

Basisinformatie EPS

Eigenschappen en gegevens



Logisch proces: Bouwen met EPS.



EPS: 98% LUCHT

Inleiding	2
1 EPS - Het basismateriaal	3
1.1 Kenmerken	
1.2 productie van eps	
2 Algemene eigenschappen	4
2.1 Typologie	
2.2 Afmetingen en toleranties	
2.3 Warmtegeleidingscoëfficiënt	
2.4 Duurzaamheid	
2.5 Kleurcodering	
3 Mechanische eigenschappen	7
3.1 Druksterkte	
3.2 Buigsterkte	
3.3 Afschuifsterkte	
3.4 Treksterkte	
3.5 Dynamische stijfheid	
3.6 Wrijvingscoëfficiënt	
4 Thermohygrische eigenschappen	9
4.1 Warmtegeleidingscoëfficiënt	
4.2 Temperatuurbestendigheid	
4.3 Warmtecapaciteit	
4.4 Uitzettingscoëfficiënt	
4.5 Waterdampdiffusie-weerstandcoëfficiënt	
4.6 Wateropname bij onderdompeling	
4.7 Wateropname door diffusie	
4.8 Capillariteit	
4.9 Geboortekrimp	
4.10 Dimensionele stabiliteit	
5 Brandveiligheid	12
5.1 Niet 'onbeschermd' toepassen	
5.2 SE-Kwaliteit	
5.3 Brandvertrager	
5.4 Rookproductie	
5.5 Rookgassen	
5.6 Brandveilige toepassingen	
6 Veiligheid, gezondheid en milieu	14
6.1 Arbo en gezondheid	
6.2 EPS en het milieu	
7 EPS - Het overzicht	16
Referenties	
Lijst van afkortingen	

Inleiding

Steeds vaker wordt geëxpandeerd polystyreen (EPS) gebruikt als isolatiemateriaal, als licht ophoogmateriaal in de Grond, Weg- en Waterbouw-sector en voor vele andere toepassingen, waaronder verpakkingen. Dit katern 'EPS Basisgegevens' bevat alle basisgegevens over de eigenschappen van EPS en maakt onderdeel uit van het 'Witboek EPS in de Bouw; Informatie voor Bouwprofessionals'.

Richtlijn bouwproducten

De eigenschappen van EPS zijn al jarenlang bekend en er wordt daarnaast permanente research gepleegd door grondstofleveranciers en EPS-producenten om tot een zo goed mogelijke afstemming tussen eisen en eigenschappen te komen. Door de Europese Unie is via de Richtlijn Bouwproducten (Construction Products Directive-CPD) geregeld dat bouwproducten behorende tot een bepaalde productgroep slechts in het economisch verkeer mogen worden gebracht indien ze voorzien zijn van de CE-markering. De CE-markering bestaat uit het CE-merkteken en een verklaring van de producent over de eigenschappen - bepaald volgens een vastgestelde geharmoniseerde Europese norm - van het product. Dat zegt dus nog niets over de toepassingsmogelijkheid als bouwproduct of over het voldoen aan prestatie-eisen dat voor die toepassing van het constructiedeel gelden.

Bouwbesluit

In de wetgeving is geregeld dat voor EPS, toegepast als isolatiemateriaal in de bouw, de normen EN 13163 en EN 13172 van toepassing zijn. Op basis van deze normen dient de fabrikant zijn producteigenschappen te "declareren" en is het aanbrengen van het CE merk verplicht. Dit heet een **conformiteitverklaring**. Het niet voldoen hieraan is een economisch delict. Dit wordt door de inspectie van VROM gecontroleerd.

Voor EPS toegepast in de grond -, weg - en waterbouw (GWW) wordt binnenkort prEN 14933 van kracht. Dan geldt bovenstaande dus evenzeer voor de blokken die t.b.v. GWW- projecten geleverd worden.

De bouwregelgeving in Nederland is grotendeels gebaseerd op prestatie-eisen aan (bouw)delen in hun toepassing. Het instrumentarium van normen en beoordelingsrichtlijnen dient er toe om de relatie te leggen. Praktisch alle EPS-bouwproducten (zowel kaal EPS als bijvoorbeeld spouw-, zwevende dekvloer- of buitengevelisolatie als samengestelde producten als sandwichpanelen en gecacheerde dakisolatie) zijn in Nederland voorzien van KOMO-kwaliteitsverklaringen, waarmee de conformiteit met de Nederlandse bouwregelgeving (het Bouwbesluit) is aangegeven.

Dat betekent dat op alle aspecten, zowel op bouwdeel als op productniveau, aan de eisen is voldaan resp. dat een bepaalde prestatie is 'bewezen'.

Voor 'kaal' EPS als isolatie geldt een beoordelingsrichtlijn (BRL) die gebaseerd is op de Europese productnormen 13163 en 13172 en aanvullende eisen aan het kwaliteitssysteem van de producent. Deze BRL 1306 vormt de basis van het KOMO **kwaliteitsmerk** op isolatie van EPS.

Producteigenschappen

Dit katern bevat uitsluitend gegevens over EPS als materiaal. Voor de prestaties en eigenschappen van samengestelde EPS bouwproducten wordt verwezen naar de betreffende informatie van de producent en de KOMO-kwaliteitsverklaringen. Dit heeft bijvoorbeeld betrekking op overspanningen van sandwichpanelen, de isolatiewaarde van ribcassettevloeren inclusief afwerklaag, de waterdichtheid van dakisolatie inclusief dakbedekking etc. Zijn er kwaliteitsverklaringen, dan is vastgesteld op welke manier de producten aan de prestatie-eisen uit het Bouwbesluit voldoen.

Informatie

In de katernen van het Witboek EPS wordt uitgebreid stilgestaan bij alle aspecten van het toepassen van EPS-bouwproducten. Van een aantal aspecten zijn ook beknopte brochures beschikbaar. Daarnaast levert de website van Stybenex, www.stybenex.nl, uitvoerige, up-to-date, informatie.

Zeker de factsheets geven over specifieke onderwerpen uitvoerige informatie.



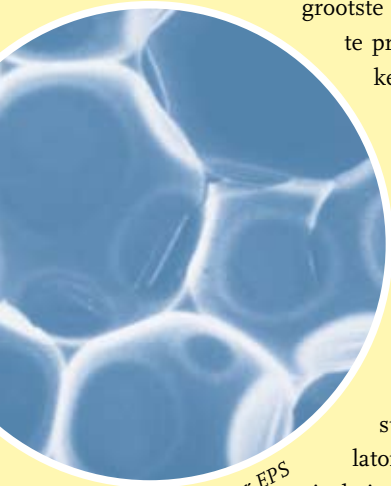
1 EPS - Het basismateriaal

Voor een goed begrip van de eigenschappen van EPS is het van belang eerst te weten wat de typische kenmerken van het materiaal zijn en hoe het wordt gemaakt. Dit deel 'EPS-basisinformatie' bevat de algemene gegevens over de kenmerkende eigenschappen van EPS. Het maakt deel uit van het 'Witboek EPS in de Bouw; Informatie voor Bouwprofessionals'. Gedetailleerde informatie over EPS vindt u in de andere katernen.



