



# EPS

*in de GWW*

VOOR ZETTINGSVRIJE  
ONDERHOUDSARME  
TOEPASSINGEN



LOGISCH PROCES: BOUWEN OP EPS.

# INHOUDSOPGAVE

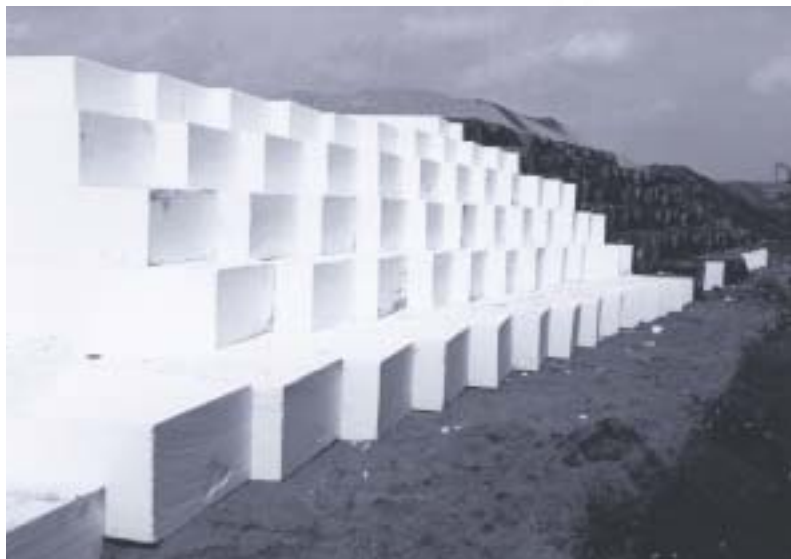
<b>INLEIDING</b>	<b>3</b>
<b>1. KENMERKEN VAN EPS</b>	<b>4</b>
1.1. KENMERKEN	4
1.2. DE PRODUCTIE VAN EPS	4
<b>2. VOORDELEN VAN TOEPASSING VAN EPS IN DE GWW-SECTOR</b>	<b>6</b>
2.1. TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN VAN CONSTRUCTIE MET EPS IN DE GWW-SECTOR	6
2.2. UITVOERINGEN VAN EPS IN DE GWW-SECTOR	7
2.3. VOORBEELDEN VAN ALGEMENE TOEPASSINGEN VAN EPS IN DE GWW-SECTOR	8
<b>3. EIGENSCHAPPEN VAN EPS IN DE GWW-SECTOR</b>	<b>9</b>
3.1. MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN	9
3.2. FYSISCHE EIGENSCHAPPEN	11
3.3. MILIEU-EIGENSCHAPPEN	13
3.4. ARBO-EIGENSCHAPPEN	14
3.5. MATERIAALEIGENSCHAPPEN GERECAPITULEERD	14
<b>4. ERVARINGEN IN NEDERLAND</b>	<b>15</b>
4.1. OVERGANGSCONSTRUCTIES: OP- EN AFRITTEN EN VIADUCTEN	15
4.2. VERHARDINGEN EN BERMEN	16
4.3. SPORTVELDEN	18
4.4. VERHARDINGEN IN EEN WOONGEBIED	19
4.5. TOEPASSING BOVEN BESTAANDE LEIDINGEN	19
4.6. BENZINESTATIONS	20
4.7. BIJZONDERE TOEPASSINGEN	20
<b>5. ONTWERP, BESTEK EN UITVOERING</b>	<b>21</b>
5.1. PROGRAMMA VAN EISEN	21
5.2. EVENWICHTSBEREKENINGEN	21
5.3. CONSTRUCTIEVE DUURZAAMHEID	22
5.4. DEFINITIEF ONTWERP	22
5.5. RAW-BESTEK	23
5.6. UITVOERING	25
<b>6. BIJZONDERE TOEPASSINGEN</b>	<b>26</b>
6.1. DRAINAGEPLATEN	26
6.2. DRIJVENDE STEIGERS, EILANDEN EN TUINEN	26
6.3. KLEINE BRUGGEN VAN EPS	27
6.4. EPS-LICHTBETON	27
<b>7. CONCLUSIE</b>	<b>28</b>
<b>REFERENTIES</b>	<b>29</b>
<b>LIJST MET AFKORTINGEN</b>	<b>29</b>
<b>NOTITIES</b>	<b>30</b>



## INLEIDING

Om gebieden met een slappe, weinig draagkrachtige bodem bouwrijp te maken, moet het terrein altijd op de een of andere manier worden opgehoogd. Veelal brengt men zand aan onder het te verhardened gebied, maar dat brengt zettingsproblemen tijdens de bouw en vaak nog ver daarna met zich mee. Zo'n traditionele constructie is onderhoudsgevoelig, en bovendien kan door het gewicht van zand als ophogingsmateriaal stabiliteitsverlies in de bodem optreden. Daarom en vanuit andere overwegingen wordt steeds vaker gebruik gemaakt van EPS (geëxpandeerd polystyreen) als licht funderingsmateriaal voor zettingsvrije, onderhoudsarme en vorstwerende constructies in de grond-, weg- en waterbouw (GWW).

Dit deel 'EPS in de GWW-sector' uit het 'Witboek EPS in de Bouw; Informatie voor Bouwprofessionals' geeft een gedetailleerd overzicht van alle aspecten die verbonden zijn met de toepassing van EPS-bouwproducten in de GWW-sector. Het behandelt de algemene materiaaleigenschappen van EPS en de specifieke kenmerken van EPS als funderingsmateriaal. De in dit document besproken toepassingsmogelijkheden zijn gebaseerd op wetenschappelijke studies en de daaruit volgende ontwerpprincipes. Eveneens is gebruik gemaakt van de meest actuele informatie uit handleidingen bij ontwerp en uitvoering van concrete werken, bestekteksten in de 'RAW'-besteksystematiek van de stichting CROW te Ede en opgedane ervaringen vanuit de hele wereld. Het doel van deze publicatie is vaklieden en andere geïnteresseerden een goed oordeel te laten vormen over de toepassingsmogelijkheden van EPS in de GWW-sector.



Oprit dijk Hardinxveld-Giessendam (1984).

## I. KENMERKEN VAN EPS

Voor een goed begrip van de voordelen van EPS als licht ophogingsmateriaal is het van belang eerst te weten wat de typische kenmerken van het materiaal zijn en hoe het wordt gemaakt. Meer informatie over EPS-bouwproducten in het algemeen is te vinden in het deel 'EPS-basisinformatie' uit het 'Witboek EPS in de Bouw; Informatie voor Bouwprofessionals'. Gedetailleerde informatie over het gedrag van EPS onder invloed van vocht en de milieukenmerken van het materiaal vindt u eveneens in het genoemde EPS-handboek.

### I.1. KENMERKEN

De afkorting EPS staat voor 'geëxpandeerd polystyreen', een karakteristieke en vrijwel altijd witte kunststof, die nu bijna 40 jaar voor diverse doeleinden wordt toegepast. Van de totaal in Nederland geproduceerde hoeveelheid EPS is ongeveer een vijfde deel bestemd voor verpakkingsdoeleinden. De resterende 80% krijgt een eindbestemming in de bouw, waaronder de GWW-sector. EPS (vroeger ook piepschuim, tempex of PS-hardschuim genoemd) is van oorsprong bedoeld als isolatiemateriaal. En nog steeds is EPS door een efficiënte productiemethode een van de goedkoopste 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. Voor de GWW-sector is verder van belang dat EPS ongevoelig is voor water/vocht bij onderdompeling ("submersion") en dat er geen waterdamptransport ("diffusion") in het materiaal optreedt. Bovendien kan het de mechanische belastingen verdragen dankzij de specifieke celstructuur. EPS is daarnaast duurzaam en degenereert niet in de loop der tijd. EPS is een 'monomateriaal', wat wil zeggen: bestaande uit één materiaalsoort, waardoor het bij uitstek voor recycling in aanmerking komt. Bovendien is het grondwaterneutraal.



### I.2. DE PRODUCTIE VAN EPS

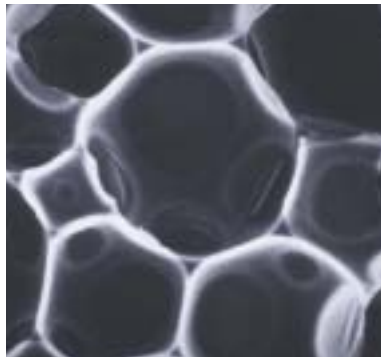
De productie van EPS is uiteen te splitsen in twee delen, te weten:

1. de productie van aardolie tot expandeerbaar polystyreen,
2. de productie van expandeerbaar polystyreen tot EPS-(bouw-) producten

#### I.2.1. PRODUCTIEFASE 1: van aardolie tot expandeerbaar polystyreen

Uit de fossiele grondstof aardolie wordt via raffinage nafta verkregen. Uit een fractie van de nafta wordt via katalytisch reformeren (isomerisatie, cyclisatie en dehydrogenatie) de nafta omgezet in aromaten, waaruit benzeen wordt gedestilleerd, een bouwstof voor monostyreen. Een andere fractie van de nafta wordt m.b.v. de hydro-kraker (katalysator/warmte en waterstof) gekraakt tot kleine koolwaterstofverbindingen. Het aldus gevormde etheen (een van de koolwaterstofverbindingen) wordt na fractionatie en destillatie tezamen met benzeen gebruikt voor de vorming van monostyreen. Dit gebeurt middels alkylatie en dehydrogenatie. Door polymerisatie en het toevoegen van het blaasmiddel pentaan (ca. 6 gewichts-%) ontstaat de grondstof expandeerbaar polystyreen: kleine, harde bolletjes (polystyreen-beads) die in verschillende grootten aan de EPS-verwerkende industrie worden geleverd. Expandeerbaar polystyreen wordt desgewenst in een brandvertragend gemodificeerde uitvoering geproduceerd, de zogenoemde SE-kwaliteit. Hiertoe wordt een geringe hoeveelheid brandvertrager toegevoegd. Het materiaal behoort dan tot klasse 1 of 2 volgens NEN 6065.

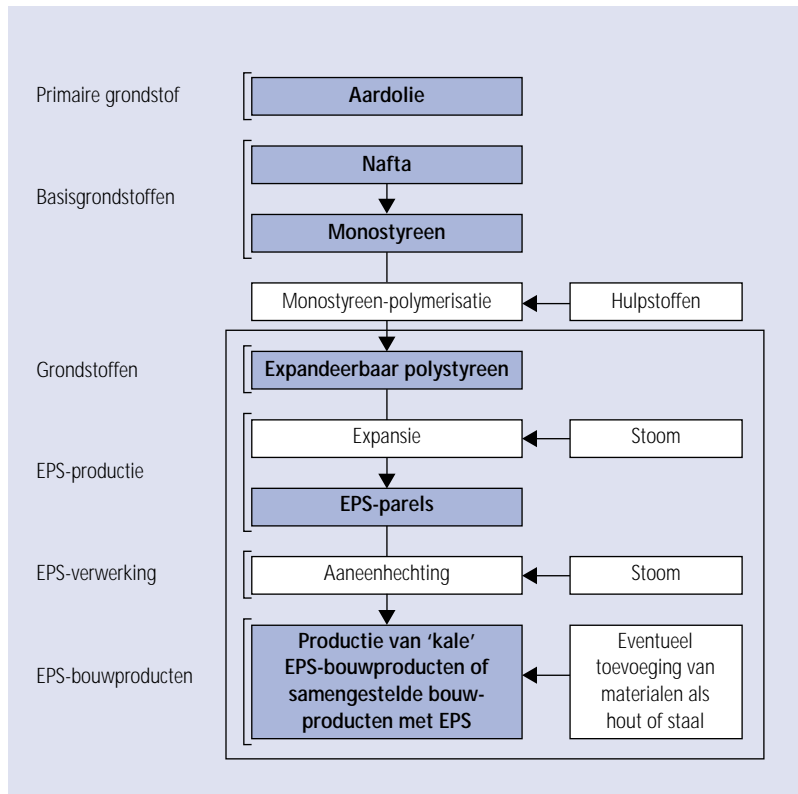




Celstructuur EPS.

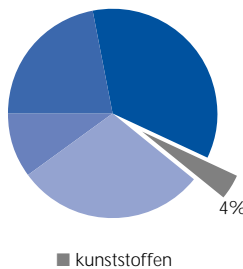
1.2.2. PRODUCTIEFASE 2:  
van expandeerbaar polystyreen tot EPS-bouwproducten

Het opvallende bij de tweede productiefase van EPS is dat er niets anders behoeft te worden gebruikt dan stoom. Expandeerbaar polystyreen is een thermoplast, waarin een vloeistof met een laag kookpunt (pentaan) is opgenomen. Stoom van 100-105°C verwarmt en verzacht het expandeerbaar polystyreen. Daardoor wordt het pentaan intern verdampt en zodoende gasvormig, en expandeert de polystyreen-bead zowel onder invloed van het pentaan als van het diffunderende stoom tot de zogeheten EPS-parel. Hierdoor ontstaat een gesloten celstructuur in elke geëxpandeerde EPS-parel, waar bij afkoeling het pentaan en de stoom inwendig condenseren en vervolgens door de ontstane onderdruk 98% holle ruimte in de parel treedt. Door diffusie verdwijnt gedurende en na dit proces 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 hetzij 'kaal' aan de markt aangeboden zoals platen en blokken aan de GWW-sector, hetzij in de vorm van isolatiemateriaal als onderdeel van een samengesteld eindproduct in de woning- en utiliteitsbouw. Hiertoe zijn diverse nageschakelde technieken mogelijk, afhankelijk van de gewenste toepassing.

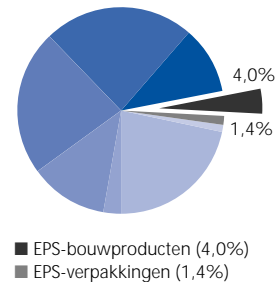


Bedrijfskolom van EPS-Bouwproducten.

