruikte technische/theoretische prestatieberekening van Tholander is gebaseerd op kalibratie- en meetdata van > 200 chemische luchtwasser (zie referentielijst in bijlage 18.1) op industriële schaal. Deze gebruiken hetzelfde pakkingstye/filterpakket als de chemische luchtwasser bij BioLNG ECL (Q-pac). Het gedrag van ammoniak in de gasfase en vloeistoffase in dit filterpakket en deze specifieke chemische luchtwassers onder verschillende composities, drukken/drukval, luchtstromen is daardoor goed bekend. Het theoretische model komt dus goed overeen met de resultaten in de referentie installaties van Tholander.

Het theoretische berekende ammoniak verwijderingsrendement van de chemische luchtwassers bedraagt 99,57%. Hiervoor is volgens het theoretische model (en in lijn met de referentiedata) een filterhoogte van 212 mm per filterpakket nodig en 5,66 filterpakketen. Dit resulteert in een totaal filterpakket van 1.20m hoog om het beoogde



verwijderingsrendement van 99,57% te behalen. Omdat Tholander een veiligheidsmarge van 25% hanteert, wordt een filterpakket/pakkingshoogte van 1,5m gehanteerd in het model.

Echter, bij BioLNG ECL wordt in aanvulling op het theoretische model (en om het verwijderingsrendement van de chemische luchtwasser te borgen) in plaats van de noodzakelijke 1,2m filterpakket/pakkingshoogte een chemische luchtwasser met een pakkingshoogte van 3m (2,5x 1,2m) bij BioLNG ECL geïnstalleerd. Hiermee wordt een veiligheidsmarge van 2,5x ten opzichte van de theoretische prestatie gehandhaafd. Daarnaast wordt in de totale emissieberekening gerekend met een verwijderingsrendement van 99,5% ipv 99,57%

De chemische luchtwasser is voorzien van een continue elektronische monitoring van de parameters die van belang zijn voor de goede werking. In ieder geval wordt geregistreerd:

- a. de zuurgraad (pH) van het waswater;
- b. de spuiwaterproductie in m^3 per tijdseenheid
- c. de drukval over het filterpakket in Pascal;
- d. het waswaterdebiet in m^3 /uur;
- e. het elektriciteitsverbruik van de waswaterpomp in kilowattuur.



Design calculation Ammonia Scrubber

B-12918

Theoretical Performance Calculation

Tholander - Nov 29, 2021 - B-12918			
Air Flow	40,000 Am ³ /h	(NH ₄) ₂ SO ₄ in Blowdown	1.5%
Inlet NH ₃ Concentration	10.5 ppm _v = 8.0 mg/Nm ³	NH ₄ HSO ₄ in Blowdown	0.2%
Liquid Recirculation Rate	67.0 m ³ /h	H ₂ SO ₄ in Blowdown	0.010%
Blowdown Rate	0.07 m ³ /h	Total Nitrogen in Blowdown	3,465 mg/L
Liquid Temperature	35 °C	TDS in Blowdown	1.7%
Atmospheric Pressure	1,013 mbar	HTU	212 mm
Inlet Static Pressure	0 mbar	NTU	5.66
pH in Sump	3.00	Outlet NH ₃ Concentration	0.046 ppm _v = 0.035 mg/Nm ³
Make-up H ₂ SO ₄ Concn.	90%	Removal Efficiency	99.57%
Tower Diameter	2400 mm	Pressure Gradient	0.9 mbar/m
Packing Height	1500 mm	Packing Pressure Drop	1.3 mbar
Safety Factor	1.25	Liquid Holdup	2.4%
Packing Volume	6.8 m ³	H ₂ SO ₄ Usage	1 kg/h
Packing Type	Q-PAC		1 L/h
Mist Eliminator Type	No.2 NUPAC (500 mm)	Mist Eliminator Pressure Drop	2.5 mbar
Theoretical Fan Power	4.25 kW	Liquid Residence Time	9 sec