1.1 Kenmerken

De afkorting EPS staat voor 'geëxpandeerd polystyreen', een karakteristieke en vrijwel altijd witte kunststof, die al 40 jaar voor diverse doeleinden wordt toegepast. EPS (vroeger ook piepschuim, tempex of PS-Hardschuim genoemd) is van oorsprong bedoeld als isolatiemateriaal en kent daarin nog steeds haar grootste toepassing. EPS is door een efficiënte productiemethode en dankzij de unieke materiaalstructuur een van de beste isolatiematerialen. Iedere kubieke meter EPS bevat ongeveer 10 miljoen bolletjes, ook wel parels genoemd. Elke parel telt ca. 3.000 gesloten cellen die met lucht gevuld zijn. Concreet bestaat EPS qua volume slechts voor ongeveer 2% uit polystyreen en voor 98% uit lucht. Deze celstructuur met stilstaande lucht, de beste thermische isolator, maakt EPS bijzonder geschikt als isolatiemateriaal. EPS is licht van gewicht en daardoor eenvoudig te verwerken. Het is daarnaast duurzaam en degenereert niet in de loop der tijd. Daarnaast is het een 'monomateriaal', wat wil zeggen: bestaande uit één materiaalsoort, waardoor het bij uitstek voor recycling in aanmerking komt. Bovendien is het grondwaterneutraal.



Celstructuur EPS

1.2 Productie van EPS

Door polymerisatie van styreen monomeer en het toevoegen van het blaasmiddel pentaan (tot ca. 6 gewichtsprocent) ontstaat de grondstof expandeerbaar polystyreen: kleine, harde bolletjes (polystyreenbeads) die in verschillende grootten aan de EPS-verwerkende industrie worden geleverd. Bij de productie van EPS hoeft er niets anders gebruikt te worden dan stoom. Stoom van 100-105°C verwarmt en verzacht het expandeerbaar polystyreen.

Bij deze temperatuur wordt het pentaan gasvormig, en expandeert de polystyreen-bead zowel onder invloed van het pentaan als van de stoom. Hierdoor ontstaat een gesloten celstructuur in elke geëxpandeerde EPS-parel. Bij afkoeling condenseert het pentaan en vervolgens ontstaat door de onderdruk 98% holle ruimte in de parel. Door diffusie verdwijnt het pentaan uit het EPS en wordt vervangen door lucht. De aldus verkregen losse EPS-parels zijn in principe gereed als eindproduct voor ondermeer na-isolatie-doeleinden. Voor het overgrote deel worden ze echter vervolgens met stoom van 115-125°C in blok-, band- of vormautomaten aaneengesloten tot het homogene EPS-bouwmateriaal. Dit wordt aan de markt aangeboden in de vorm van platen en blokken als kaal product of in de vorm van isolatiemateriaal als onderdeel van een samengesteld eindproduct. Daarvoor zijn diverse technieken mogelijk, afhankelijk van de gewenste toepassing.



Van korrel tot parel met 98% lucht

2 Algemene eigenschappen

In dit hoofdstuk zijn die gegevens over bepaalde eigenschappen opgevoerd, die niet onder de specifieke hoofdstukken in relatie tot de Richtlijn Bouwproducten en/of Bouwbesluit vallen.

2.1 Typologie

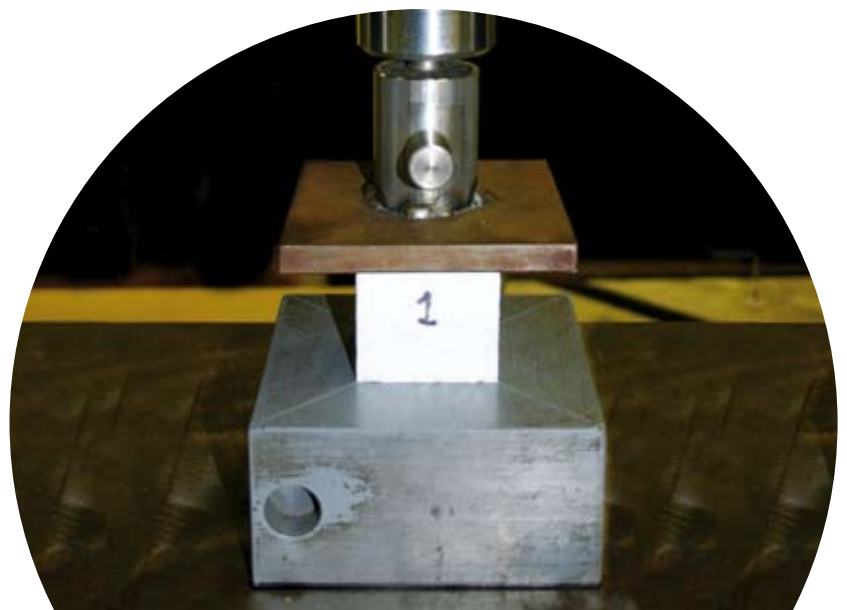
Werd tot 1 maart 2003 bij de aanduiding van typen geëxpandeerd polystyreen (EPS) gerefereerd aan de volumieke massa (densiteit) uitgedrukt in kg/m^3 , thans is die aanduiding gerelateerd aan de druksterkte. Als belangrijkste materiaaleigenschap zal door iedere producent de warmtegeleidingcoëfficiënt of warmteweerstand moeten worden opgegeven ("gedecleard"). Achtergrond daarbij is dat de "kwaliteit" door een producent zelf kan worden bepaald aan de hand van de vereiste eigenschappen en niet meer aan de massa gebonden is. Dat maakt dat op maat gesneden typen voor de specifieke afnemer beschikbaar kan komen. Ook die EPS producenten zie zelf "downstream" producten als sandwichpanelen leveren, hebben daarmee de vrijheid gekregen productspecificaties voor eigen gebruik te ontwikkelen.

Voor de overgang naar de huidige situatie geldt onderstaande tabel

Ook in 2003 besloten de Nederlandse EPS -producenten om EPS (geëxpandeerd polystyreen) nog uitsluitend te leveren in brandvertragende gemodificeerde kwaliteit (-SE). Ook de relevante leden van zustervereniging Stybenex Verpakkingen leveren bouwisolatie voortaan alleen maar in SE -kwaliteit. De afkorting SE staat voor "Schwer Entflammbar" of "Self Extinguishing". Al tientallen jaren worden EPS -bouwproducten in deze kwaliteit geleverd voor vloer-, dak- en gevelisolatie. SE -kwaliteit valt onder klasse I of II voor de bijdrage tot de brandvoortplanting volgens NEN 6065 en heeft een laag rookgetal: 4 tot 5 m^{-1} . Dit betekent dat EPS -SE met betrekking tot de rookproductie zelfs kaal zou mogen worden toegepast. De giftigheid van de rookgassen van EPS is in 1980 al door TNO onderzocht, waaruit bleek dat die beduidend minder is dan die van vergelijkbare natuurlijke materialen zoals hout, wol en kurk.

Europees EPS-TYPE	Was: TYPE	Druksterkte bij 10% vervorming	Buigsterkte	Warmtegeleidingscoëfficiënt	Dimensionale stabiliteit
EPS 60 -SE	EPS 15 SE	60	100	$\leq 0,038$	$< 0,5$
EPS 100 -SE	EPS 20 SE	100	150	$\leq 0,036$	$< 0,5$
EPS 150 -SE	EPS 25 SE	150	200	$\leq 0,035$	$< 0,5$
EPS 200 -SE	EPS 30 SE	200	250	$\leq 0,034$	$< 0,5$
EPS 250 -SE	EPS 35 SE	250	350	$\leq 0,034$	$< 0,5$
	$[\text{kg/m}^3]$	$[\text{kPa}]$	$[\text{kPa}]$	$[\text{W/m K}]$	$[\%]$

Tabel 1 Conversie EPS - typen van kg/m^3 naar kPa



2.2 Afmetingen en toleranties

Voor de controle van de afmetingen van EPS-producten door vergelijking met de toelaatbare toleranties wordt gebruik gemaakt van een klasse-indeling volgens tabel 1 uit NEN EN 13163. De meeste fabrikanten gebruiken onderstaande klasse:

Voor blokken en platen in de GWW-sector geldt een open systeem op basis van prEN 14933. Deze eisen gelden voor elk proefstuk. Voor specifieke toepassingen (zoals bijvoorbeeld voor buitengevelisolatie) worden tussen afnemer en leverancier vaak nauwere toleranties overeengekomen.