TOEPASSING VAN AARDOLIEPRODUCTEN IN WEST-EUROPA



KUNSTSTOFFENCONSUMPTIE IN NEDERLAND (GEWICHTS-%)



Blokkentransport.

## 2. VOORDELEN VAN TOEPASSING VAN EPS IN DE GWW-SECTOR

In de bouw wordt EPS vooral voor isolatie-doeleinden gebruikt. Al in de jaren zestig ontdekte men, aanvankelijk in Noorwegen, dat het materiaal ook zeer geschikt was voor de GWW-sector. Enerzijds voorkomt de isolerende werking van EPS bevriezing van de ondergrond en de bijbehorende opdooi-problemen. Anderzijds is het door de mechanische sterkte en samenhang mogelijk constructies te maken die een grote verticale en horizontale weerstand hebben.

### 2.1. TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN VAN CONSTRUCTIES MET EPS IN DE GWW-SECTOR

In sommige delen van Nederland, ondermeer in het sterk verstedelijkte westen, is de bodem zo slap en staat het grondwater zo dicht onder het maaiveld, dat bij het bouwrijp maken het terrein vrijwel altijd moet worden opgehoogd. Meestal gebeurt dat met zand, maar daar kleven bezwaren aan:

- Er is jaarlijks een grote hoeveelheid zand nodig. Aangezien de overheid de zandwinning wil verminderen, zal deze methode prijstechnisch waarschijnlijk minder aantrekkelijk worden.
- Zand als ophogingsmateriaal heeft altijd zettingen tot gevolg. Daar is geruime tijd mee gemoeid, zodat de bouw pas veel later kan beginnen. Wordt toch te vroeg met de bouw begonnen, dan moet men rekening houden met grote onderhoudskosten in de toekomst.
- De noodgedwongen lange periode tussen de ophoging van het terrein en de start van de bouw geeft aanzienlijke renteverliezen.

EPS kent vanwege haar specifieke eigenschappen diverse toepassingsmogelijkheden in de GWW-sector, die voortkomen uit de voordelen die EPS als licht funderingsmateriaal biedt. Hieronder volgen enkele principe-oplossingen.

#### A. ZETTINGSARME CONSTRUCTIES

EPS is bijzonder licht van gewicht, is op druk belastbaar en vormvast. Een juist ontwerp en een juiste verwerking van EPS in GWW-

het bestaande evenwicht in de grond doordat de massa van de verwijderde grond overeen komt met de massa van het nieuw ingebrachte EPS-materiaal en de wegconstructie.

Een andere mogelijkheid van de toepassing van EPS biedt het voorkómen van verdere zettingen met een EPS-constructie. Vooral in oudere wijken in het westen van ons land zijn de wegen vanwege optredende zettingen steeds weer opgehoogd. Ironisch genoeg



*Reparatie oude zettingen.*

projecten leidt daarom tot zettingsarme constructies. Dit biedt niet alleen het voordeel dat een constructie direct in gebruik kan worden genomen, maar ook dat de onderhoudskosten van de constructie in de toekomst gering zijn. Wanneer namelijk de initiële- en onderhoudskosten gekapitaliseerd worden over een levensduur van bijvoorbeeld 20 jaar, dan valt de rekensom vrijwel altijd in het voordeel van de EPS-oplossing uit. Traditioneel zwaar ophogingsmateriaal zoals zand kan bovendien stabiliteitsverlies in de bodem veroorzaken. Een ophogingsconstructie met EPS heeft niet veel meer massa dan de weggegraven grond en doet dus geen afbreuk aan de stabiliteit van de bodem. Het principe van het funderen met EPS is dan ook het niet verstoren van

veroorzaakte het nieuwe, zware ophogingsmateriaal weer nieuwe zettingen, waardoor de paalfunderingen van de woningen door negatieve kleef tot aan hun evenwichts-draagvermogen werden belast. Vervanging van de zware ophoging door EPS zorgt ervoor dat de ondergrond wordt ontlast, zodat verdere zettingen worden voorkomen. Hierdoor zal in een aantal gevallen de sloop van woningen kunnen worden voorkomen.

#### B. VOORKOMEN ZIJDELINGSE BELASTINGEN

In tegenstelling tot los gestorte materialen, die zonder 'wapening' of met minimale treksterkte altijd tot een wegontwerp leiden waarbij de hoek van natuurlijk talud de bepalende factor is, kan met EPS een funderingsconstructie worden

gemaakt, waarbij de randbeëindiging zelfs verticaal kan zijn. In het ontwerp moet daarmee rekening worden gehouden; goede studies en berekeningen zijn noodzakelijk. Op deze wijze zijn in Nederland en Scandinavië zeer veel projecten gerealiseerd, vaak in moeilijke of kwetsbare omstandigheden, die kenmerkend zijn voor de brede toepassingsmogelijkheden van EPS in de GWW-sector.

### C. GEEN VORSTSCHADE AAN DE VERHARDING

Door zijn warmte-isulerende eigenschappen beperkt EPS vorstschade aan GWW-constructies. Hierdoor en door het geringe eigen gewicht heeft de toepassing van EPS in vooral Scandinavië een enorme vlucht genomen. Ter voorkoming van opdooi zijn, door de uitstekende thermische isolatie-eigenschappen van EPS, betrekkelijk dunne lagen al voldoende. Met een laag EPS van 5 à 6 cm wordt al voorkomen dat de temperatuur in de wegfundering daalt tot beneden het vriespunt. Bij zogenoemde vorstgevoelige ondergronden blijft, door een continue aanvoer van geo-thermische warmte, de temperatuur van de fundering boven het vriespunt, aangezien de afvoer van die warmte door het funderings- c.q. isolatiemateriaal EPS wordt voorkomen [ref 1].

Nadeel is echter dat bij matige vorst/dooi en sneeuwval de kans op gladheid groter is. Daarmee wordt eveneens het opdooi-effect voorkomen: water in de bodem bevroert, en zet bij dooi uit met 10%. De bovenliggende constructie kan door deze krachten eenvoudig breken. Door de goede thermische isolatie-eigenschappen van EPS wordt dit voorkomen [ref 2].

### D. SPECIALE DRAINAGE-KWALITEIT

Als bij bijvoorbeeld sportvelden, parken en tuinen het grondwater zo hoog staat dat planten en bomen niet kunnen groeien of er na regen een zodanig slechte afwatering plaatsvindt dat de terreinen drassig blijven en onbespeelbaar raken, wordt een speciaal "gesinterde" kwaliteit EPS gebruikt. Het water wordt daarbij via het gangstelsel

tussen de EPS-korrels afgevoerd. Een bijkomend voordeel is dat er een goede drukverdeling ontstaat op de veelal slappe ondergronden zoals veen en baggerspecie.

### 2.2. UITVOERINGEN VAN EPS IN DE GWW-SECTOR

Omdat de eigenschappen van EPS grotendeels gerelateerd zijn aan de volumieke massa van het materiaal, is voor iedere toepassing wel de juiste kwaliteit (volumieke massa) beschikbaar. Voor toepassingen in de grond-, weg- en waterbouw worden doorgaans blokken of dikke platen met een volumieke massa van 15-35 kg/m<sup>3</sup> gebruikt. De blokken of platen worden geleverd in afmetingen met dikten van 25 tot 100 cm, breedten van 100 tot 125 cm en lengten variërend van 2 tot 8 meter.

Vooruitlopend op informatie verder-

kluiten en stenen, dan moet rekening worden gehouden met plaatselijke vervormingen van het EPS en plaatselijke zetting van de constructie.

Het EPS moet vanwege de stabiliteit in verband worden gelegd.

Daarom worden meestal minimaal twee lagen EPS toegepast.

Tussen de blokken brengt men soms kramplaten, haken van beton-ijzer of lijm aan tegen het weg-waaien tijdens de bouwwerkzaamheden. Vervolgens wordt het EPS afgedekt met een eenvoudige folie. Hiermee is het beschermd tegen bepaalde oplosmiddelen waaronder benzines. Overigens is EPS tegen een groot aantal stoffen wél bestand (zie paragraaf 2.4.).

EPS moet worden beschermd tegen temperaturen hoger dan 70°C.

Bij toepassingen in de grond is het echter voldoende beschermd door de verhardingsconstructie of de laag grond erboven zoals een



Toepassing drainageplaten.

op in dit document, kan nu alvast een aantal algemene uitvoeringskenmerken worden gegeven. Zo moet EPS op een vlakke ondergrond worden gelegd. Meestal is dit eenvoudig te doen door een laag schoon zand van bijvoorbeeld 5 of 10 cm aan te brengen in het cunet, met eventueel een geotextiel onder het zand om het op zijn plaats te houden. Is er sprake van werkelijk grote oneffenheden in de vorm van

gewapende betonlaag, een laag zand of slakken van 10 cm, mits er geen dunne, vloeibare stoffen met een hoge temperatuur worden verwerkt. Tijdens de uitvoering van werkzaamheden moet EPS bovendien worden beschermd tegen vuur.



### 2.3. VOORBEELDEN VAN ALGEMENE TOEPASSINGEN VAN EPS IN DE GWW-SECTOR

EPS is de ideale oplossing bij projecten in de GWW-sector waar zettingen en stabiliteitsverlies kunnen optreden. Enkele zeer geschikte toepassingsgebieden voor EPS zijn daarom:

- het zettingsvrij aanleggen van wegen,
- het ophogen en draineren van sportvelden, parken en tuinen,
- het zettingsvrij ophogen van parkeerplaatsen en -terreinen,
- het verminderen van de belasting bij aanvullingen tegen viaducten en duikers en bij ophogingen van op- en afritten,
- ophogingen boven onderheide, reeds bestaande (gas)leidingen,
- het verminderen van de zijdelingse belasting tegen paalfunderingen in stadsvernieuwingsgebieden,
- het ophogen ten behoeve van geluidswallen,
- het funderen van schuurtjes en lichte gebouwen,
- herstellen van verzakkingen in bestaande wegen,
- opritten naar bestaande dijken of gebouwen,
- erf- en kavelverhardingen, en
- bedrijfsterreinen en -vloeren.



Afdekken met vloestofdichte folie.

Sinds het begin van de jaren zeventig is EPS op steeds grotere schaal als funderingsmateriaal in de grond-, weg- en waterbouw gebruikt. Bijgaand overzicht geeft een voorbeeld van de uiteenlopende toepassingen in de afgelopen jaren in Nederland en het buitenland [ref 3][ref 4].

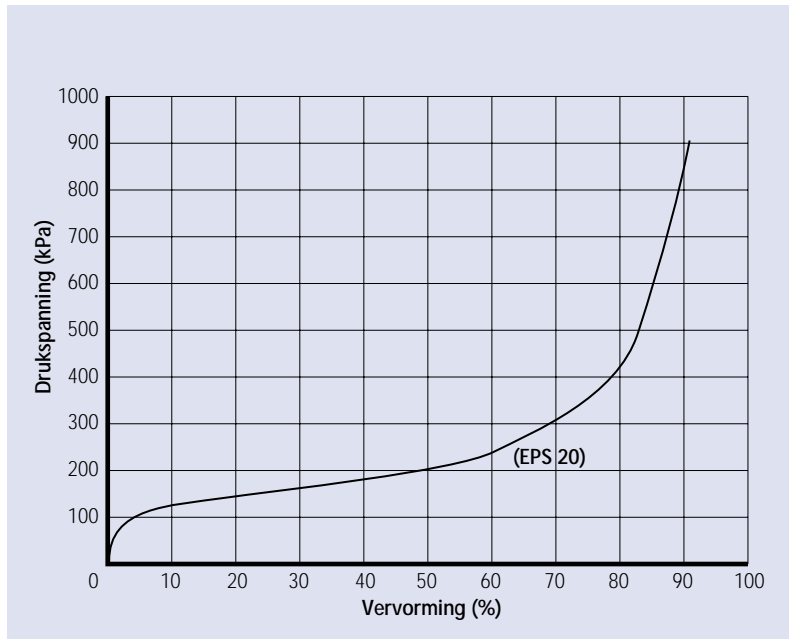


Project	plaats	tijdstip van aanleg	volume EPS (m <sup>3</sup> )	reden van toepassing/opmerkingen
<b>I Wegfundering</b>				
Dhr. v.d. Windhof	Aarlanderveen	mrt. '83	360	te grote verzakkingen
Nieuwenbroekse dijk	Reeuwijk	mei '84	250	tegegaan van zettingen
Zestienhovense kade	Rotterdam	juni '85	2.600	stabiliteit kade vergroten
Wijkrenovatie 'Oostgaarde'	Capelle a/d IJssel	'85-'87	35.000	veel zettingen in verleden
Provinciale weg S110	Wijchen	sept. '86	420	gevaarlijke kuil
Zwarte weg	Gouda	mei '87	1.300	verbreding van ontsluitingsweg
Busbaan Hoorn	Hoorn	mrt. '86	2.500	voorkomen van stabiliteitsverlies
<b>II Opritten</b>				
Toegangsweg 'Stadsgezicht'	Schiedam	juli '77	800	ontoelaatbare zettingen
Oprit naar fietsbrug in fietspad	Mijdrecht	nov. '82	200	financieel aantrekkelijk
Viaduct RW 13	Rotterdam	okt. '87	5.000	beperken horizontale gronddruk
Wegreconstructie	Vinkeveen	'90	10.000	tegegaan van zettingen
Opritten woningen op voormalige drinkwaterreservoirs	Rotterdam	mrt. '84	1.150	te grote druk tegen reservoirwanden
Dijkoprit	Hardinxveld/Glissendam	juni '84	4.600	snelle uitvoering, lage onderhoudskosten
Oprit naar brug	Uithoorn	juli '85	660	voorkomen schade paalfundering
<b>III Diversen</b>				
Sportveld	Amsterdam	'71	700	beperking zetting, drainage laag
Gebouwfundering	Alblasserwaard	'74	60	goedkope fundering van loods
Sportveld	Gouda	'76	500	beperken zetting, drainage laag
Sportveld	Rotterdam	'77	±500	beperken zetting, drainage laag
Binnentuin	Rotterdam	'84	2.200	gronddrukverlaging
Schoolplein Dakotaweg	Capelle a/d IJssel	eind '84	1.000	voorkomen van zettingen
Groenvoorzieningen	Nieuwegein	nov. '85	190	ter voorkoming van breuk
Fundering van hoogspanningskabel	Waddinxveen	'86	50	voorkoming van breuk van hoogspanningskabels
Benzinestation 'Bijleveld'	Linschoten	zomer '86	1.500	beperken zettingen
Benzinestation 'Oude Plantage'	Rotterdam	'87	2.305	zettingarme ophoging
Terrassen voor woningen	Maarssen	'87	±500	beperken zettingen van terrassen
De oude Tol	Reeuwijk	'89	30.000	fundering woningen
Busbaan RW 16	Rotterdam	'89	-	trapjesvorming
Proefvak RW 19	Breezand	-	1.800	nabijheid kanaal

Gerealiseerde projecten in Nederland (niet volledig).