Air Flow Rate	35,456 Nm ³ /h	Cross-Section Area	4.52 m ²
=	26,387 mol/min	Gas Molecular Weight	29 g/mol
NH ₃ Removed	4.71 g/min	Gas Density	1.15 kg/m ³
blowdown	0.28 mol/min	Liquid Density	1,012 kg/m ³
	67 L/h	Superficial Gas Velocity	2.5 m/s
	1.12 L/min	Gas Loading	10,163 kg/h-m ²
Maximum NH ₃ -N	18.6%	Liquid Loading	14.8 m ³ /h-m ²
NH ₃ -N	0.3% ✓	[H ⁺] ₁	1.00E-03 mol/L
=	0.25 mol/L	T	308 K
Total Dissolved Solids	17 g/L	P _T	1.00 atm
=	2%		
H ₂ SO ₄ Added	13 g/L	H ₂ SO ₄ K ₂	7.44E-03 mol/L
Blowdown Density	1.01 g/mL	NH ₃ K _b	1.78E-05 mol/L
(NH ₄) ₂ SO ₄ Satn. Index	-4.6	K _w	2.01E-14 mol ² /L ²
Make-up H ₂ SO ₄ Density	1.81 g/mL	NH ₃ Henry's Law Constant	1.86 atm-mol/mol
Acid Exhaustion per Pass	1%		
		Packed Section	top bottom
Satd. y _{1,H₂O}	5.5%	pH	2.99 3.00
y [*] _{H₂O}	5.5%	[H ⁺]	1.01E-03 1.00E-03
y _{2,H₂O}	5.5%	[SO ₄ ²⁻] (mol/L)	0.116 0.116
H ₂ O Absorbed	0.1 mol/min	[HSO ₄ ⁻] (mol/L)	0.016 0.016
ΔNH ₃ -N×10 ³	-182.4	[NH ₄ ⁺] (mol/L)	0.247 0.248
		[NH ₃] (mol/L)	2.74E-07 2.79E-07
		[NH ₃] (mol/mol)	4.93E-09 5.01E-09
		y* (ppm _v)	0.01 0.01

Referentie installaties

Tholander heeft wereldwijd vergelijkbare industriële chemische luchtwasser met biofilters geplaatst (zie bijlage 18.1).

Soort installatie: Zuiveringsslibdrooginstallatie in Balingen, Duitsland

Ontwerp:

Luchtdebiet: 9.000 m³/h

NH₃ in: max. 400 mg/m³

Geïnstalleerd systeem: chemische luchtwasser + biofilter



Filterpakket: Q-Pac, 3m

NH3-verwijderingsefficiëntie: 99,93%

Uitsnede uit onafhankelijk meetrapport (zie bijlage 18.2 voor de volledige meetrapportage):

MÜLLER-BBM

Messergebnisse:

Die nachfolgend dargestellten Messergebnisse beziehen sich alle auf trockenes Abgas im Normzustand. Die Messergebnisse der Geruchsmessung beziehen sich auf 20 °C und Umgebungsdruck.

Tabelle 0.1 Messergebnisse.

Messkomponente	n	Einheit	Max. Messwert abzüglich erw. Messunsicherheit	Max. Messwert zuzüglich erw. Messunsicherheit	Grenzwert	Betriebszustand / Auslastung
Ges-C	3	mg/m ³	67	74	20	Volllast
	3	kg/h	0,41	0,57	-	
HCl	3	mg/m ³	2	3	20	Volllast
	3	kg/h	0,02	0,02	0,10	
H2S	3		< 0,4	< 0,4	3,0	Volllast
	3	g/h	< 3	< 3	15	
NH3	3	mg/m ³	0,3	0,3	20	Volllast
	3	kg/h	0,002	0,002	0,10	
Gesamtstaub	3	mg/m ³	0,1	1	10	Volllast
	3	kg/h	<0,01	0,01	-	
Geruchstoffe	3	GE/m ³	384*	483*	500	Volllast

n = Anzahl der Messungen

* Bei den Geruchstoffen angegebenen Werten handelt es sich um das 16- bzw. 84-Perzentil.

Soort installatie: Deconstructiebedrijf in Santa Cruz d Arrabaldo, Spanje

Ontwerp:

Luchtdebiet: 37.000 m³/h

NH3 in: max. 200-500 mg/m³

Filterpakket: Q-Pac, 3m

Geïnstalleerd systeem: chemische luchtwasser + biofilter

NH3-verwijderingsefficiëntie: >99,5

Uitsnede uit onafhankelijk meetrapport (zie bijlage 18.3 voor volledige meetrapportage):



3. Werking van het biobed

Biofiltratie

Door de procesgeïntegreerde biologische regeneratie is de biofiltertechniek een effectieve methode voor geurverwijdering en behandeling van lage concentraties of ongedefinieerde afvoerluchtstromen. Dit voordeel wordt gerealiseerd door de natuurlijke reacties van de biologische afbraak van verontreinigingen. Deze vinden plaats op:

- Omgevingstemperatuur
- Neutrale pH en normale druk
- CO₂-neutraal

Werkingsprincipe

Technisch gezien is een biofilter een bulklaag van organisch materiaal waar de afgevoerde lucht langzaam doorheen stroomt om te worden behandeld. Het bevat van nature een microflora die onder geschikte omgevingsomstandigheden toeneemt en zich aanpast aan de aangetaste uitlaatgascomponenten.