Type EPS	Toleranties				
	Lengte	Breedte	Dikte	Haaksheid	Vlakheid
EPS 60 –SE	L 2	W 2	T 2	S 1	P 2
EPS 100 –SE	L 2	W 2	T 2	S 2	P 2
EPS 150 –SE	L 2	W 2	T 2	S 2	P 2
EPS 200 –SE	L 2	W 2	T 2	S 2	P 2
EPS 250 –SE	L 2	W 2	T 2	S 2	P 2

Tabel 2, Toleranties op de dimensies

2.3 Warmtegeleidingscoëfficiënt

Omdat de Europese EPS-productnorm een “open” norm is, worden daarin alleen de eigenschappen en de bijbehorende testmethoden gedefinieerd. De lokale regelgeving, per EU-land dus, geeft aan welke prestaties er door het product geleverd moeten worden. Het is aan de producent om het betreffende type daarop aan te passen. De fabrikanten kunnen dus ook individueel de warmtegeleidingscoëfficiënt declareren. Voor generieke toepassingen worden vaak de waarden uit tabel 1 gebruikt. Daarnaast is ook de meest voorkomende opgave van dimensionele stabiliteit gegeven in tabel 1.

behoudt het materiaal zijn specifieke eigenschappen. Zo is in 1996 een monster EPS-parels uit de spouw van het oude stadhuis van Den Haag verwijderd tijdens de sloop; de warmte-isolerende eigenschappen bleken nog ruimschoots aan de toenmalige en huidige eisen te voldoen [ref 1]. EPS isoleert dus duurzaam. Zo concludeerde ook reeds in 1985 een onafhankelijk adviesbureau [ref 2] dat ‘het materiaal EPS na 14 jaar in de grond te hebben gezeten nog steeds aan de voor de toepassing gestelde eisen voldoet en dat de constructies duidelijk minder groot onderhoud behoeven dan traditionele constructies’. Het veroudert dus niet.

Doordat EPS een zuivere polymeer is zonder anorganische en vrije bestanddelen vormt het geen voedingsbodem voor planten, grassen en mossen. Bij de fabricage wordt van stoom met een temperatuur van 120°C gebruik gemaakt, hierdoor zijn ook alle kiemen (mochten die er al in zitten) reeds dood. Het is daarom ook schimmelbestendig, rotvrij en degenereert niet onder invloed van ‘natuurlijke’ oorzaken.

2.4 Duurzaamheid

Zowel in het toepassingsgebied isolatie in de woning- en utiliteitsbouw als bij gebruik in de GWW-sector is gebleken dat EPS niet veroudert. Zelfs na lange tijd

Bovendien is EPS bestendig tegen de UV-componenten uit het zonlicht. Eventuele vergeling die bij langdurige buitenopslag plaatsvindt is slechts een paar duizendsten van een millimeter dik en wordt ook wel verkrijting of gepatineerdheid genoemd. De chemische resistentie tegen niet-aardolie-derivaten is zeer goed te noemen; bij gebruik in de GWW-sector is afdekking met vloestofdichte folie een vereiste. Tabel 3 geeft een overzicht van de chemische resistentie.

Stof	Bestendigheid		
	bestand tegen	voorwaardelijk bestand tegen	niet bestand tegen
Aceton			•
Alcohol	•		
Ammonia	•		
Anhydride	•		
Asfaltbitumen		• ⁵⁾	
Benzine			•
Cement	•		
Chloor	•		
Creosootolie		• ²⁾	
Dieselolie			•
Gips	•		
Kalk	•		
Kunststoffen ⁵⁾	•		
Lijm		• ²⁾	
Magnesium	•		
Metalen	•		
Micro-organismen	•		
Oplosmiddelen			• ³⁾
Paraffine-olie			•
Pentachloorphenol		• ²⁾	
Salpeterzuur 50%	•		
Spijsolie			•
Teeroliën			•
Terpentine			•
UV-straling	• ⁴⁾		
Vaseline			•
Verf		• ²⁾	
Waterstofperoxide	•		
Zeep	•		
Zoutzuur 35%	•		
Zwavelzuur 95%	•		

1) gedurende zeer korte tijd, wanneer de contacttemperatuur niet hoger is dan 110 °C
 2) wanneer de oplosmiddelen geheel verdampt zijn
 3) zoals bijvoorbeeld in asfaltbitumen-oplossing
 4) bij niet-permanente blootstelling
 5) zonder weekmakers

Tabel 3: Chemische resistentie.

2.5 Kleurcodering

EPS-bouwproducten, zowel kaal EPS als samengestelde producten als sandwichpanelen en dakisolatie zijn, meestal voorzien van een kleurcodering op het EPS-basismateriaal. Dit zal echter bij verwerking in samengestelde producten vaak niet meer aanwezig zijn. De vrijwillige internationale kleurcodering is hiernaast aangegeven. Indien de rode streep ontbreekt dan is het materiaal voor een zeer specifieke, niet voor isolatie bestemde toepassing.

EPS Type	Kleurcodering EPS –SE	
	Beschrijving	kleur
EPS 30 –SE	bruin + rood	
EPS 50 –SE	blauw + rood	
EPS 60 –SE	blauw + blauw + rood	
EPS 70 –SE	bruin + bruin + rood	
EPS 80 –SE	oranje + rood	
EPS 90 –SE	oranje + oranje + rood	
EPS 100 –SE	zwart + rood	
EPS 120 –SE	groen + groen + rood	
EPS 150 –SE	geel + rood	
EPS 200 –SE	zwart + zwart + rood	
EPS 250 –SE	paars + rood	
EPS 300 –SE	paars + paars + rood	
EPS 350 –SE	grijs + rood	
EPS 400 –SE	grijs + grijs + rood	
EPS 500 –SE	zwart + groen + rood	
EPS –T	groen + rood	

Tabel 4: Productenoverzicht met internationale kleurcodering

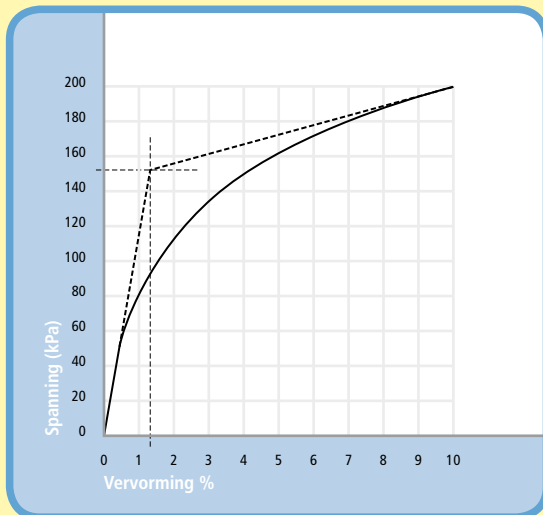
3 Mechanische eigenschappen

Hieronder worden de specifieke mechanische eigenschappen toegelicht die relevant zijn voor constructieve toepassingen van EPS.