### 3. EIGENSCHAPPEN VAN EPS IN DE GWW-SECTOR

Hieronder worden de materiaaleigenschappen toegelicht die specifiek relevant zijn voor het gebruik van EPS in de GWW-sector. De overige materiaaleigenschappen van EPS zijn te vinden in het deel 'EPS-basisinformatie' uit het 'Witboek EPS in de Bouw; Informatie voor Bouwprofessionals'.



Figuur 1: Last-vervormingsdiagram.

#### 3.1. MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN

De diverse producteigenschappen van EPS zijn meestal gerelateerd aan de EPS-aanduiding in volumieke massa.

Die volumieke massa is echter geen product-eis, maar een hulpmiddel ter identificatie en een eigenschap die gebruikt wordt in het kader van de interne kwaliteitsbewaking bij de producenten van EPS.

De basis van die eigenschappen is terug te vinden in NEN 7043, concept tweede druk uit 1992, maar sindsdien zijn diverse aanpassingen gepleegd als gevolg van de zich ontwikkelende Europese regelgeving. De Nederlandse producenten leveren (kaal) EPS onder KOMO-certificaat op basis van BRL 1306, waarin en NEN 7043 en de laatste Europese normen (NEN-EN en prEN) zijn geïntegreerd. Deze BRL is daarmee een dynamisch document en vormt de grondslag voor in- en externe (certificatie-)controle.

#### 3.1.1. DRUKSTERKTE KORTE DUUR

De spannings/rek-relatie van EPS heeft een bijzondere vorm.

De lineair-elasticiteitsgrens (ofwel proportionaliteitsgrens) ligt bij circa 1 tot 1,5% vervorming, als de proef ter bepaling van de

druksterkte wordt uitgevoerd conform NEN-EN 826. De druksterkte, zoals in NEN-EN 826 gedefinieerd, is arbitrair bepaald als de spanning bij een vervorming van 10% van het proefstuk.

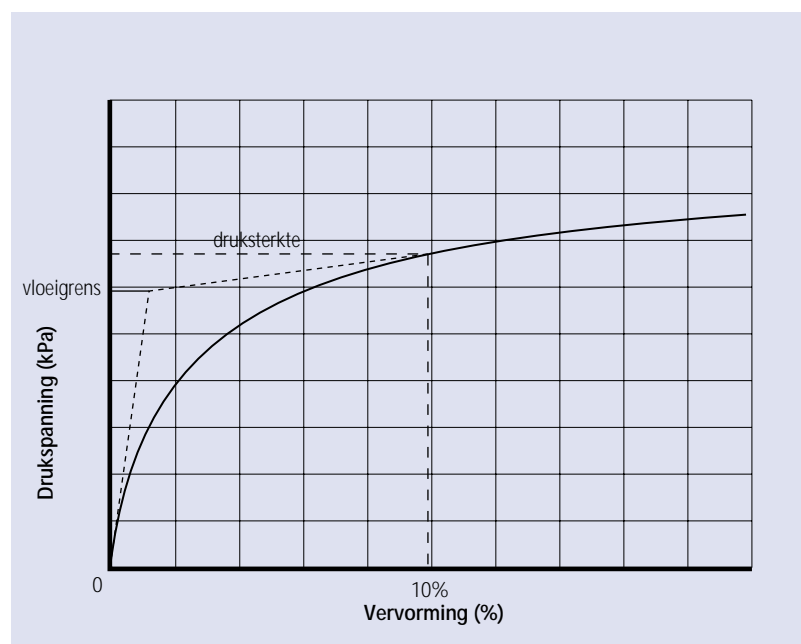
Deze  $\sigma_{\epsilon=10\%}$  wordt ook in het kader van kwaliteitsbewaking als productvariabele gecontroleerd.

De belastingssnelheid bedraagt hierbij ongeveer 10% per minuut.

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.

In dit tweede trajectdeel is dus al sprake van een niet-lineair elastisch spannings/rek-verloop. In figuur 2 is aangegeven hoe het verloop over dat eerste gedeelte eruit ziet en hoe de 'vloeigrens' gedefinieerd is.

Deze vloeigrens bedraagt circa 75% van de druksterkte voor 'alle' densiteiten EPS. De korte-duur druksterkte-eis, gemeten bij 10% vervorming, is in het kader van certificatie vastgelegd als in tabel 1.



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

Druksterkte (kPa)	Type EPS					
	EPS 15	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 40
$\sigma_{10, kort}$	80	120	170	210	260	300

Tabel 1: Eis aan de korte-duur druksterkte van EPS.

Elasticiteitsmodulus (kPa)	Type EPS					
	EPS 15	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 40
$E_t$	4000	6000	8000	10000	12000	14000

Tabel 2: Elasticiteitsmodulus.

Als lineaire relatie tussen de actuele druksterkte en de volumieke massa ( $\rho$ ) wordt wel gehanteerd:

$$\sigma_{\varepsilon=10\%} = 8.82\rho - 61.7 \text{ (kPa)}$$

waarbij  $\rho$  in  $\text{kg/m}^3$  is weergegeven.

De maximaal bereikbare korte-duur druksterkte ligt dus beduidend hoger. We houden echter als eigenschap én als eis de waarden in Tabel 1 aan. Uitgaande van het gegeven dat EPS in de GWW-sector op een zodanige wijze wordt toegepast dat de vervorming maximaal 1% bedraagt, geldt de relatie voor de korte-duur tangentmodulus als weergegeven in figuur 3.

In formule:  $E_t = 0.045\rho - 3$  (MPa).

Als gevolg daarvan houden we in Nederland daarom de tabelwaarden uit Tabel 2 als rekenwaarden aan.

Het derde trajectdeel wordt gevormd door versterkingsgedrag als gevolg van het samenpersen van de parelstructuur tot een vervorming van circa 25% bij EPS-15 tot 50% bij EPS-35. Daarboven, bij een vervorming van zo'n 70%, treedt één-dimensionale breuk op tot hardpolystyreen.

### 3.1.2. DWARSCONTRACTIE

De dwarscontractie-coëfficiënt (Poisson-modulus) van EPS is klein en wordt in sommige landen op nul gesteld. Ter vermindering van niet-conservatisme wordt aanbevolen een waarde van  $\nu=0,1$  aan te houden. Deze waarde geldt in het elastische vervormingsgebied. Daarboven neemt  $\nu$  zeer snel af [ref 5].

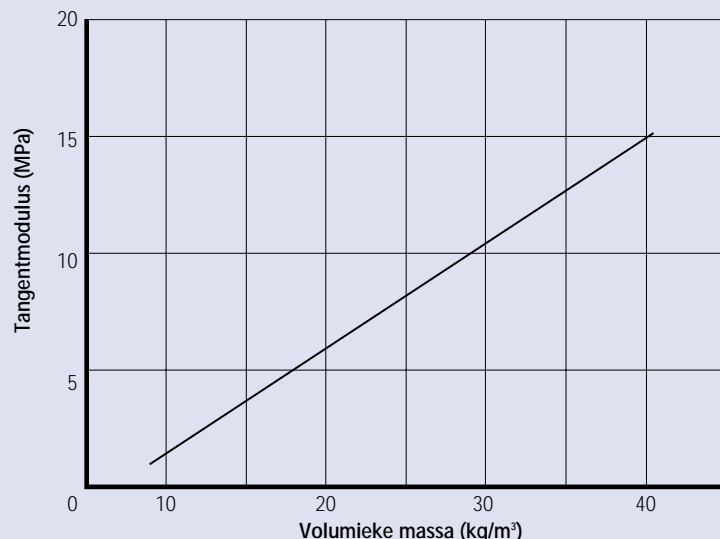
### 3.1.3. KRUIP EN RELAXATIE

Kruip is het verschijnsel waarbij de vervorming toeneemt in de tijd als gevolg van belasting. Dit blijkt voor EPS afhankelijk te zijn van vijf onafhankelijke variabelen: volumieke massa, 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. Als voorbeeld is in figuur 4 het tijd/vervormingsdiagram gegeven van EPS-25 ( $\rho = 23,5 \text{ kg/m}^3$ ), bij drie belastingniveaus (resp. 30, 50 en 70 kPa), over 500 dagen bij een laboratoriumtemperatuur van 23°C. Deze curve kan ook als last/vervormingsdiagram worden getekend bij verschillende belastingsduren (figuur 5). Geconcludeerd wordt dat de vervor-

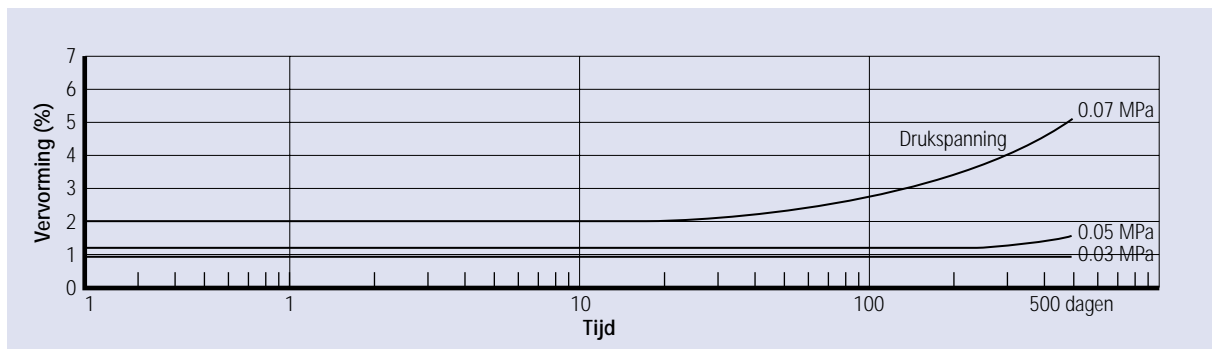
ming, bij een lange duur belasting ter grootte van circa 25% van de korte duur druksterkte, maximaal 1% bedraagt en dat de kruip dientengevolge te verwaarlozen is. Voor berekeningen wordt aanbevolen de concept CEN-norm voor EPS aan te houden. Daarin wordt gesteld, bij een belastingniveau van circa  $0,25 \sigma_{\varepsilon=10\% \text{ korte duur}}$  resp.  $0,35 \sigma_{\varepsilon=10\% \text{ korte duur}}$ , een totale vervorming van 2 resp. 3% aan te houden voor een levensduur van 50 jaar. Recent onderzoek [ref 5] gaf aan, dat van EPS15 en EPS20, de te verwachten kruip na 1 jaar, bij een belastingniveau van ca. 25% van de korteduur druksterkte ( $\sigma_{10}$ ) 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.

### 3.1.4. DRUKSTERKTE LANGE DUUR

De lange-duur druksterkte is het toelaatbare continue belastingniveau gedurende 50 jaar, teneinde ongewenste kruipeffecten te beperken. Op basis van de in het vorige paragraaf aangegeven kruip-relaxatie effecten wordt de lange-duur druksterkte van EPS gesteld op circa éénvierde van de korte-duur druksterkte (tabel 3).



Figuur 3: Relatie tangentmodulus/volumieke massa.



Figuur 4: Vorming EPS als gevolg van kruip (EPS-25).

### 3.1.5. TREKSTERKTE, BUIGSTERKTE EN AFSCHUIFSTERKTE

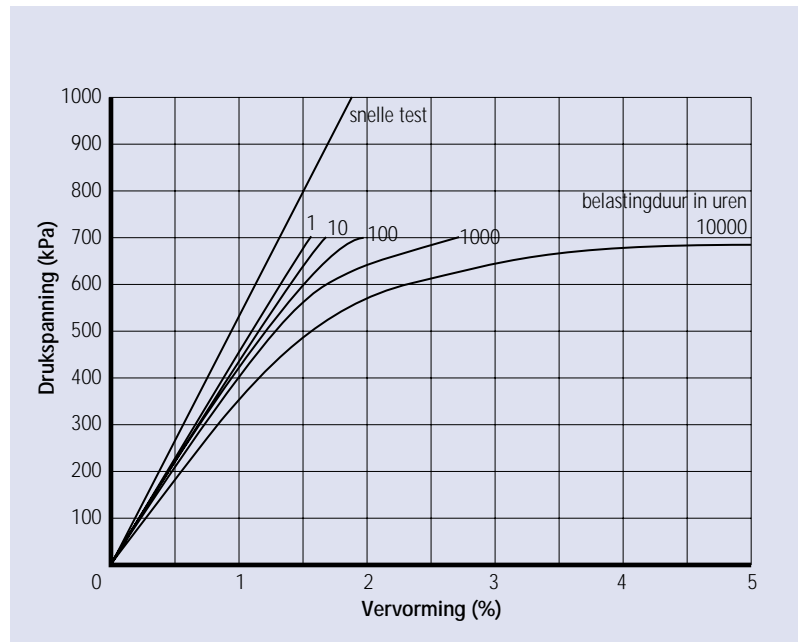
Hoewel deze eigenschappen in de meeste gevallen niet relevant zijn als het gaat om de toepassing van EPS in de GWW-sector, zijn ze voor de volledigheid in tabel 4 als producteigenschap weergegeven.