De uitlaatcomponenten worden gescheiden door sorptie aan het filtermateriaal en opgelost in de aanwezige vochtfilm terwijl deze door het organische bed stroomt. De opgeloste luchtcomponenten komen door diffusie en osmose in de cellen van het micro-organisme en breken deze af. De functionaliteit van het biofilter hangt in wezen af van de sorptiecapaciteit van het biofilter en de biologische activiteit van zijn bioflora. Hun eigenschappen en activiteiten worden niet alleen bepaald door materiaaleigenschappen, maar ook door de komende uitlaatgasparameters.

Waaronder:

- de temperatuur van de met waterdamp verzadigde lucht (idealerweise tussen 15 en 40 °C)
- de waterdampverzadiging van de te behandelen lucht (dichtbij het verzadigingspunt)
- de concentraties van pH-gerelateerde uitlaatgascomponenten (zo laag mogelijk)
- de concentratie van stof en vloeibare aerosolen (zoals vet, hars of smeermiddel), (zo laag mogelijk)

Biofilters zijn vooral toepasbaar op de volgende gebieden: rioolwaterzuiveringsinstallaties, compostering, mechanisch-biologische afvalverwerking, voedselproductie, fabricage van leer en tabaksverwerking.

Biofilter materiaal

Als substraat voor de bacteriële flora gebruikt Tholander een mengsel van organisch materiaal dat goed gestructureerd is en niet bezwijkt. De drukval blijft gedurende lange tijd constant.

In de biofilter worden twee lagen gebruikt met verschillende filtermedia:

1. De eerste laag moet een optimale verdeling van de binnenkomende afvoerlucht garanderen en homogeen op de bovenliggende filterlaag richten. Daarnaast wordt de onderlaag gebruikt om fijne deeltjes te laten rotten zonder dat er condensatie optreedt. Het materiaal dat voor de basis wordt gebruikt, is gebarsten wortelhout. Deze wordt gekenmerkt door een hoge mechanische ondersteuningsfunctie en een groot oppervlak en daarmee extra leefgebied voor de afbrekende micro-organismen.



2. De tweede laag is een speciaal mengsel van organisch materiaal. Het dient als ondersteunend substraat en voegt ontbrekende voedingsstoffen voor micro-organismen toe aan de ruwe lucht. Tegelijkertijd is dit mengsel ook voldoende bestand tegen biologische afbraak en zorgt het voor een constante stroom. Zo kan verdichting en kanalisering in het filterbed verder worden voorkomen.

Het filtermengsel zorgt voor een zeer laag drukverlies en een hoge wateropslagcapaciteit. Het heeft ook een hoog bufferend vermogen en kan zo een optimale pH-waarde voor de micro-organismen behouden.

Bij juiste werking zorgt het biofilter voor een zeer lange levensduur. Onder optimale omstandigheden kunnen bedrijfstijden van 3-5 jaar worden bereikt zonder materiaalverandering.



Biofilter materiaal



Materialen

De behuizing van de biofilter, de behuizing van de scrubber, de circuitleiding en alle onderdelen die worden blootgesteld aan de afvoerlucht of het waswater (pakkingen, roosters, enz.) zijn gemaakt van corrosiebestendige kunststoffen. Hoge dimensionale en chemische bestendigheid evenals een lange levensduur kenmerken dit materiaal.

Onze biofilters zijn volledig gemaakt van glasvezelversterkte kunststof (FRP). Deze is met de hand gemaakt van hoogwaardige polyesterharsen met behulp van glasvezelmatten, glasweefsels en fleeces. De wanden zijn gemaakt van een sandwichconstructie met een kern van PU-schuim. Hierdoor wordt een hoge maatvastheid bij minimaal gewicht bereikt. Tegelijkertijd dient deze wandstructuur als isolator, waardoor condensaatvorming in de randzone van het filtermateriaal wordt vermeden.

De geprefabriceerde onderdelen kunnen eenvoudig worden geassembleerd tot een afgewerkt biofilter. Door de modulaire opbouw kan het systeem later worden toegevoegd of uitgebreid.

De binnenkant van het biofilter en de wasmachine is voorzien van een beschermende coating tegen de chemicaliën. De buitenste huid is gepigmenteerd en afgewisseld met UV-absorbers. Hierdoor is de behuizing van de scrubber permanent beschermd en wordt gekenmerkt door een lange levensduur.



Voorbeelden van biofilters