3.1 Druksterkte

De meeste producteigenschappen van EPS-SE hebben een reproduceerbare relatie met de volumieke massa. Die volumieke massa is echter geen producteis, maar een hulpmiddel ter identificatie en een eigenschap die gebruikt wordt in het kader van de interne kwaliteitsbewaking bij de producenten van EPS-SE. De Nederlandse producenten leveren (kaal) EPS-SE onder KOMO-certificaat op basis van BRL 1306, waarin Europese normen (NEN-EN 13163 en 13172) zijn geïntegreerd. Daarmee zijn het kwaliteitsniveau en de kwaliteitshandhaving verzekerd.

3.1.1 Korte-duur druksterkte De spannings/rek-relatie van EPS heeft alle kenmerken van een elasto-plastisch materiaalgedrag, net zoals natuurlijke materialen als hout en andere kunststoffen. De lineair-elastischeitsgrens (ofwel proportionaliteitsgrens) ligt bij circa 1 tot 1,5% vervorming. Deze initiële lineair-elastische vervorming wordt gebruikt voor de bepaling van de tangentmodulus E_t (kPa). In figuur 1 is vervolgens aangegeven hoe over het verdere traject de spannings/rek-relatie verloopt.



Figuur 1: Spanningsrek diagram (EPS 200 SE als voorbeeld)

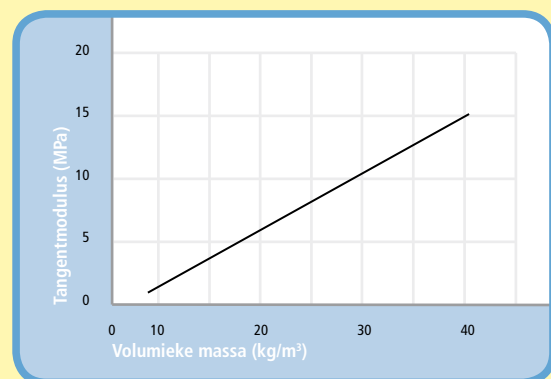
In het tweede trajectdeel is dus sprake van een niet-lineair elastisch spannings/rek-verloop. In figuur 1 is aangegeven hoe het verloop over dat eerste gedeelte eruit ziet en hoe de 'vloei-grens' gedefinieerd is. Deze vloei-grens bedraagt circa 75% van de druksterkte voor 'alle' typen EPS. De druksterkte, zoals in NEN-EN 826 gedefinieerd, is arbitrair bepaald als de spanning

bij een vervorming van 10% van het proefstuk. Deze $\sigma_{\epsilon=10\%}$ wordt ook in het kader van kwaliteitsbewaking als productvariabele gecontroleerd. De belastingssnelheid bedraagt hierbij ongeveer 10% per minuut. Dit betekent dat EPS maar zeer kort in staat is, bij toenemende vervorming, deze spanning te "verdragen".

Het derde trajectdeel, boven de 10% vervorming en dus niet zo interessant, wordt gevormd door versterkingsgedrag als gevolg van het samenpersen van de parelstructuur tot een vervorming van circa 25% bij EPS 60 tot 50% bij EPS 300. Daarboven, bij een vervorming van zo'n 70%, treedt ééndimensionale breuk op tot hard-polystyreen.

3.1.2. Lange-duur druksterkte De lange-duur druksterkte is het toelaatbare continue belastingniveau gedurende 50 jaar, teneinde ongewenste kruipeffecten te beperken. Gebaseerd op langjarig onderzoek is in NEN EN 13163 (Annex D) aangegeven dat voor de lange-duursterkte bij 2% kruipvervorming een waarde kan worden aangehouden van 0,30 maal de korte duur druksterkte (bij 10% vervorming). Voor berekeningen moet daar dus wel de initiële vervorming (te berekenen met de tangentmodulus) bij opgeteld worden. Deze is ca. 0,5% bij een belasting van 0,3 $\sigma_{\epsilon=10\%}$.

3.1.3 Elasticiteitsmodulus In 3.1.1 is aangegeven hoe de elasticiteitsmodulus (tangentmodulus) is gedefinieerd. Uitgaande van het gegeven dat EPS op een zodanige wijze wordt toegepast dat de initiële vervorming maximaal ca. 1% bedraagt, geldt de relatie voor de korte-duur tangentmodulus als weergegeven in figuur 2. Teruggerekend naar de druksterkte houden we in Nederland de tabelwaarden uit Tabel 5 als rekenwaarden aan.

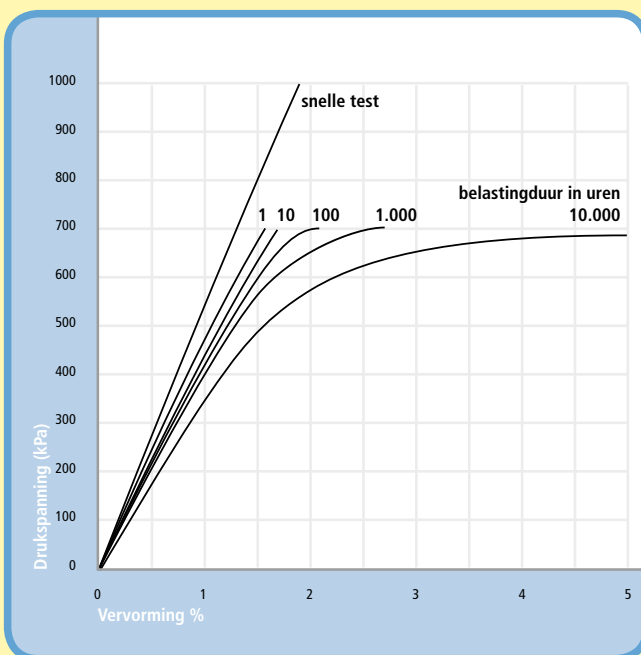


Figuur 2: Spannings/rek-relatie EPS (initieel).

Eigenschap	Grootheid		Type EPS				
	notatie	eenheid	60	100	150	200	250
Druksterkte korte duur	$\sigma_{\varepsilon=10\%}$ of CS (10)	kPa	60	100	150	200	250
Lange duur druksterkte	$\sigma_{\varepsilon=2\%}$ of CS (2)	kPa	18	30	45	60	75
Buigsterkte	σ_b of BS	kPa	100	150	200	250	350
Elasticiteitsmodulus	E_t	kPa	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000
Afschuifsterkte	τ	kPa	50	75	100	125	170

Tabel 5: Mechanische eigenschappen

3.1.4 Kruip en relaxatie Kruip is het verschijnsel waarbij de vervorming toeneemt in de tijd als gevolg van belasting. Dit blijkt voornamelijk afhankelijk te zijn van de onafhankelijke variabelen: spanning, vervorming, tijd en temperatuur. Dit zelfde geldt ook voor relaxatie, het verschijnsel waarbij onder een opgelegde vervorming de (inwendige) spanning in de tijd afneemt. Deze curven kunnen ook als last/vervormingsdiagram worden getekend bij verschillende belastingsduren (figuur 3). Volgens EN 13163 is bij een belastingniveau van circa 0,30 CS(10)(0,30 $\sigma_{\varepsilon=10\%}$) een kruip-vervorming van 2% aan te houden. Ander onderzoek [ref 4] gaf aan dat de te verwachten kruip na 1 jaar, bij een belastingniveau van ca. 25% van de korte-duur druksterkte (σ_{10}) minder dan 0,2% bedraagt! De helft van die kruip treedt al op na 1 dag! Het kruipgedrag op een logaritmische schaal is lineair te noemen. De initiële vervorming bedraagt ca. 0,5%; totaal dus 2,5% over 50 jaar.