### 3.1.6. WRIJVINGS-COËFFICIËNT

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

## 3.2. FYSISCHE EIGENSCHAPPEN

De fysische eigenschappen van EPS zijn onder te verdelen in een aantal categorieën, te weten: thermische eigenschappen, hygrische eigenschappen, het gedrag bij brand, duurzaamheid en resistentie tegen chemicaliën. In deze paragraaf worden deze eigenschappen succesievelijk behandeld.



Figuur 5: Spanning/vervormingsrelatie en belastingduur.

### 3.2.1. THERMISCHE EIGENSCHAPPEN

EPS is wellicht het meest bekend vanwege zijn zeer goede thermische eigenschappen, waarmee het materiaal zich niet alleen bijzonder leent voor gebruik als isolatiemateriaal in

de woning- en utiliteitsbouw, maar waardoor het ook de GWW-sector bijzondere voordelen biedt.

### 3.2.1.1. WARMTEGELEIDINGS-COËFFICIËNT

In het kader van certificatie van EPS als isolatiemateriaal zijn afspraken gemaakt over de warmtegeleidingscoëfficiënten op het gebied van zowel de bepalingsmethode alsook de statistische bewerking en toeslagfactoren. In tabel 5 is een overzicht afgebeeld van de warmtegeleidingscoëfficiënten als functie van de volumieke massa. Het betreft zowel de door de fabrikant gedeclareerde waarde als de rekenwaarde voor de bepaling van de warmteweerstand van bouwconstructies. De waarden zijn bepaald op basis van monsters, bewaard bij een temperatuur van 23°C, 50% RV tot stabilisatie, bij een gemiddelde proefstuk-temperatuur van 10°C, in droge condities.

Lange-duur druksterkte	Type EPS					
	EPS 15	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 40
$\sigma_{10\%}$	20	30	40	50	60	70

Tabel 3: Lange duur druksterkte.

Eigen-schappen (kPa)	Type EPS					
	EPS 15	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 40
Treksterkte ( $\sigma_t$ )	200	280	360	440	520	600
Buigsterkte ( $\sigma_b$ )	190	270	360	460	570	670
Afschuifsterkte ( $\tau$ )	80	120	170	210	260	300

Tabel 4: Treksterkte, buigsterkte en afschuifsterkte.

Warmtegeleidingscoëfficiënt	Type EPS					
	EPS 15	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 40
$\lambda_{\text{gedeclareerd}}$	38	36	34	34	34	34
$\lambda_{\text{reken}}$	40	38	36	36	36	36

Tabel 5: Warmte geleidingscoëfficiënt EPS (mW/mK).

Toepassing EPS	Type EPS					
	EPS 15	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 40
niet gedraineerd	1,22	1,22	1,22	1,11	1,11	1,11
gedraineerd	1,11	1,11	1,11	1,05	1,05	1,05

Tabel 6: Correctiefactor droog/nat.

Is er daarentegen sprake van wateropname, dan dient de warmtegeleidingscoëfficiënt (rekenwaarde) gecorrigeerd te worden met de factoren uit tabel 6.

### 3.2.1.2. WARMTECAPACITEIT EN UITZETTINGS COËFFICIËNT

Voor praktische berekeningen kan voor de warmtecapaciteit een waarde worden aangehouden van 1210 J/kgK, en voor de uitzettingscoëfficiënt een waarde van  $7 \times 10^{-5}$  m/m.K.

### 3.2.2. HYGRISCHE EIGENSCHAPPEN

Een andere bijzondere eigenschap van EPS is de uitstekende vochtbestendigheid van het materiaal, een kenmerk dat uiteraard ook in de GWW-sector van groot belang is.

#### 3.2.2.1. WATEROPNAME

Wateropname in EPS kan op twee manieren gebeuren. In de eerste plaats als gevolg van diffusie gevolgd door condensatie van waterdamp door het materiaal. Daarbij is de wateropname, ook na vele jaren, nooit meer dan 1% (volume per volume) Dit betekent een toename van de warmtegeleidingscoëfficiënt van maximaal 5%.

Een tweede mogelijkheid voor wateropname ontstaat door onderdompeling of regenwater van bovenaf. Hierover lopen de onderzoeksresultaten wat uiteen. De maximale wateropname in niet-gedraineerde EPS-toepassingen als gevolg van volledige onderdompeling wordt geschat op maximaal 5% (volume

per volume). De eis in de nieuwe CEN-norm voor EPS is daarop vastgesteld. De praktische waarde in gedraineerde EPS-funderingen bedraagt echter slechts de helft van deze waarde (tabel 8).

**In praktische grondmechanische berekeningen wordt voor EPS een rekenwaarde van een schijnbare volumieke massa van 100 kg/m<sup>3</sup> aangehouden.**

#### 3.2.2.2. WATERDAMP-DIFFUSIEWEERSTANDSCOËFFICIËNT

Hoewel niet of weinig relevant voor toepassingen van EPS in de GWW-sector, zijn de waterdampdiffusieweerstandsetallen gegeven in tabel 9.

#### 3.2.3. GEDRAG BIJ BRAND

In zijn toepassing in de GWW-sector, ingebed tussen diverse lagen onbrandbaar materiaal, is de brandbaarheid van EPS niet relevant.

Daar kan dus volstaan worden met de z.g. "normale" of "standaard" kwaliteit. Tijdens het bouwproces dient er rekening mee te worden gehouden dat EPS brandbaar is (klasse 4 volgens NEN 6065). Zo moet het bijvoorbeeld niet worden opgeslagen op plaatsen waar met vuur of vonken wordt gewerkt. Soms wordt gebruik gemaakt van EPS in de brandvertragend gemodificeerde uitvoering, de zogenaamde SE-kwaliteit. EPS-SE behoort tot klasse 1 of 2 voor wat betreft de 'bijdrage tot de brandvoortplanting', gemeten volgens NEN 6065. Voor normale toepassingen kan worden volstaan met EPS in de standaard uitvoering.

#### 3.2.4. DUURZAAMHEID

Zowel in het toepassingsgebied isolatie als bij gebruik in de GWW-sector is gebleken dat EPS niet verouderd. Zelfs na lange tijd behoudt het materiaal zijn specifieke eigenschappen.

Reeds in 1985 concludeerde een onafhankelijk adviesbureau [ref 6], 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'.

Wateropname (v/v)	Type EPS					
	EPS 15	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 40
niet gedraineerd	5,0	5,0	5,0	2,5	2,5	2,5
gedraineerd	2,5	2,5	2,5	1,25	1,25	1,25

Tabel 8: Wateropname in volumepercent.

Waterdampdiffusieweerstandcoëfficiënt	Type EPS					
	EPS 15	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 40
$\mu$	20	30	40	60	90	120

Tabel 9: Waterdampdiffusieweerstandcoëfficiënt.

### 3.2.5. CHEMISCHE RESISTENTIE

Tabel 10 geeft aan tegen welke stoffen EPS al dan niet bestand is. Hieruit blijkt dat het bij toepassing in verhardingsconstructies moet worden beschermd tegen benzine, dieselolie en andere oplosmiddelen die door de constructie zouden kunnen sijpelen. Dit kan eenvoudig door er een beschermende folie overheen te leggen.

### 3.3. MILIEU-EIGENSCHAPPEN

Uitgebreide studie is verricht naar de milieu-eigenschappen van EPS. Een compleet overzicht daarvan is te vinden in het deel 'EPS en het

Milieu' uit het 'Witboek EPS in de Bouw; Informatie voor Bouwprofessionals'. Samengevat kent EPS de volgende milieu-basiskennmerken.

- EPS is en was altijd al CFK-vrij.
- EPS is spaarzaam (2% polystyreen, 98% lucht).
- Zuinig grondstoffengebruik: voor de gehele EPS-branche is circa 0,15% van de totale aardolie-consumptie in Nederland benodigd.
- Het voor de expansie gebruikte blaasmiddel pentaan is onschadelijk voor de gezondheid en de ozonlaag.
- EPS is grondwaterneutraal.
- EPS is vochtongevoelig, schimmel- en rotvrij en vormt geen pleisterplaats voor ongedierte.

- Afvalpreventie door middel van legplannen en productenbeleid.
- EPS is schoon en vervuuld voor 100% te recyclen.
- EPS is tot 5 maal mechanisch te recyclen.
- EPS-productieresten worden intern hergebruikt.
- Gebruikt EPS wordt herverwerkt tot grondverbeteraar, toeslagstof voor de lichtbeton-industrie, grondstof voor nieuwe artikelen van hard polystyreen en in sommige gevallen tot petrochemische grondstoffen.
- De Nederlandse EPS-industrie participeert intensief in vele nationale, Europese en mondiale milieu- en recyclinginitiatieven.

Stof	Bestendigheid		
	bestand tegen	voorwaardelijk bestand tegen	niet bestand tegen
Aceton			•
Alcohol	•		
Ammonia	•		
Anhydride	•		
Asfaltbitumen		• <sup>1)</sup>	
Benzine			•
Cement	•		
Chloor	•		
Creosootolie		• <sup>2)</sup>	
Dieselolie			•
Gips	•		
Kalk	•		
Kunststoffen <sup>5)</sup>	•		
Lijm		• <sup>2)</sup>	
Magnesium	•		
Metalen	•		
Micro-organismen	•		
Oplosmiddelen			• <sup>3)</sup>
Paraffine-olie			•
Pentachloorphenol		• <sup>2)</sup>	
Salpeterzuur 50%	•		
Spijsolie			•
Teeroliën			•
Terpentine			•
UV-straling	• <sup>4)</sup>		
Vaseline			•
Verf		• <sup>2)</sup>	
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 asfaltbitumenoplossing  
 4) bij niet-permanente blootstelling  
 5) zonder weekmakers



Tabel 10: Chemische resistentie.

### 3.4. ARBO-EIGENSCHAPPEN

EPS vormt geen gevaar voor de gezondheid, geeft geen gevaarlijke deeltjes af en vereist daarom geen persoonlijke beschermingsmiddelen bij verwerking, behalve dan soms een zonnebril bij mooi weer! Het materiaal is bovendien hygiënisch en non-toxisch.



Extruder.

### 3.5. MATERIAAL-EIGENSCHAPPEN GERECAPITULEERD

In tabel 11 zijn de belangrijkste mechanische en fysische materiaaleigenschappen van EPS nog eens samengevat, voorzover deze betrekking hebben op het gebruik in de GWW-sector.



Materiaal-eigenschappen	Grootheid		Type EPS				
	notatie	eenheid	EPS 15	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35
Volumieke massa (nominaal) ter identificatie	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	15	20	25	30	35
Warmtegeleidingscoëfficiënt	$\lambda$	W/m.K	0,040	0,038	0,036	0,036	0,036
Diffusieweerstandsgetal	$\mu$	-	20	30	40	60	90
Druksterkte bij 10% vervormings-eis	$\sigma_{10}$	kPa	60	100	130	165	200
Korte-duur druksterkte	$\sigma_{10}$	kPa	80	120	170	210	260
Lange-duur druksterkte	$\sigma_{10}$	kPa	20	30	40	50	60
Buigtreksterkte	$\sigma_t$	kPa	190	270	360	460	570
Treksterkte	$\sigma_t$	kPa	200	280	360	440	520
Vochtopname bij volledige onderdompeling na 7 dagen	%		1,7	0,6	0,55	0,5	0,45
Vochtopname bij volledige onderdompeling na 1 jaar	%		5,0	4,0	3,8	3,5	3,3
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha$	m/m	7.10 <sup>-5</sup>	7.10 <sup>-5</sup>	7.10 <sup>-5</sup>	7.10 <sup>-5</sup>	7.10 <sup>-5</sup>
Wrijvingscoëfficiënt	c		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Warmtecapaciteit	C	J/kg K	1500	1500	1500	1500	1500
Temperatuurbestendigheid (min/max)	T		-110/+70	-110/+70	-110/+70	-110/+70	-110/+70
Tijdelijk bestand tegen een maximale temperatuur	T <sub>max</sub>		+110	+110	+110	+110	+110
E-modulus	E	kPa	4000	6000	8000	10000	12000

Tabel 11: Recapitulatie EPS-eigenschappen.

## 4. ERVARINGEN IN NEDERLAND

Door de jarenlange, wereldwijde ervaring met het gebruik van EPS in de GWW-sector en intensief onderzoek naar hoe het materiaal zich in de loop der tijd houdt, is getoetst of de materiaaleigenschappen van EPS zichzelf in de praktijk waarmaken. In dit hoofdstuk worden daarom enkele projecten en onderzoeksresultaten behandeld. Hierbij is vooral gekeken naar het gedrag van EPS als licht funderingsmateriaal op het gebied van de mechanische en fysische eigenschappen bij gerealiseerde projecten in Nederland.

### 4.1. OVERGANGS- CONSTRUCTIES: OP- EN AFRITTEN EN VIADUCTEN

#### Hardinxveld-Giessendam [ref 7].

Vanwege het onderhoud aan de eeuwig scheurende en verzakkende dijken van zand zocht men in 1984 voor de fundering van de oprit naar de dijk in Hardinxveld-Giessendam naar lichtere ophogingsmaterialen. De weg moest worden gelegd op een stuk land dat drijft op 8 meter veen. Een met zand gevulde oprit (zelfs zand met een laag soortelijk gewicht) zou permanent problemen geven. De oprit zou in 30 jaar 3 meter verzakken, grond opzij persen en daardoor een bedrijfsgebouw vlak in de buurt

beschadigen. De oplossing werd gevonden in de vorm van grote blokken EPS van 0,5 x 0,1 meter, lang 4,0 meter en slechts 40 kilo zwaar. Eenzelfde volume aan zand weegt ongeveer 3.000 kilo. In totaal werd circa 5.000 m<sup>3</sup> aan EPS-blokken gestapeld en aan elkaar gelijmd. Alles met handwerk, machines waren niet nodig. Over de stapel ging een folie, en daar overheen een 1,10 meter dikke 'druklaag' van zand en het wegdek. Nadat er een jaar zwaar verkeer en een strenge winter overheen was gegaan, voldeed de oprit nog steeds boven verwachting. In tegenstelling tot de reeds uit elkaar gereden en opnieuw bestrate weg in de polder, lag de oprit erbij zoals hij gemaakt

was. Bijzondere bijkomstigheid was dat de oprit van EPS, aangezien de constructie stijf is en niet kan schuiven, veel steiler gemaakt kon worden dan een van zand.

#### Uithoorn [ref 8].

In Uithoorn moest de oprit van het fietspad naar een brug verhoogd worden. In de directe omgeving van de brug waren paalfunderingen en leidingtracés aanwezig.

Een traditionele, zware ophoging zou daarom problemen geven in verband met de zetting van kabels en de negatieve kleeft op de paalfunderingen. Een constructie in 1985 met 660 m<sup>3</sup> EPS was, gegeven de eisen, de meest economische oplossing. De constructie bleek uitstekend te voldoen. Het drukke bouwverkeer veroorzaakte vrijwel geen schade aan de verharding en de opgetreden zettingen waren uiterst gering.



Oprit Hardinxveld-Giessendam.





Rotterdam-Doenkade.

#### Rotterdam [ref 9].

Bij Rotterdam kruisen de wegen S22 (Doenkade) en de rijksweg A13 elkaar middels op-/afritten en een viaduct. Bekend is dat zettingsverschillen zich het meest manifesteren op plaatsen waar een weglichaam aansluit op een kunstwerk. Eén van de verbeteringsvoorstellen betrof het toepassen van lichte ophogingsmaterialen in de weggedeelten die direct aansluiten op het onderheide kunstwerk. In verband met het nieuwe tracé was een verbreding van de aansluiting nodig van een aantal meters, en een ophoging van 1,5 à 2 meter. Dat gold ook voor het weggedeelte tussen het viaduct over de A13 en de onderheide plaat. De ontwerpers kozen in 1988 voor EPS als ophogingsmateriaal om toekomstige zettingen te voorkomen. Tijdens de uitvoering van het werk moest het verkeer gewoon door kunnen gaan. Een constructie met EPS was onder die omstandigheden het snelst te realiseren. In totaal werd circa 6.000 m<sup>3</sup> EPS handmatig in dit project verwerkt. De blokken hadden een afmeting van 3 x 1,2 x 0,5 meter. Onderin de wegconstructie zijn EPS-20 blokken gebruikt, voor de bovenste lagen EPS-30, vanwege het iets grotere spreidend vermogen. De blokken zijn in verband gelegd en tussen de verschillende lagen zijn per blok twee kramplaten

aangebracht om onderling schuiven tijdens de bouwfase tegen te gaan. Het EPS is afgedekt met een folie en een laag zand van 0,3 m. Vervolgens een menggranulaat en het asfaltpakket. Een jaar later zijn nauwelijks zettingen geconstateerd, terwijl de zetting op de op- en afrit van de A13, gerekend vanaf de onderheide plaat, zeer geleidelijk oploopt. Naar verwachting is er dan ook gedurende lange tijd geen onderhoud nodig. De meerkosten voor het ophogen met EPS worden

terugverdiend door de enorme besparingen op onderhoud. Andere baten liggen op het gebied van verkeersveiligheid en comfort.

#### Gouda [ref 10].

In mei 1987 werd de oprit naar de spoorwegovergang aan de Zwarte weg in Gouda verbreed, inclusief een apart fietspad. Het werkterrein was nauw en er stonden veel gebouwen omheen. Bovendien was er sprake van een weinig draagkrachtige bodem en wilde men zo kort mogelijk verkeershinder veroorzaken. Het werk, dat onder supervisie van de Nederlandse Spoorwegen stond, bleek het best te kunnen worden uitgevoerd met blokken EPS van 0,4 meter dik. Niet alleen was men daarmee in staat het werk snel uit te voeren, maar ook konden met EPS horizontale zettingen en druk op de funderingen worden voorkomen. De constructie ligt er nog steeds zeer vlak en strak bij.

#### 4.2. VERHARDINGEN EN BERMEN

##### Reeuwijk. [ref 11].

De wegen in de gemeente Reeuwijk voeren door een gebied met een zettingsgevoelige, weinig draagkrachtige ondergrond. Mede daardoor was veel onderhoud aan de



Spoorwegovergang Zwarte weg, Gouda.

verhardingen en bermen noodzakelijk. In 1983 werd een proefproject uitgevoerd met behulp van EPS. Een deel van de Nieuwenbroeksedijk moest worden opgehoogd, aangezien het slechts 20 cm boven het wateroppervlak van de omringende plassen lag en regelmatig blank stond. De bestaande constructie was 55 cm dik en bestond uit lagen puin, lava, slakken en asfalt. Voor de nieuwe constructie werd gekozen voor het veel lichtere EPS: twee lagen met blokken van één bij vier meter en 25 cm dik. Daar overheen een wegebouwdoek en een druklaag van schuimslakken. De bermen, waar de oude verharding eveneens werd uitgebrouwen, werden aangevuld met klei, EPS met doek, schuimslakken en oeverbescherming. De bovenlaag van de wegconstructie werd gevormd door twee lagen van warm asfalt in een laagdikte van 12 cm. De bovenkant van de nieuwe verharding lag nu 80 cm boven het waterpeil.

Enkele maanden later bleek dat er weliswaar zeer lichte zettingen en spoorvorming waren opgetreden, maar dat er geen schade aan de verharding was ontstaan. Ook de toestand van de bermen werd als goed beoordeeld. In een analyse over een tijdsbestek van 15 jaar werd geconcludeerd dat de nieuwe constructie beter is, en vanwege de zeer lage onderhoudskosten van de constructie met EPS per saldo ook voordeliger dan de 'orthodoxe' constructie.

#### **Wijchen [ref 8].**

De provinciale weg S110 nabij Wijchen was over een lengte van ongeveer 60 meter verzakt met een maximale zetting van 33 cm. Precies in het midden van het verzakte weggedeelte boven een duiker was de weg 25 cm gezet. Omdat deze situatie een gevaar voor het verkeer vormde, was verhoging noodzakelijk. Nieuwe zettingen zouden echter optreden als op traditionele wijze zou worden opgehoogd. Daarom is besloten om de ophoging met EPS te realiseren. Tijdens de uitvoering waren er aanvankelijk wat problemen met het (dynamisch) verdichten van het zandcement en de



*Renovatie S110, Wijchen.*

fundering. Zeven maanden na het gereedkomen ligt het gereconstrueerde weggedeelte er goed bij. Er zijn geen zettingen opgetreden.

#### **Krimpen aan den IJssel [ref 12].**

Het beoogde bouwterrein in de wijk Lansing-Zuid in Krimpen aan den IJssel ligt in een zeer nat veengebied in de polder met een bijzonder hoge grondwaterstand. Langs de wijkontsluitingsweg, die in begin 1996 met behulp van EPS zou worden aangelegd, lag boven-

dien een poldersloot met een eveneens zeer hoge grondwaterstand. Om te voorkomen dat de weg zou verzakken, en om het project snel te kunnen uitvoeren, werd een constructie gekozen met twee lagen EPS-15 en één laag EPS-20 van 0,25 m dik. De totale hoeveelheid EPS (zo'n 1.500 m<sup>3</sup>) werd omwikkeld met folie en drijvend in het grondwater aangebracht. Via een uitvoerig drainagesysteem werd ervoor gezorgd dat de eventuele grondwaterstand nooit meer zou

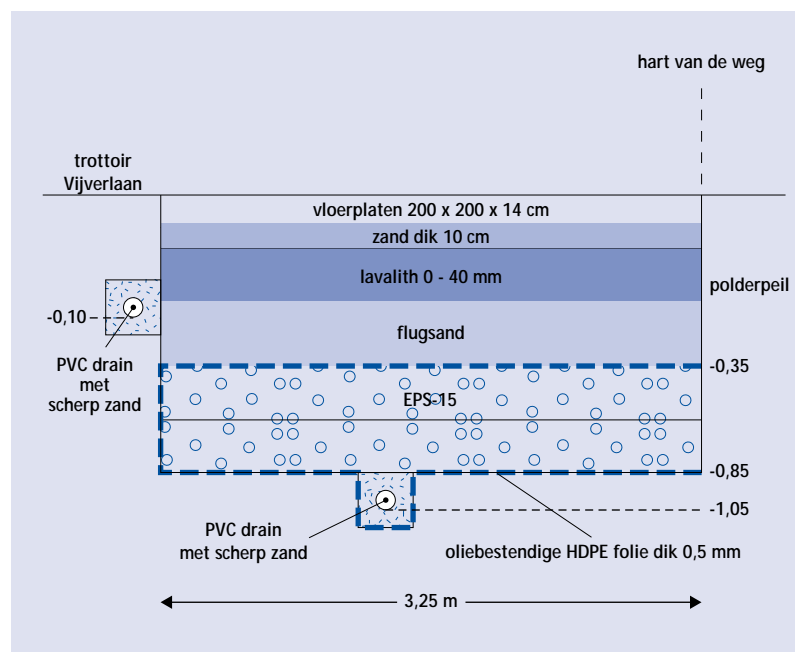


*Ontsluiting Krimpen a/d IJssel.*

bedragen dan tot een vooraf vastgesteld peil. De constructie werd afgedekt met lavaslakken en wegverharding. Het gehele project is in twee weken gerealiseerd.

leiden, met als gevolg extra onderhoud aan het sportveld. In 1971 is gebruik gemaakt van EPS in een speciaal daarvoor ontwikkelde drainage-kwaliteit onder het gras-

veld er na 15 jaar nog keurig bij. De ervaring leert dat normaal in deze gebieden een algehele renovatie binnen tien jaar moet plaatsvinden. Dit bleek dus in het geheel niet nodig, waardoor de gekozen oplossing ook financieel voordeel bracht.



Dwarsdoorsnede van de weg.

#### 4.3. SPORTVELDEN

**Amsterdam, sportveld Durgerdam.** [ref 8]. Ter drooglegging van het sportveld moest het veld worden opgehoogd. Door de slechte veenbodemgesteldheid zou dit met de traditionele methode tot zettingen en zettingsverschillen

veld. De drainerende werking is toe te schrijven aan de specifieke labyrinth-structuur van dit type "drainage-EPS". Het veld werd met 15 cm opgehoogd, onder andere door blokken EPS met een afmeting van 2,20 x 1,10 x 0,15 meter. Hoewel het EPS voor de helft in het grondwater ligt, lag het

#### Gouda en Rotterdam [ref 13].

De twee sportvelden in Gouda en Rotterdam waren beide aangelegd in gebieden met een zeer slappe, zettingsgevoelige en slecht ontwaterde bodem. Ophoging was nodig om het grondwaterpeil te verlagen. Platen EPS vormden de funderingslaag voor de opgebrachte grond. Deze oplossing voldeed prima. Algehele renovatie van de velden in de toekomst is niet meer nodig. Voor verder onderzoek zijn 8 en 14 jaar later op elk sportveld platen EPS opgegraven om de conditie en daarmee de duurzaamheid van het uit de grond gehaalde EPS te beoordelen.

Het materiaal bleek niet aangetast door ongedierte en was nog in dezelfde staat als toen het werd ingegraven. Bij de basische, zanderige grond in Gouda was nauwelijks ijzerafzetting op de platen te zien. Dat was meer het geval in Rotterdam, waar de platen in zure, ijzerrijke grond lagen. Ook boomwortels werden in de platen aangetroffen. Zowel ijzerafzetting als wortel-ingroei zijn echter eenvoudig te voorkomen door het EPS in een folie te verpakken. Voor wat betreft dichtheid werd er nauwelijks een afwijking geconstateerd met het 'oorspronkelijke' ingegraven EPS. De opgenomen hoeveelheid water viel hoger uit dan verwacht, maar dit had te maken met het feit dat de gebruikte drainageplaten ('drainplatten') bewust meer holle ruimtes kent. De algemene conclusie was dan ook dat met EPS, toegepast als funderings- en drainage-materiaal voor sportvelden, duurzame constructies zijn aangelegd en dat het materiaal niet veroudert. Het opgegraven EPS voldeed nog steeds aan de voor deze toepassing gestelde eisen. Bovendien behoeven de constructies duidelijk minder groot onderhoud dan een soortgelijke traditionele constructie.



Onderzoek sportveld Durgerdam.

#### 4.4. VERHARDINGEN IN EEN WOONGEBIED

##### **Aarlanderveen, gem. Alphen aan de Rijn. [ref 8].**

Het woongebied was vanaf 1974 in fasen bouwrijp gemaakt met de cunettenmethode. In 1977 en 1980 is het gebied opgehaald en opnieuw ingericht omdat de zettingen 30 à 40 cm bedroegen.

Grondmechanisch onderzoek in 1982 wees uit dat er een verdere zetting van circa 1,30 meter zou optreden. Als steeds met zand zou worden opgehoogd, zou de stabiliteit van de funderingen van de woningen in het gebied gevaar lopen. Verdere zetting moest worden voorkomen door reconstructie met EPS in maart 1983. Deze constructie bleek uitstekend te voldoen. Sindsdien zijn er geen zettingen van betekenis meer opgetreden.