Figuur 3: Spanning/vervormingsrelatie en belastingduur.

3.2 Buigsterkte

De buigsterkte, vaak met de druksterkte wel gedefinieerd als 'handling properties' is gegeven in de Europese EPS-norm en opgenomen in tabel 5.

3.3 Afschuifsterkte

De afschuifsterkte is volgens EN13163 eveneens gegeven in tabel 5.

3.4 Treksterkte

De treksterkte is in absolute waarde ongeveer gelijk aan de buigsterkte.

3.5 Dynamische stijfheid

De dynamische stijfheid is een maat voor de bepaling van de contactgeluid-transmissie-isolatie en hangt af van de dynamische stijfheid en de dikte van het toegepaste materiaal. Voor dit doel is speciale EPS ontwikkeld, die een nabehandeling ('elastificatie') heeft ondergaan ("EPS-T"). In het katern 'EPS en Geluid' wordt daar specifiek op teruggekomen.

3.6 Wrijvingscoëfficiënt

Voor berekeningen kan een veilige waarde voor de wrijvingscoëfficiënt van 0,5 worden aangehouden, als de wrijvingshoek zich beperkt tot circa 30°.

4 Thermohygrische eigenschappen

De uitstekende thermohygrische eigenschappen van EPS maken het tot een bijzonder geschikt materiaal voor de thermische isolatie in de woning- en utiliteitsbouw. In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens die eigenschappen en hun onderlinge relatie behandeld.

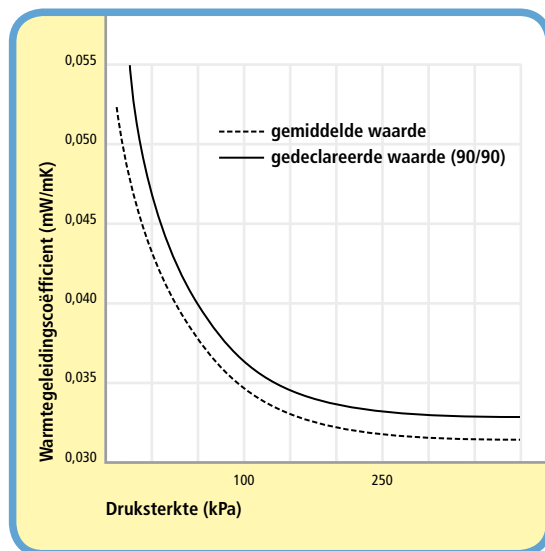
4.1 Warmtegeleidingscoëfficiënt

Dankzij de unieke parelstructuur bevat EPS ca. 98% lucht, de beste isolator, en daarmee heeft EPS zeer goede warmte- en koude-isulerende eigenschappen. Deze komen tot uitdrukking in de warmtegeleidingscoëfficiënt (λ -waarde).

Warmtegeleidingscoëfficiënt	Type EPS				
	EPS 60 -SE	EPS 100 -SE	EPS 150 -SE	EPS 200 -SE	EPS 250 -SE
$\lambda_{\text{gedeclareerd}}$	0,038	0,036	0,034	0,033	0,033
λ_{reken}	0,038	0,036	0,034	0,033	0,033

Tabel 6: Warmtegeleidingscoëfficiënt EPS (W/mK)

4.1.1 Basiswaarde De producenten in Europa dienen de warmtegeleidingscoëfficiënt per type EPS te verklaren ('declareren'). Voor generieke toepassingen worden de waarden uit tabel 6 aanbevolen. In NEN 1068 wordt een forfaitaire waarde van 0,45 W/mK gegeven voor alle typen EPS. Het staat de individuele fabrikant vrij daarvan af te wijken, maar dat zal geverifieerd en gecertificeerd moeten zijn in het kader van CE markering.



Figuur 4: Warmtegeleidingscoëfficiënt conform EN 13163

In het kader van certificatie zijn er twee mogelijkheden: of de fabrikant doet zelf zeer regelmatig onderzoek en verwerkt dit tot een statistisch betrouwbare waarde of de fabrikant conformeert zich aan de forfaitaire waarde waar hij nooit boven mag komen. Indien de fabrikant statistisch bepaalde cijfers declareert, dan wordt het 90/90 princi-

pe aangehouden. Dat wil zeggen dat 90% van de producten altijd een betere (lagere) waarde heeft, met een betrouwbaarheid van 90%. In bovenstaande tabel 6 zijn de waarden aangegeven. De correctiefactoren op de materiaaleigenschappen als gevolg van klimatologische omstandigheden zijn volgens NEN 1068 alle drie: 1,0. Dit levert uiteindelijk de rekenwaarden op voor praktische transmissie- en condensatieberekeningen. Er wordt op gewezen, dat individuele producenten en producten afwijken van de in tabel 6 gegeven waarden.

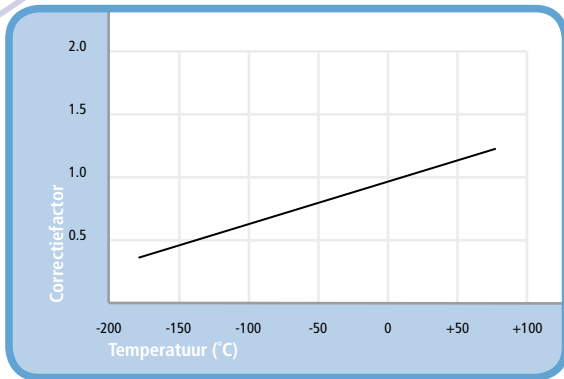
Door het Forschungsinstitut für Wärmetechnik te München is op basis van duizenden monsters uit alle EU-landen een Europese mastercurve samengesteld (figuur 4) die als leidraad in vele landen geldt. Deze mastercurve is in EN 13163 opgenomen [ref 3].

4.1.2 Vochtinvloeden In praktische toepassingen in vloer, gevel en dak in de woning- en utiliteitsbouw kan de invloed van de klimatologische omstandigheden verwaarloosd worden en hoeft slechts een toeslagfactor 'voor applicatie' van 5% genomen te worden voor de berekening van de warmteweerstand (R_c -waarde) volgens NEN 1068. Soms hebben we met toepassingen op/onder water te doen; op basis daarvan kan de gedeclareerde waarde met de correctiefactoren in tabel 7 vermenigvuldigd worden.

Toepassing EPS	Type EPS					
	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200	EPS 250	EPS 300
niet gedraineerd	1,22	1,18	1,15	1,13	1,08	1,04
gedraineerd	1,11	1,09	1,07	1,06	1,04	1,02

Tabel 7: Correctiefactor droog/nat.

4.1.3 Temperatuurinvloeden Wordt EPS als hitte- of extreme koude-isolatie gebruikt, dan dient de basiswaarde vermenigvuldigd te worden met een factor die te ontlenen is aan figuur 5.



Figuur 5: Correctiefactor

4.1.4 Veroudering Bij EPS treedt geen veroudering op. De warmtegeleidingscoëfficiënt blijft dus dezelfde waarde houden in de tijd.

4.2 Temperatuurbestendigheid

EPS is een thermoplastische kunststof en daarmee bestand tegen hitte gedurende een zeer korte tijd, wanneer de omgevingstemperatuur niet hoger is dan 110°C. De indringdiepte blijft door de isolerende eigenschap van EPS gering. Wanneer langere tijd EPS door warmte wordt belast, dan is de maxi-

male gebruikstemperatuur 80°C. Bij cacheren is EPS zeer korte tijd tot 160°C belastbaar. Door z'n structuur is EPS bijzonder geschikt voor toepassingen bij lage temperatuur (cryogene installaties) en wel tot -180°C.