##### **Rotterdam [ref 8].**

De Zestienhovensekade in Rotterdam is, om de dijk op hoogte te houden, in het verleden steeds opnieuw opgehoogd met traditioneel, zwaar ophogingsmateriaal. Hierdoor kwam de stabiliteit van de dijk in gevaar. In de eerste plaats waren de zettingen groot en gingen steeds maar door. In de tweede plaats schoof een aantal woningblokken op in de richting van de polder. Eén van die blokken was in de loop der jaren zelfs zo'n 2 meter opgeschoven. De stabiliteit van de kade werd in 1985 vergroot door een deel van het zware ophogingsmateriaal te vervangen door lichte



*Renovatie Oostgaarde, Capelle a/d IJssel.*

materialen, waaronder geëxpandeerde kleikorrels en met name EPS (2.600 m<sup>3</sup>). Deze materialen werden aangebracht buiten het waterkerend profiel van de kade. De ondergrond van de kade werd door het gebruik van de lichte materialen dermate ontlast, dat deze oplossing volledig het beoogde doel kon bereiken.

##### **Capelle aan de IJssel [ref 8].**

Dit is tot op heden het project in de GWW-sector waarin het meeste EPS is toegepast, te weten 80.000 m<sup>3</sup>. De wijk Oostgaarde te Capelle kende jarenlang grote zettingsproblemen. De wijk was alleen te redden met een plaatselijke ophoging van een halve meter, en liefst met een verlaging van de belasting op de ondergrond. Dit was uitsluitend te realiseren met EPS. Omdat het pakket EPS volledig in het grondwater lag, moest worden

voorkomen dat het ging opdrijven. Daarom zijn speciale voorzieningen getroffen ten behoeve van de waterhuishouding, zodat het mogelijk zou zijn de grondwaterstand in de toekomst te verlagen. Het project is een succes gebleken: de wijk Oostgaarde is door het gebruik van EPS voor de toekomst veiliggesteld.

#### 4.5. TOEPASSING BOVEN BESTAANDE LEIDINGEN

##### **Nieuwegein [ref 8].**

Aan de Lekboulevard in Nieuwegein moest in 1985 een ophoging plaatsvinden, waarbij de eronder liggende bestaande gasleidingen moesten worden ontzien. Een ophoging boven een onderheide gasleiding mag immers geen toename van de belasting op de gasleiding veroorzaken. Toename van het gewicht van de grond boven de gasleiding zou de breukveiligheid van de leiding ontoelaatbaar verlagen. Daarom is gekozen voor een constructie met blokken EPS van drie bij één meter met een dikte van 50 cm. De constructie blijkt prima te voldoen. Er bestaat geen verhoogd risico voor leidingbreuk ondanks de ophoging.

##### **Mijdrecht [ref 14].**

Een onderheide riool-persleiding zou in 1993 schuin door een nieuw aan te leggen weg worden gekruist. Om te voorkomen dat de wegverharding en het daarover rijdende verkeer druk op de leiding zouden uitoefenen en zodoende wellicht breuk en lekkage zouden veroorzaken, is gekozen voor een brug-



*Overkluizing Mijdrecht.*

constructie van voorgespannen betonnen liggers, rustend op landhoofden van zware blokken EPS-30. De gehele wegconstructie werd zodoende vrijgehouden van de onderheide persleiding, zodat ze zich onafhankelijk van elkaar konden zetten.

#### 4.6. BENZINESTATIONS

Linschoten [ref 15].

In de zomer van 1986 is circa 1.500 m<sup>3</sup> EPS toegepast onder de verhardingsconstructie van het aan de A12 Gouda-Utrecht gelegen nieuwe zelftankstation Bijleveld. Uit milieuhygiënische overwegingen moest dit station worden voorzien van een vloeistofdichte verharding om indringing van gemorste brandstof in de bodem te voorkomen. Hoewel het terrein reeds geruime tijd was opgehoogd, werden nog restzettingen van enkele tientallen centimeters verwacht. Onder invloed van dergelijke zettingen zou de vloeistofdichte verharding zeker niet vloeistofdicht blijven, terwijl ook kon worden verwacht dat de ondergrondse leidingen lek zouden raken. Om verdere zettingen te voorkomen is het aanwezige zand ter plaatse van de geplande vloeistofdichte verharding ontgraven tot zo'n twee meter beneden maaiveld. Hierna is een pakket EPS aangebracht met een dikte van 1,5 meter,



Bescherming kerosinetanks Valkenburg (Z.H.).

ingepakt in een chemisch resistente folie als bescherming tegen eventueel door de verhardingsconstructie lekkende brandstoffen. Hierover ging een betonplaat van 10 cm ter bescherming tegen graafwerkzaamheden t.b.v. kabels en buizen en een laag zand van 60 cm, waarin de kabels en buizen werden gelegd. Hierop een gestabiliseerde fundering, straatlaag en de vloeistofdichte verharding. De ervaringen met deze constructie waren zo gunstig, dat een jaar later bij het toen nieuw aan te leggen benzinstation aan de Maasboulevard in Rotterdam opnieuw EPS werd gebruikt (2.600 m<sup>3</sup>).

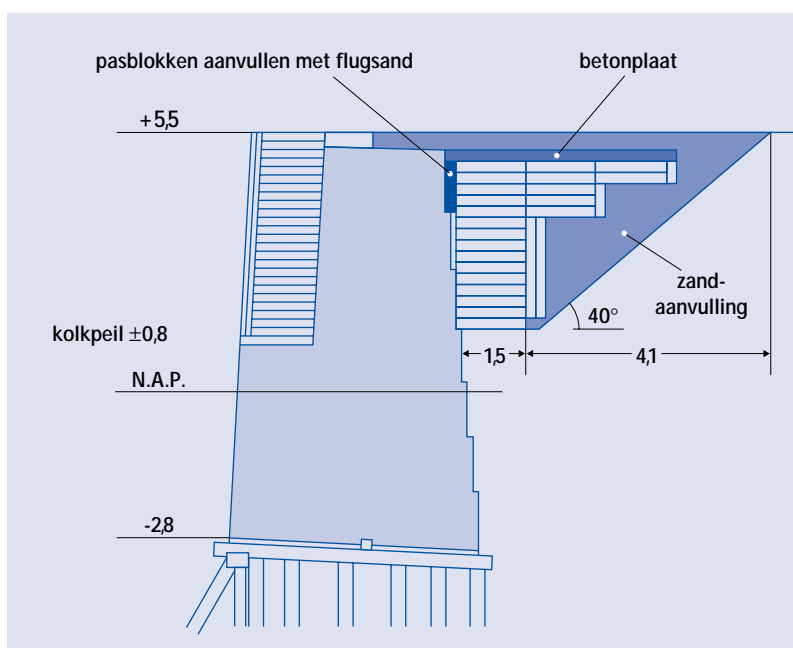
#### 4.7. BIJZONDERE TOEPASSINGEN

Vliegveld Valkenburg, Zuid-Holland [ref 16].

In het terrein rondom het vliegveld Valkenburg werden in 1992 grote kerosine-opslag tanks geplaatst. Om de tanks het landschap niet te laten ontsieren werd een esthetische constructie ontwikkeld die in de minder draagkrachtige bodem stand zou houden. De keuze viel op het bouwen van een dijklichaam met behulp van 6.000 m<sup>3</sup> blokken EPS-15 (brandvertragend gemodificeerd), afgewerkt met grond. Hiermee ontstond niet alleen een constructie met visuele aansluiting op het landschap, maar ook een constructie die niet zou verzakken en waarbij geen ongewenste horizontale vervormingen van de grond zouden optreden.

Vianen [ref 17].

De renovatie van de Grote Sluis in Vianen in 1996 was vooral bedoeld om de horizontale gronddruk op de gemetselde sluis muren, die door de bovenbelasting werd veroorzaakt, te verhelpen. De bestaande grond werd verwijderd en vervangen door bijna 3.000 m<sup>3</sup> blokken EPS-15 en EPS-20, aangevuld met zand en afgedekt met een betonplaat van 0,2 m en straatwerk.



Renovatie Grote Sluis Vianen.

## 5. ONTWERP, BESTEK EN UITVOERING

Een constructie waarin EPS is verwerkt, moet aan dezelfde eisen voldoen als traditionele, zware constructies op het gebied van sterkte, stijfheid en duurzaamheid. Dat betekent dat de ontwerp-levensduur eveneens gelijkwaardig moet zijn. Daarnaast moet bij het toepassen van EPS in GWW-constructies rekening worden gehouden met de specifieke eigenschappen van het materiaal. In de procedure voor het ontwerpen van constructies in de grond-, weg- en waterbouw met EPS als licht ophogingsmateriaal zijn de volgende stappen te onderscheiden [ref 18]. De nummers corresponderen met de hiernavolgende paragrafen:

- 5.1. Programma van eisen: het vaststellen van de uitgangspunten, randvoorwaarden en een voorlopige opbouw van de constructie.
- 5.2. Evenwichtsberekening: het controleren van het grondmechanisch evenwicht, waarbij zettings-, stabiliteits- en controleberekeningen in verband met opdrijven worden uitgevoerd.
- 5.3. Het controleren van de constructieve duurzaamheid.
- 5.4. Definitief ontwerp: detailleren van de constructie, gereedmaken van het bestek en voorbereiden van de uitvoering.

Vervolgens wordt in dit hoofdstuk ingegaan op specifieke richtlijnen in het kader van de RAW-systematiek en de wijze waarop de uitvoering van een GWW-constructie met EPS het best kan gebeuren.

### 5.1. PROGRAMMA VAN EISEN

Al in de eerste fase van de ontwerp-procedure moeten de uitgangspunten en randvoorwaarden voor het ontwerp worden vastgelegd. Deze worden hieronder succes-sievelijk behandeld.

#### BODEMGESTELDHEID EN WATERHUISSHOUING

- Op welke hoogte ligt het bestaande maaiveld en welke onregelmatigheden komen hierin voor?
- Gegevens verzamelen over de bodemgesteldheid door middel van grondmechanisch onderzoek: opbouw van het bodemprofiel, volumegewichten en dikten van de verschillende lagen, zettingsgevoeligheid en grondmechanische geschiedenis (zijn al eerder zettingen opgetreden?).
- Bepalen welke grondwaterstanden kunnen voorkomen in verhouding tot de open water peilen (polderpeil): gemiddelde, uiterste hoge en uiterst lage (grond)waterstanden en de frequentie waarin zij voorkomen.

#### EISEN AAN DE CONSTRUCTIE

- Bepalen van de dimensionering van de constructie in verband met de toekomstige functie.
- Eisen stellen aan de sterkte, stijfheid en duurzaamheid van de constructie in verband met de te verwachten belasting gedurende de ontwerp-levensduur.
- Vaststellen van de acceptabele restzetting van de constructie, afhankelijk van de ligging en functie.
- Rekening houden met opvriezen en -dooien in koude perioden in verband met het verlies van sterkte en stabiliteit.

#### KABELS EN BUIZEN

- Nagaan welke voorwaarden door beheerders worden gesteld; het leggen van nutsleidingen op of onder EPS vraagt extra zorg in verband met de bereikbaarheid en het tijdig kunnen signaleren van eventuele lekken.
- Zorgen voor een voldoende gronddekking ter voorkoming van mechanische beschadiging en bevroering, als de leidingen op het EPS worden gelegd.

- Beschermen van het EPS tegen beschadiging tijdens leidingwerk, bijvoorbeeld door een biezen mat of betonplaatje aan te brengen.

#### TOE TE PASSEN MATERIALEN

- Bepalen van de kwaliteit van het toe te passen EPS en de materialen daarboven door het beoordelen van de mechanische eigenschappen van die verschillende materialen
- Het maken van een (voorlopige) keuze van de toe te passen materialen.
- Het kiezen van een voorlopige opbouw van de constructie.



### 5.2. EVENWICHTSBEREKENINGEN

De gekozen voorlopige opbouw van de constructie is uitgangspunt bij de verticale evenwichtsberekening. Hierbij wordt gekeken naar de laagdikte van het EPS, zettingen en het opdrijven van de constructie. Ook moet de stabiliteit van de taluds worden gewaarborgd. Dit is vooral van belang bij het construeren van dijken en aardebanen.

#### LAAGDIKTE VAN EPS

- Bereken de korrelspanningen in de ondergrond, in verband met de toelaatbare zettingen, door het gewicht van de te ontgraven grond te vergelijken met het gewicht van de nieuw aan te leggen constructie; de korrelspanning in de ondergrond aan de onderzijde van het EPS mag niet groter zijn dan de korrelspanning vóór de aanleg van de constructie.

#### CONTROLE IN VERBAND MET ZETTINGEN

- Controle van de spanningen: uitgangspunt kan zijn dat de optredende spanningen de heersende

grensspanningen niet mogen overschrijden; als een geringe zetting toelaatbaar is, mag de constructie enige extra belasting veroorzaken.

- Bepalen van de grootte van de ontlasting: als de ondergrond is voorbelast, bijvoorbeeld door eerdere ophogingen, kan het nodig zijn de ondergrond te ontlasten om verdere zettingen te voorkomen; de grootte van de ontlasting heeft te maken met ondermeer de grootte van de aangebrachte (voor)belasting, de verwachte zetting en de reeds opgetreden zetting; in berekeningen wordt meestal gerekend met een schijnbare volumieke massa van 100 kg/m<sup>3</sup>, een veilige waarde die in de praktijk nooit zal worden overschreden.

#### CONTROLE IN VERBAND MET OPDRIJVEN

- Nagaan of de constructie niet zal opdrijven, als het EPS geheel of gedeeltelijk in het grondwater komt te liggen: de constructie drijft niet op als zij zwaarder is dan de maximaal voorkomende opwaartse kracht (uitgaan van de hoogst denkbare grondwaterstand).
- Inbouwen van een veiligheidsfactor, waarbij de constructie bijvoorbeeld 1,2 maal zo zwaar is als de maximale opwaartse kracht.
- Rekening houden met een gefaseerde aanleg van de constructie: ook als de constructie nog niet gereed is en dus niet het uiteindelijke gewicht heeft mag er geen gevaar voor opdrijven bestaan; in de betreffende berekeningen uitgaan van een minimale volumieke massa van EPS (15, 20 of 25 kg/m<sup>3</sup>).

#### STABILITEIT

- Hoewel de stabiliteit van de taluds door het toepassen van EPS positief wordt beïnvloed (lagere aandrijvende kracht voor de afschuiving), moet wel aandacht worden besteed aan de hechting tussen het EPS en de overige constructie-onderdelen, zodat de constructie hierlangs niet kan afglijden.
- Het effect nagaan van bijvoorbeeld het afschuiven van een lichte

(dijk) constructie van de volledige constructie, de weerstand tegen kruierend ijs en aanvaringen door schepen.

- Maatregelen nemen om te voorkomen dat tussen de grond en het EPS grondwaterstromen optreden, die gronddeeltjes transporteren en de stabiliteit van de gehele constructie in gevaar brengen.

#### 5.3. CONSTRUCTIEVE DUURZAAMHEID

De constructieve duurzaamheid moet worden beoordeeld als de constructie onderhevig is aan zowel statische belasting (eigen gewicht) als dynamische belasting (bijvoorbeeld verkeer).

- Zorg ervoor dat de constructieve duurzaamheid van een constructie met EPS in ieder geval gelijkwaardig is aan die van een traditionele, zware constructie.
- Let daarbij op de theoretische levensduur in verband met vermoeiing door dynamische belasting.
- Rekening houden met de invloed van EPS op trillingen van de constructie en in de ondergrond; trillingen in de constructie worden over het algemeen heviger naarmate het gewicht van de constructie geringer is.
- Meestal is het aan te bevelen om een lichtgebonden of gebonden (steen)fundering op het EPS aan te brengen, om zodoende een stijve en draagkrachtige fundering te krijgen.



#### 5.4. DEFINITIEF ONTWERP

Bij het maken van het definitieve ontwerp van een GWW-constructie met EPS moet vooral worden gelet op de punten waarin zo'n constructie verschilt van de traditionele bouwwijze.

##### TEMPERATUURVERLOOP

- Rekening houden met de thermische eigenschappen van EPS: de warmtewisseling tussen de ondergrond en de verhardingsconstructie wordt door het isolerende EPS beperkt, waardoor het verhardingsoppervlak in de zomer door de zon iets warmer en in de winter bij strenge vorst iets kouder kan zijn dan bij traditionele constructies; bij normale constructiedikten in Nederland, waarin op het pakket EPS tenminste 50 cm aan ander materiaal wordt toegepast, zijn deze geringe temperatuurverschillen niet van invloed op de ontwerp-levensduur.
- Rekening houden met een gewijzigde vorst-indringingsdiepte: het gehele pakket boven het EPS zou tijdens een vorstperiode kunnen bevriezen (denk aan kabels en buizen), en onder het EPS zal de temperatuur vrijwel altijd boven het vriespunt blijven vanwege een continue aanvoer van geo-thermische warmte van onderen en thermische isolatie daarboven!

##### DRAINAGE

- Met uitzondering van speciale producten voor drainage-doeleinden op bijvoorbeeld sportvelden (zie hoofdstuk 5) is het in de GWW-sector gebruikte EPS niet waterdoorlatend; regenwater dat in de constructie terecht komt moet daarom via drains naar het oppervlaktewater worden afgevoerd.
- Vooral in dijken en grote ophogingen moet naar het effect van EPS op het verloop van de freatische lijn worden gekeken om te voorkomen dat de constructie door grote grondwaterstromen verweekt of instabiel wordt.

##### BESCHERMING EPS

- Bescherm EPS tegen aantasting door benzine en andere olieproducten door er een olie-

bestendig folie of een andere bescherm laag overheen te leggen, zeker als er op het EPS een betonverharding ligt waarover veel langzaam rijdend en stilstaand (vracht)verkeer rijdt en benzine of (diesel)olie in de constructie kan dringen; pak het EPS zonodig volledig in zo'n beschermende folie in.

- Om te voorkomen dat een beschermende folie wordt beschadigd door de scherpe punten van een steenfundering, kan daar het best een non-woven geotextiel onder worden aangebracht.

#### STANDAARD BLOKKEN

- Houd bij de bepaling van de afmetingen van het pakket EPS rekening met de standaard maten van blokken of platen EPS.

Informatie is te verkrijgen bij de desbetreffende EPS-leverancier.

### 5.5. RAW-BESTEK

De bepalingen over de toepassing van EPS in de GWW-sector zijn als volgt integraal in het RAW-bestek opgenomen.

#### 5.5.1. BEGRIPPEN

Geëxpandeerd polystyreen

01. Onder geëxpandeerd polystyreen wordt verstaan hardschuim dat is vervaardigd door expansie van polystyreen en zijn copolymeren.
02. Geëxpandeerd polystyreen wordt aangeduid met EPS, dat staat voor expanded polystyrene.

#### 5.5.2. EISEN EN UITVOERINGEN

Aanbrengen EPS

01. In de buurt van en op EPS open vuur en grote warmte (meer dan 70°C) vermijden.
02. Tenzij het bestek anders vermeldt EPS in den droge aanbrengen.
03. Tenzij het bestek anders vermeldt EPS in verband aanbrengen in twee of meer lagen, waarbij elke laag een dikte van ten minste 0,15 m moet hebben. De verticale naden moeten ten opzichte van elkaar en per laag verspringen.

04. De EPS-elementen sluitend aanbrengen zodanig dat geen naden groter dan 10 mm aanwezig zijn.
05. Beschadigde EPS-elementen niet verwerken tenzij deze doo-pasmaken geschikt gemaakt worden voor verwerking.
06. Geen passtuk aanbrengen waarvan de kleinste afmeting kleiner is dan de desbetreffend laagdikte en dat overigens afmetingen heeft kleiner dan 0,50 m. Aan de uiteinden van een rij geen passtuk aanbrenger. In een enkele rij niet meer dan twee passtukken aanbrengen.
07. Maatregelen treffen ter voorkoming van verspreiding over het werk van resten ontstaan bij het verwerken van EPS.

#### 5.5.3. INFORMATIE-OVERDRACHT

Bewijs van oorsprong

01. De aannemer verstrekt de directie een bewijs van oorsprong van het door hem geleverde EPS, afgegeven en ondertekend door de producent van het EPS. Op het bewijs van oorsprong moet zijn vermeld:
  - a. de naam van de producent met de handelsnaam van het product;
  - b. een omschrijving van het geleverde materiaal (soort, type, al dan niet brandvertragend gemodificeerd);
  - c. de afmetingen van het geleverde materiaal (al dan niet gekantrecht);
  - d. een verwijzing naar de door de producent uitgevoerde controles en het door hem gehanteerde kwaliteitssysteem.
02. Iedere aflevering van bouwstoffen overeenkomstig een bewijs van oorsprong dient vergezeld te gaan van een schriftelijke verwijzing hiernaar, waarin tevens moet worden vermeld:
  - a. de geleverde hoeveelheid;
  - b. de leveringsdatum.

Legplan

01. Uiterlijk twee weken voordat met het aanbrengen van EPS wordt begonnen, dient de aannemer met betrekking tot het



aanbrengen van EPS een legplan in bij de directie.

Het legplan wordt voor dit onderdeel van het werk aangemerkt als een gedetailleerd werkplan in de zin van paragraaf 26 lid 6 van de U.A.V. 1989.

02. In het legplan dienen de volgende gegevens te worden vermeld:
  - a. de wijze waarop de ondergrond voor het aanbrengen van EPS wordt geprofileerd;
  - b. de wijze van pasmaken;
  - c. de wijze van aanbrengen van de EPS-elementen;
  - d. het verband waarin de EPS-elementen worden aangebracht;
  - e. de maatregelen om te voorkomen dat de EPS-elementen tijdens de uitvoering ten opzichte van de bodem verschuiven;
  - f. de maatregelen om tijdens de uitvoering te voorkomen dat reeds aangebracht EPS zich verplaatst door opdrijving of door weersinvloeden;
  - g. het materieel ten behoeve van het aanbrengen en verdichten van materiaal boven het EPS en de wijze waarop dit materieel wordt ingezet;
  - h. de wijze van aanbrengen van het eventuele afdekfolie of geotextiel en de wijze van lassen hiervan.



#### 5.5.4. RISICOVERDELING EN GARANTIES

##### Keuring van bouwstoffen

01. Met inachtneming van het bepaalde in de volgende leden mogen EPS-elementen in afwijking van het bepaalde in paragraaf 17 lid 2 en paragraaf 18 lid 1 van de U.A.V. 1989, door de aannemer worden verwerkt zonder dat daaraan een goedkeuring door de directie is voorafgegaan.
02. EPS-elementen mogen slechts worden verwerkt nadat de aannemer door eigen onderzoek of uit door derden verstrekte onderzoeksresultaten heeft vastgesteld dat deze aan de gestelde eisen voldoen.
03. De directie is bevoegd om monsters van het EPS te nemen en deze te onderzoeken. Het bepaalde in de leden 2 tot en met 13 van paragraaf 18 van de U.A.V. 1989 is hierop van toepassing.
04. De aannemer bewaart de in lid 02 bedoelde gegevens tot het einde van de onderhoudstermijn of, indien er een garantietermijn wordt verlangd, tot het einde van de garantietermijn en stelt deze desgevraagd aan de directie ter beschikking.

#### 5.5.5. BIJBEHORENDE VERPLICHTINGEN

##### Grondwerk voorafgaande aan het aanbrengen van EPS

01. Indien EPS in den droge wordt aangebracht de bodem waarop het materiaal wordt aangebracht zodanig profileren dat deze direct voor het aanbrengen van het EPS, gemeten met een rei van 3 m lengte, geen grotere afwijking in vlakheid heeft dan 10 mm.

##### Maatregelen ten behoeve van aangebracht EPS

01. De aannemer treft maatregelen om tijdens de uitvoering te voorkomen dat het reeds aangebrachte materiaal zich verplaatst door opdrijving of door weersinvloeden.

#### 5.5.6. BOUWSTOFFEN

##### Algemeen

01. Met inachtneming van het bepaalde in de navolgende artikelen 22.86.02 tot en met 22.86.04 moet EPS voldoen aan de eisen die gesteld zijn in ontwerp NEN 7043 'Hard polystyreenschuim voor thermische isolatie van gebouwen: Platen en vormstukken; eisen en beproevingsmethoden' (2e druk februari 1991).

##### Geometrie

01. In afwijking van ontwerp NEN 7043 (2e druk februari 1991) artikel 4.1.2.2.1 en 4.1.2.2.2 mogen EPS-elementen die 24 uur oud zijn niet meer dan 1% afwijken van de door de producent opgegeven afmetingen (lengte, breedte en dikte). In aanvulling op het bepaalde in ontwerp NEN 7043 (2e druk februari 1991) artikel 4.1 mogen oneffenheden, gemeten over een horizontaal oppervlak van een element, niet groter zijn dan:
  - 5 mm gemeten met een rei van 3 m lengte;
  - 3 mm gemeten met een rei van 1 m lengte.
 De afmetingen worden getoetst volgens het bepaalde in artikel 22.87.02.

##### Wateropname

In aanvulling op ontwerp NEN 7043 (2e druk februari 1991) mag EPS niet meer dan 6% (V/V) water opnemen volgens ISO 2896.

##### Eigenschappen bij brand

01. Indien brandvertragend gemodificeerd EPS moet worden toegepast, is dit in het bestek vermeld.

#### 5.5.7. MEET- EN VERREKENMETHODEN

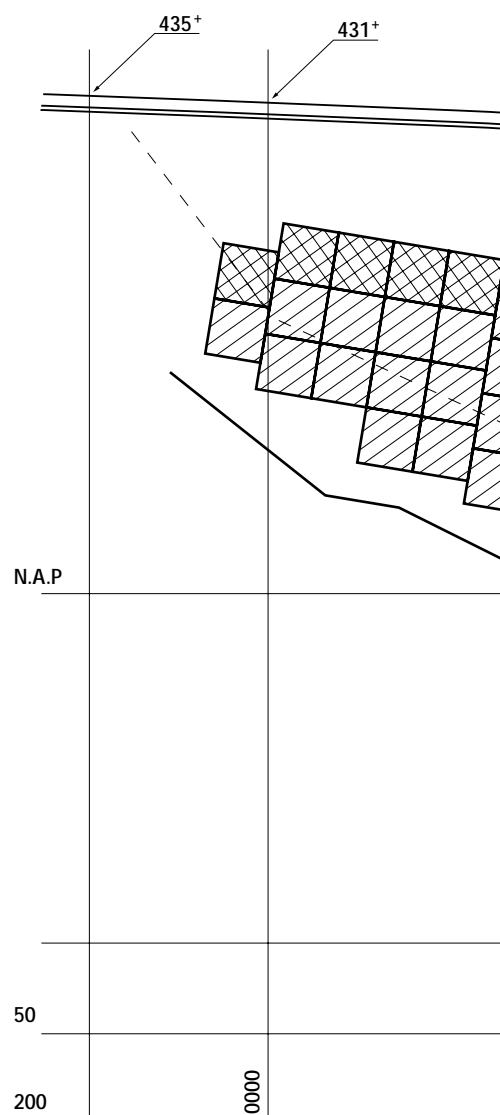
##### Hoeveelheidsbepaling

01. De aangebrachte hoeveelheid EPS wordt bepaald door meting van tekening. Indien het niet mogelijk is de aangebrachte hoeveelheid EPS door meting van tekening te bepalen, wordt gemeten in het werk.

#### Controle geometrie

01. Ten behoeve van de controle van de geometrie van de aan te brengen partij EPS-elementen wordt overeenkomstig navolgende tabel een aantal aselekt uit de totale aan te brengen hoeveelheid EPS genomen elementen onderzocht.

hoeveelheid te verwerken (m <sup>3</sup> )	minimum aantal te controleren elementen
<500	3
500 - 1000	4
1000	5 per 1000 m <sup>3</sup>



## 5.6. UITVOERING

Ook bij het uitvoeren van een werk, waarin EPS wordt toegepast, dient men rekening te houden met de specifieke eigenschappen van EPS.