4.3 Warmtecapaciteit

Voor praktische berekeningen van niet-stationaire warmte-overdracht kan voor de warmtecapaciteit een waarde van 1450 J/kg K worden aangehouden. Deze waarde wordt grotendeels bepaald door het gegeven dat EPS voor 98% uit lucht bestaat.

4.4 Uitzettingscoëfficiënt

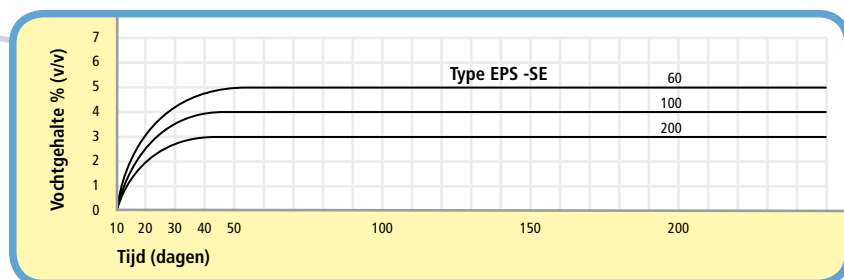
Voor de uitzettingscoëfficiënt (krimpen en zwellen) kan voor praktische berekeningen - voor alle typen EPS - een waarde van 7×10^{-5} m/mK worden aangehouden.

4.5 Waterdampdiffusie-weerstandscoëfficiënt

Voor de waterdampdiffusie-weerstandscoëfficiënt, zijnde de verhouding tussen de diffusieweerstand van 1 m bouw materiaal en 1 m lucht, kunnen de waarden uit tabel 6 worden aangehouden. Het verhoudingsgetal is eenheidsloos.

Waterdampdiffusie-weerstandscoëfficiënt	Standaard type EPS					
	EPS 60 -SE	EPS 100 -SE	EPS 150 -SE	EPS 200 -SE	EPS 250 -SE	EPS 300 -SE
μ	20	30	40	60	90	120

Tabel 6: Waterdampdiffusie-weerstandscoëfficiënt EPS



Figuur 7: Wateropname als functie van de tijd

Wateropname (v/v)	Type EPS					
	EPS 60 -SE	EPS 100 -SE	EPS 150 -SE	EPS 200 -SE	EPS 250 -SE	EPS 300 -SE
niet gedraineerd	5,0	4,0	3,5	3,0	2,0	1,0
gedraineerd	2,5	2,0	1,75	1,5	1,0	0,5

Tabel 8: Wateropname in volumeprocent

4.6 Wateropname bij onderdompeling

Als gevolg van de fysische opbouw van EPS-isolatie - EPS-parels die door fusie tot een plaat, vormdeel of blok zijn geschuimd - neemt EPS in de parels geen water op. Het mogelijk aanwezige water bevindt zich in de ganglionnen tussen de parels. De wateropname zal in praktische zin (bij EPS 60!) nooit meer dan 5% bedragen (v/v, volume per volume). Dit komt in relatief korte tijd tot stand (zie figuur 7) en neemt daarna normaliter niet meer toe. Voor toepassing in de GWW-sector wordt daarnaast nog onderscheid gemaakt tussen niet- en wel gedraineerde toepassingen. Dat laatste geval, meestal de praktijk, levert een tot 50% gereduceerde wateropname op. In tabel 8 zijn beide waarden aangegeven.

4.7 Wateropname door diffusie

De wateropname door diffusie is afhankelijk van het klimaat waaraan het EPS bloot is gesteld. Afhankelijk van de toepassing en de eigenschappen van de omliggende bouwmaterialen, alsmede de klimaatcondities van de binnen- en buitenzijde van de constructie, kan de hoeveelheid condensatie worden berekend. Daarbij is de wateropname, ook na vele jaren, nooit meer dan 1% (v/v). Dit betekent een maximale toename van de warmtegeleidingscoëfficiënt met 5%. Onderzoek [ref 4] gaf aan dat monsters, gedurende 15 dagen blootgesteld aan een relatieve vochtigheid van 95%, een **maximale** verhoging van 0,0015 W/mK te zien gaven, gemiddeld echter minder dan 0,001 W/mK. In de praktijk echter zullen 's zomers de gecondenseerde hoeveelheden water door verdamping/droging weer verdwijnen! De Duitse norm DIN 4108 geeft een praktisch maximaal vochtgehalte van 0,1 tot 1% (v/v). Bij een goede toepassing van EPS kan deze invloed dus verwaarloosd worden.

De lengteverandering ten gevolge van vochtopname/vochtafstand is zeer gering. Een praktische waarde voor het hele traject van droog tot 5% (v/v) van de meest ongunstige situatie en het 'lichtste' type EPS bedraagt ca. 3 tot 5 ‰.

4.8 Capillariteit

Door de mechanische opbouw van EPS is de capillariteit vrijwel nihil en in de praktijk verwaarloosbaar.

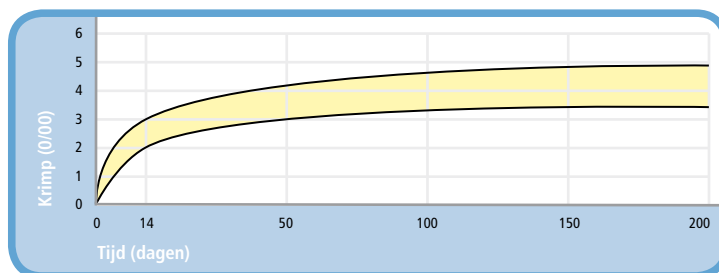
4.9 Geboortekrimp

Als gevolg van de fabricage met stoom zal door de uitwisseling van drukverschillen, het drogen en het uittreden van pentaan juist na de blokvorming de grootste krimp optreden. Dit wordt 'geboortekrimp' genoemd. Voor praktische toepassingen is deze in de meeste gevallen verwaarloosbaar, gelet op de tijd die er ligt tussen productie en uiteindelijke toepassing op de bouw. Voor berekeningen kan eenvoudigheidshalve met een nakrimp van ca 2‰ worden gerekend tenzij de vervormingen door opgelamineerd materiaal verhinderd worden, zoals bij cacheerlagen. In figuur 9 is de bandbreedte van de krimp aangegeven.

4.10 Dimensionele stabiliteit

Voor een aantal toepassingen is het nodig een maximum waarde voor de niet-omkeerbare ('irreversibele') lengteveranderingen aan te geven, omdat men bijvoorbeeld geen te grote naadvorming wil hebben. Tevens zijn er randafwerkingen om überhaupt naadvorming te voorkomen.

Getest volgens de Europese norm EN 1603, methode B geldt in CEN-verband als eis $\pm 0,5\%$. Voor bijvoorbeeld buitengevelisolatie geldt vaak een eis van $\pm 0,2\%$, overeen te komen tussen afnemer en producent.



Figuur 9: Krimp EPS

5 Brandveiligheid

Zoals vrijwel bij alle bouwprocedures, is vanaf 1992 ook de regelgeving op het gebied van brandveiligheid van gebouwen drastisch veranderd. De herziene Woningwet, het Bouwbesluit en de nieuwe Bouwverordening naar VNG-model, hebben de bouwwereld geconfronteerd met een groot aantal nieuwe en vaak ingewikkelde regels op dit gebied. Toch is er, met name onder invloed van dat Bouwbesluit, een denkwijze over brandveiligheid ontstaan die veel beter dan voorheen aansluit bij de dagelijkse praktijk.

Want er wordt nu niet meer naar materialen afzonderlijk gekeken, maar naar constructies waarin de materialen zijn verwerkt. Een prestatie-eis schrijft daarbij niet voor hoe een bepaalde constructie moet worden gemaakt, maar beschrijft aan welke prestaties deze als geheel moet voldoen opgebouwd uit concrete grenswaarden met bepalingsmethoden.

Dit biedt de bouwpraktijk bovendien alle mogelijkheden om innovaties toe te passen. Vanuit dit gegeven komt ook de vereenvoudigde stelregel als het gaat om brandveiligheid: beoordeel niet de bouwmaterialen afzonderlijk, maar beoordeel het gebouw en de constructiedelen als geheel.

5.1 Niet 'onbeschermd' toepassen

Als standaard regel voor thermische isolatie geldt: pas EPS nooit 'onbeschermd' toe, indien een ruimte niet zonder brandgevaar is. In de bouwpraktijk gebeurt dit gelukkig niet zo vaak. EPS wordt enerzijds toegepast tussen twee wanden of is slechts één laag van een complete dakconstructie of is afgedekt met andere materialen. Anderzijds wordt EPS toegepast in ruimtes zonder brandgevaar (kruipruimtes). Bij een deugdelijke, professionele toepassing en verwerking van EPS-isolatie zal het EPS bij een gebouwenbrand pas vlam vatten als de materialen eromheen al verbrand of bezwaken zijn. Dit betekent dat het gebouw en de inventaris al in lichterlaaie staan voordat het vuur het EPS heeft bereikt. Uitsluitend door onverschilligheid, onwetendheid of onvoorzichtigheid, zou EPS bij het begin van een brand in brand kunnen geraken. Een toepassingsgebied dat bijvoorbeeld vaak "onder vuur ligt", is het vlakke, geïsoleerde dak. Toch is aangetoond (zie daarvoor de Syllabus 'Dakdeken zonder vuur', uitgegeven door de Stichting Bouwresearch), dat met een goed ontwerp, denk daarbij aan compartimentering en detaillering, en een zorgvuldige uitvoering waarbij preventieve maatregelen zijn genomen, met EPS-isolatie zonder meer een brandveilig dak is te maken.

5.2 SE-Kwaliteit

EPS wordt geleverd in brandvertragend gemodificeerde kwaliteit, aangeduid met de internationale codering 'SE' en behoort tot klasse 1 of 2, beproefd volgens NEN 6065. EPS-SE is Euroklasse E volgens EN 13501-1. EPS-SE is meestal herkenbaar aan de rode signaleringsband op de zijkant van de isolatieproducten.



5.3 Brandvertrager

Brandvertragend gemodificeerd EPS bevat een geringe hoeveelheid van een brandvertragend middel. Het gaat om de brandvertrager hexabroomcyclododecaan (HBCD), die in de polystyreen-beads wordt aangebracht. Ze loogt dus niet uit en degradeert niet.

5.4 Rookproductie

Hoewel brandend EPS rook produceert, is de totale hoeveelheid rook gering vanwege de lage dichtheid van EPS. EPS bestaat immers voor 98% uit lucht en voor maar 2% uit polystyreen. Maar aangezien EPS in vrijwel alle gevallen niet kaal wordt toegepast respectievelijk toegepast wordt in ruimtes zonder brandgevaar (zoals kruipruimtes), is het realistischer de rookproductie in die praktijksituaties te beoordelen.

Zoals in het katern 'Brandveilig bouwen met EPS-SE' gegeven is, is de rookdichtheid van EPS $5,4 \text{ m}^{-1}$.

De rookdichtheids-eis voor normale ruimten in gebouwen met geen bijzondere bestemming is $R < 10 \text{ m}^{-1}$. Bij vluchtwegen in die gebouwen luidt de eis voor klasse 2 materialen $R < 2,2 \text{ m}^{-1}$, en voor klasse 1 materialen $R < 5,4 \text{ m}^{-1}$.

5.5 Rookgassen

De giftigheid van de vrijkomende rookgassen is aanzienlijk lager dan die van andere veelgebruikte 'natuurlijke' materialen als hout, wol en kurk. Voor zowel EPS in standaard uitvoering als EPS in SE-kwaliteit werd dat al in 1980 door TNO Centrum voor Brandveiligheid geconcludeerd [ref 5].

5.6 Brandveilige Toepassingen

De basisregel blijft: beoordeel het bouwdeel als geheel. In dat kader is het goed te vermelden dat vrijwel alle EPS-toepassingen in Nederland voorzien zijn van een KOMO Attest-met-Productcertificaat, op basis van een Beoordelingsrichtlijn (BRL). Dat betekent dat het EPS-product in die toepassing met behulp van de BRL is getoetst aan het Bouwbesluit en voldoet aan alle eisen, indien de toepassingsvoorwaarden en werkingsvoorschriften in acht worden genomen.



6 Veiligheid, gezondheid en milieu

Dat isoleren niet alleen goed is voor de portemonnee maar zeer zeker ook voor het milieu staat buiten kijf. Als we het over isolatiematerialen en milieu hebben dient één punt voorop te staan: isolatiemateriaal moet isoleren, niet alleen nu maar ook over 75 jaar. Alleen met echt duurzame materialen wordt het broeikas effect beperkt en onze energievoorra- den efficiënter benut. Naast de milieueffecten op wereldschaal mogen effecten 'dichter bij huis' niet vergeten worden. Toepassen van een product mag nooit een gevaar (gaan) vormen voor de gezondheid van degenen die het gebruiken of er mee werken. Prettig om te weten dat u met EPS geen risico's neemt met uw gezondheid.

6.1 Arbo en gezondheid

Ook de veiligheid, de gezondheid en het welzijn (VGW) van mensen worden tegenwoordig als onderdelen van het milieu gezien. Logisch, want als een product op zich al gevaarlijk is voor de mens, hebben algemene milieumaatregelen natuurlijk geen zin.

EPS is een materiaal dat zowel op gezondheids- als milieuaspecten hoog scoort. Het is een veilig materiaal voor productiemedewerkers, bouwvakkers, en gebruikers van gebouwen. In het kader 'EPS en gezond isoleren' gaan we uitvoerig in op alle aspecten die daarmee te maken hebben. We volstaan hier met een samenvatting (tabel 10).

VGW gedurende de productiefase	Geen gevaar voor de gezondheid, geen persoonlijke beschermingsmiddelen nodig, hygiënisch, niet giftig en volkomen veilig.
VGW gedurende de bouwfase	Geen gevaar voor de gezondheid, geen persoonlijke beschermingsmiddelen nodig, hygiënisch, niet giftig, volkomen veilig en licht van gewicht.
VGW gedurende de gebruiksfase: binnenmilieu	Idem en bovendien: geen afgifte van gevaarlijke deeltjes, vochtongevoelig en daarom schimmelvrij en rotvrij, geen pleisterplaats of voedsel voor ongedierte.

Tabel 10: ARBO en Gezondheid

6.2 EPS en het milieu

In het kader 'EPS en het milieu' van het 'Witboek EPS in de Bouw; Informatie voor Bouwprofessionals' wordt uitvoerig ingegaan op de milieuaspecten van het produceren, installeren en gebruik van EPS-bouwproducten. In de brochure 'De feiten op een rijtje' hebben we die informatie voor u nog eens handig naast elkaar gezet. We volstaan er daarom hier mee, een samenvatting te geven.

In het tegenwoordige denken over milieuzorg staat er niet meer één milieueffect van een productieproces centraal. Er wordt thans gekeken naar alle milieueffecten die ontstaan tijdens de gehele levenscyclus van een product. Dit wordt onderzocht met de wetenschappelijk onderbouwde levenscyclusanalyse (LCA). In tabel 11 wordt een overzicht gegeven van een aantal voor EPS belangrijke onderwerpen.

Als eerste aanpak van milieueffecten heeft preventie daarvan de voorkeur. Door te isoleren wordt hier al hard aan gewerkt; het broeikas effect en uitputting van energievoorra- den worden in belangrijke mate vermindert. De energiebesparing bij isoleren is honderden malen groter dan nodig is voor de productie van elk isolatiemateriaal (waaronder EPS) dan ook. Goed isoleren heeft dus prioriteit, en dát kan met EPS.

In de EPS-branche wordt daarnaast veel aandacht besteed aan milieuzorg tijdens productie en verwerking van het materiaal. Levering op maat is daar al jaren een voorbeeld van. Doordat EPS geen samengesteld materiaal is, maar een monomateriaal, is het ook bijzonder goed te recyclen. In combinatie met het feit dat EPS niet wordt aangetast of degenereert is EPS dus een bijzonder duurzaam materiaal. Tabel 12 laat zien dat EPS zowel het milieu als de portemonnee spaart.

Materiaalgebruik	Spaarzaam. EPS kan met slechts 2% polystyreen de productfunctie vervullen. De overige 98% is lucht.
Aardolie-consumptie	Uiterst gering. Voor het verreweg grootste deel dient aardolie als brandstof voor transport en verwarming. De EPS-industrie gebruikt circa 0,16% van de totale aardolieproductie, daarmee kunnen calamiteiten moeilijk op het conto van de EPS-consumptie worden bijgeschreven.
Primaire en secundaire grondstoffen	Styreen. Komt ook voor in o.a. aardbeien, koffie, bier, wijn en bonen. Wordt uit aardolie gemaakt voor EPS en is niet carcinogeen. Voor max. 0,1 gewichtsprocent aanwezig in EPS. De huidige monostyreen-concentraties liggen zeer ver beneden de strengste normen in Europa. Pentaan. Is nodig voor de expansie van polystyreen tot EPS. Het is een zuivere koolwaterstof en is onschadelijk voor de gezondheid en de ozonlaag. Door diffusie verdwijnen de laatste resten pentaan snel uit het eindproduct.
CFK's	EPS was altijd al CFK-vrij.
Brandvertrager	HBCD. Aanwezig in brandvertragend gemodificeerd EPS. Wordt geadviseerd als alternatief voor schadelijke brandvertragers. Overigens komen er bij de verbranding van gewoon en brandvertragend gemodificeerd EPS minder schadelijke stoffen vrij dan bij de verbranding van 'natuurlijke' materialen zoals wol, kurk en zelfs hout!
Verontreiniging lucht en oppervlaktewater	Uiterst gering en ver beneden alle wettelijke normen.
Verontreiniging landschap	Wordt vermeden door zorgvuldig transport en 'good-housekeeping' op de productielocaties.
Energieverbruik	De natuurlijke aardolie-energie die in EPS zit (feedstockenergie) bedraagt voor EPS circa 50 MJ/kg. Daarvan wordt door juiste verbranding ofwel thermische recycling 80% teruggewonnen. De energie die nodig is om de EPS-producten te fabriceren, heet productie-energie. Deze bedraagt voor EPS 40 MJ/kg. Omdat EPS een lage dichtheid heeft, is de energie-inhoud (feedstock + productie-energie) per m ² vaak lager dan bij andere isolatiematerialen. Met andere woorden: hoe hoger de vereiste dichtheid, des te minder energie heeft EPS verhoudingsgewijs nodig.

Tabel 11: Milieubelasting EPS

Materiaalbesparing	Afvalpreventie door levering op maat.
Energie-investering en levensduur	Met inzet van slechts 131 liter brandstof (vergelijkbaar met 2 autotanks benzine) is een woning 50 jaar lang optimaal met EPS geïsoleerd.
Energie-terugverdientijd, het rendement van EPS-isolatie	De benodigde energie voor het isoleren met EPS ($R_c = 2,5$) is door de energiebesparing als gevolg van die isolatie in minder dan 2 maanden terugverdiend.
Ofwel	Eén liter fossiele brandstof voor de productie van EPS bespaart honderden liters fossiele brandstof.
LCA-studies	EPS scoort zeer gunstig op milieu-effecten die worden onderscheiden. Het milieuprofiel van EPS-producten voor vloer-, dak- en spouwtoepassingen is beter dan dat van PUR, glas- en steenwol. Het positieve milieu-effect van recycling is bij EPS groter dan bij de andere genoemde isolatiematerialen.

Tabel 12: EPS bespaart als isolatiemateriaal energie

7 EPS - Het overzicht

De belangrijkste materiaaleigenschappen hebben we voor u hieronder in een overzicht gegeven.

Eigenschap	Grootheid		Type EPS				
	notatie	eenheid	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200	EPS 250
Druksterkte bij 10% vervorming (korte duur)	$\sigma_{\varepsilon=10\%}$ of CS (10)	kPa	60	100	150	200	250
Lange-duur druksterkte	$\sigma_{\varepsilon=2\%}$ of CS (2)	kPa	18	30	45	60	75
Buigsterkte	σ_b of BS	kPa	100	150	200	250	350
E-modulus	E_t	kPa	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000
Afsluifsterkte	τ	kPa	50	75	100	125	170
Treksterkte	σ_t	kPa	100	150	200	250	350
Wrijvingscoëfficiënt	c		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Warmtegeleidingscoëfficiënt	$\lambda_D = \lambda_R$	W/m.K	0,038	0,036	0,034	0,033	0,033
Diffusieweerstandsgetal	μ	-	20	30	40	60	90
Vochtopname bij onderdompeling	%	v/v	5,0	4,0	3,5	3,0	2,0
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α	m/m	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$
Warmtecapaciteit	C	J/kg K	1.450	1.450	1.450	1.450	1.450
Temperatuurbestendigheid (min/max)	T	-180/+80	-180/+80	-180/+80	-180/+80	-180/+80	-180/+80

Tabel 13: Recapitulatie EPS-eigenschappen

Referenties

- 1 BDA keuringsrapport
- 2 De duurzaamheid van EPS in de grond, Tauw, 12/1985 (doc.nr. 532/231.05)
- 3 NEN EN13163 uitgave NEN-Bouw, Delft
- 4 Kemisol, dd. 10/06/1996
- 5 TNO rapport, nr. B-80-350, 'De giftigheid van de bij verbranding van polystyreenschuim vrijkomende gassen', 06/1980

Lijst van afkortingen

- | | |
|------|---------------------------------|
| EPS | Geëxpandeerd Polystyreen |
| HBCD | Hexabroomcyclododecaan |
| VGM | Veiligheid, Gezondheid & Milieu |
| DUBO | Duurzaam Bouwen |
| GWW | Grond-, Weg- en Waterbouw |



“Veilig, gezond en comfortabel bouwen met EPS”



STYBENEX

VERENIGING VAN FABRIKANTEN
VAN EPS®-BOUWPRODUCTEN

Postbus 2108
5300 CC Zaltbommel
tel. 0031 418 51 34 50
fax 0031 418 51 38 88
e-mail: info@stybenex.nl
website: www.stybenex.nl