### OPSLAAN OP HET WERK

- EPS zo snel mogelijk verwerken nadat het op het werk is aangevoerd ter voorkoming van opslagproblemen en beschadiging.
- Indien het EPS niet op dezelfde dag kan worden verwerkt, kan dit het best in een afgesloten ruimte worden opgeslagen ter voorkoming van wegwaaien en brandstichting door vandalisme.
- EPS wordt aangetast door UV-licht. Hoewel dit proces uitermate langzaam verloopt, moet het EPS, als het niet binnen kan worden opgeslagen, toch niet te lang aan deze (onnodige) invloed worden blootgesteld; in de regel wordt EPS beter niet langer dan zes weken in de buitenlucht bewaard.

### LEGPLAN

- Maken van een legplan door de aannemer, waarin is aangegeven hoe de blokken of platen EPS ten opzichte van elkaar moeten worden gelegd; hiermee wordt onnodig materiaalverlies voorkomen en verkrijgt de opdrachtgever zekerheid dat het EPS doordacht en zorgvuldig wordt gestapeld.
- Zorg ervoor dat het EPS-pakket uit tenminste twee lagen bestaat en geen doorgaande verticale naden kent, behalve waar dat om bepaalde redenen juist wel nodig is.

### AANBRENGEN GEOTEXTIEL

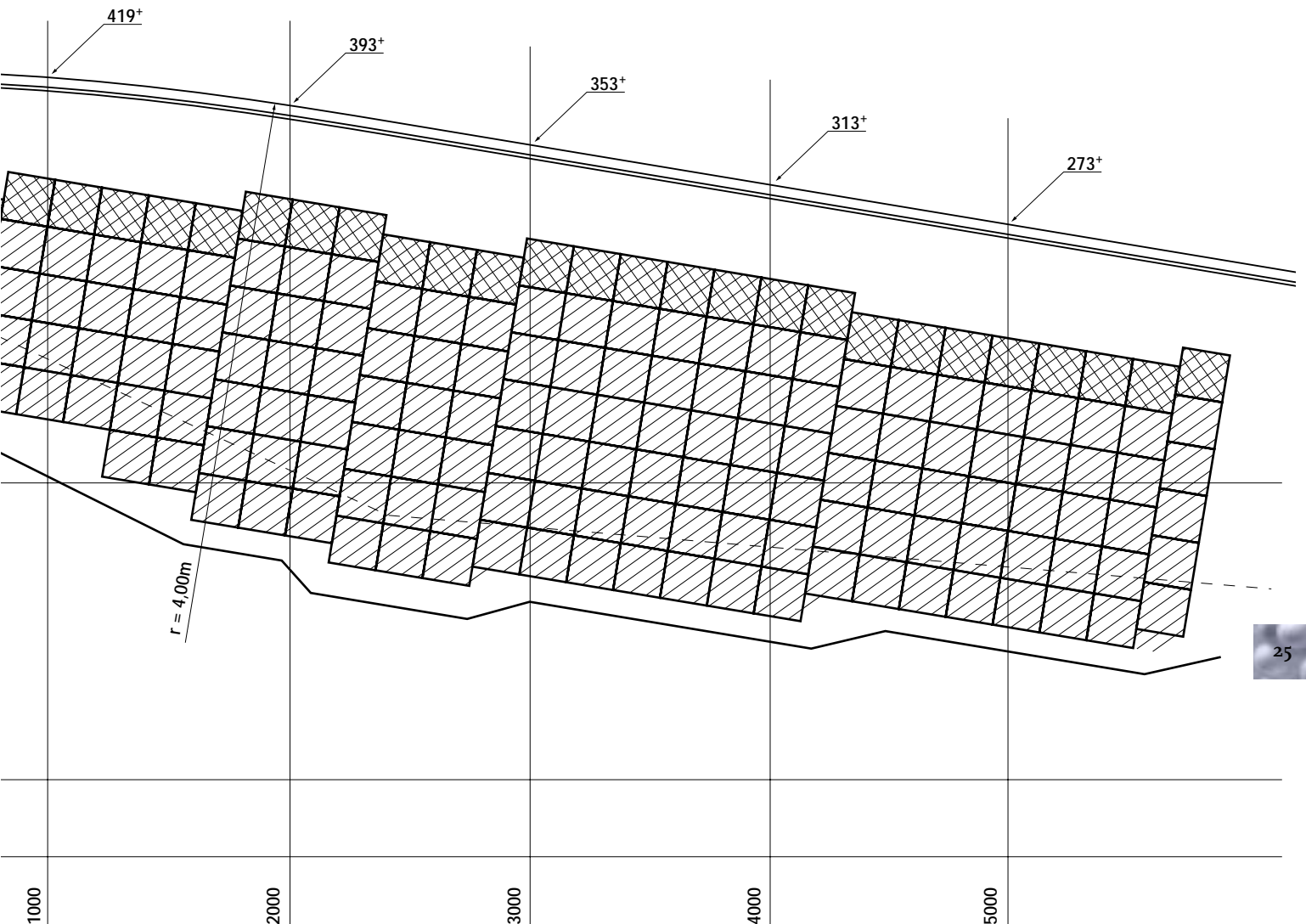
- Ruim leggen van het geotextiel over het EPS om te voorkomen dat het doek niet direct scheurt door eventuele kleine vervormingen in het EPS.
- Flexibel ontwerpen van EPS en geotextiel onder een talud, zodat het talud van de weg kan afhangen zonder dat de weg zelf scheef gaat liggen.

### VERDICHTEN

- Op een normale ondergrond (de oppervlaktelagen van een GWW-constructie met EPS) bij voorkeur dynamisch verdichten, bijvoorbeeld met trilwalsen of -platen, maar oppassen dat het EPS onder de lagen niet wordt overbelast.
- De lagen direct boven het EPS statisch verdichten om het EPS niet te beschadigen; in verband met de geringe dieptewerking van het statisch verdichten de lagen boven het EPS in dünnere laagjes aanbrengen c.q. verdichten.

### OVERIGE MATERIALEN

- Zorg ervoor dat de materialen die bovenop het EPS moeten worden aangebracht niet zwaarder, maar ook niet lichter zijn dan in het ontwerp is voorzien; bij toepassing van zwaardere materialen kan de constructie meer verzakken dan verwacht, en bij toepassing van te lichte materialen zou de constructie kunnen gaan opdrijven.



## 6. BIJZONDERE TOEPASSINGEN

In de GWW-sector wordt EPS niet alleen steeds vaker en in steeds grotere hoeveelheden gebruikt, ook worden steeds nieuwe toepassingen voor het veelzijdige EPS ontwikkeld.

### 6.1. DRAINAGEPLATEN

EPS-drainageplaten zijn sterk poreuze platen met een dikte van 5 tot 25 cm, geproduceerd in een zeer lichte densiteit ( $12 \text{ kg/m}^3$ ), en met een water-doorlaatbaarheid van circa 10-12 liter per  $\text{m}^2$  per seconde. Ze zijn door de EPS-branche speciaal ontwikkeld voor ophogingen bij de aanleg of renovatie van terreinen op een slappe bodem zoals: sportvelden, tennisbanen, parkeerterreinen, halfharde velden, manegevloeren, kunstgrasvelden en vergelijkbare situaties [ref 19]. De drainageplaten bieden daar namelijk voordelen waar weinig andere constructies aan kunnen voldoen:

- Het terrein kan worden opgehoogd zonder dat de druk op de ondergrond toeneemt.
- De druk op de ondergrond kan ook worden verlaagd door een gedeelte van de grond af te voeren; het risico van ongelijke zettingen is hierdoor verminderd.
- Bovendien werken de drainageplaten als drukverdelende laag, waardoor eveneens plaatselijke zetting wordt voorkomen.
- Als de grondwaterstand in een bijzonder natte periode stijgt, zorgt het opdrijvend vermogen van de platen voor vermindering van de druk op de ondergrond.
- De afvoer van regenwater gebeurt over het gehele oppervlak, waardoor bijvoorbeeld een sportveld na hevige regenval weer sneller speelbaar is, zonder dat het beschadigd wordt door het te vlug bespelen bij traditionele velden zonder EPS.
- Tijdens een lange droogteperiode geeft bevochtiging van een sportveld van onderaf via de drainageplaten een veel beter resultaat met minder water dan het besproeien van bovenaf.
- Terreinen worden sterker, krijgen een hogere capaciteit, waardoor bijvoorbeeld een sportcomplex uit minder velden kan bestaan.

- Het onderhoud van terreinen met EPS-drainageplaten wordt aanzienlijk beperkt; renovatie is feitelijk niet meer nodig.

De platen worden bij voorkeur op een vlakke, gelijkmatige bodem gelegd. Daartoe is het aan te bevelen eerst een laag zand van 5 cm aan te brengen. Vervolgens worden de drainageplaten in verband gelegd en wordt tevens de drain aangebracht. Zo snel mogelijk daarna, om wegwaaien te voorkomen, wordt een laag grond en eventueel zand op het EPS gestort.

### 6.2. DRIJVENDE STEIGERS, EILANDEN EN TUINEN

EPS wordt in veel variaties in de GWW-sector toegepast. Zeker de laatste jaren kent het gebruik van EPS vrijwel geen grenzen.



*Drijvend eiland.*

**AANLEGSTEIGERS [ref 19].** Steigers van bijvoorbeeld jachthavens worden meestal gemaakt van hout. Niet alleen gaat het hierbij om vrijdragende constructies en moet het hout van de steigers en de noodzakelijke palen dus zwaar zijn, ook is hout in die situaties nu eenmaal onderhevig aan verrotting, vooral op de waterlijn. Bij fundering op vochtongevoelige en drijvende EPS-blokken kan echter met zeer lichte afmetingen van hout worden ge-

werkt. Het EPS drijft immers op het water en ondersteunt zo de steiger op ieder punt van de constructie. En ook wordt een steiger met EPS zodanig gebouwd, dat het met wisselende waterstanden op en neer kan gaan. Wijziging van het steigerpatroon is bovendien eenvoudig uitvoerbaar, terwijl ook het inkorten of verlengen gemakkelijk en goedkoop te realiseren is. De dikte van het te gebruiken EPS is afhankelijk van het maximale aantal mensen dat de steiger naar verwachting zal moeten dragen.

**RECREATIE-EILANDEN [ref 19].** Een recreatie-eiland van enkele duizenden vierkante meters kan eenvoudig op EPS worden aangelegd. Meestal is een laag van enkele tientallen centimeters EPS al voldoende om de complete eilandlast, inclusief begroeiing, mensen en gebouwen, te kunnen dragen. Extra EPS-drainageplaten zorgen bovendien in de natte perioden voor een goede afvoer van regenwater, en in de droge perioden voor een goede toevoer van water. De blokken en platen worden 'op het land' gelijmd, gewapend en haaks over elkaar



Jasper Grootveld's 'drijvende tuinen' (foto Rijkert Knoppers).

waterstand probleemloos worden opgevangen. Vervolgens wordt het eiland voorzien van grond en begroeiing. Een recreatie-eiland op EPS kan niet alleen heel snel worden gebouwd (één week door een viermansploeg!), ook is het veel goedkoper dan het aanleggen van een eiland op de traditionele manier. Bovendien heeft de aanleg niets definitiefs, is het eiland eenvoudig te verplaatsen en worden de stromingen niet verstoord.

#### TUINEN [ref 20].

Zelfs tuinen worden in Nederland tegenwoordig op EPS gebouwd, zij het (nu nog) vanuit een wat poëtisch idealisme. Want 'wereldverbeteraar' Jasper Grootveld bouwt al geruime tijd tuinen en kleine bouwwerken op pakketten, gevuld met EPS. 'Luchtverontreiniging, milieuvervuiling en gebrek aan ruimte maken het land steeds minder aantrekkelijk om op te leven; tijd om het water te exploreren,' zo vindt hij. Zelfs ziet hij, wellicht wat overmoedig, het water in de wereld-oceanen als toekomstig woongebied. Op EPS. De toekomstbeelden van Grootveld lijken wat ver verwijderd van de dagelijkse realiteit, maar toch komt er ook bij overheden over de hele wereld nu meer en meer aandacht voor de mogelijkheden die EPS biedt. Wonen in de oceaan op EPS is misschien wat al te ambitieus, maar Grootveld's voorbeeld geeft eens te meer aan dat werkelijk vrijwel alles kan met EPS.

#### 6.3. KLEINE BRUGGEN VAN EPS [ref 19].

Een andere bijzondere toepassing van EPS in de GWW-sector is het bouwen van kleine bruggen met

EPS als drager. Basis is één of meer blokken met een dikte van 52 cm, een breedte van 1,25 meter en een lengte van 6,05 meter. Het gewicht is ongeveer 80 kg. Het oppervlak is 7,8 m<sup>2</sup>. Per centimeter hoogte heeft het blok een drijfvermogen van 75 kg. En blok kan worden belast met 3.750 kg en ligt met de bovenkant dan nog net boven water. Drukverdelende lagen van bijvoorbeeld multiplex zorgen ervoor dat de puntlasten gelijkmatig over het EPS worden verdeeld. De brug wordt voorzien van leuning, (fiets-)op- en afritten en verankerd door middel van landvasten. Zelfs kan over een EPS-brug met de auto worden gereden. Daartoe dienen bij de op- en afritten echter wel rijplaten te worden aangebracht met daaronder een versteviging van stalen balken. Ook de scharnierende verbinding van de rijplaten moet voldoende zwaar worden uitgevoerd.

De voordelen van een EPS-brug zijn duidelijk aanwezig:

- De uitvoering verloopt bijzonder snel.
- De kostprijs is meestal een fractie van die van andere oplossingen.
- Het verwijderen van tijdelijke EPS-bruggen is zeer eenvoudig en laat geen sporen na.
- Hergebruik in andere situaties en aanpassingen zijn uiterst eenvoudig en goedkoop te realiseren.
- Er is geen zwaar materieel nodig voor de bouw van een EPS-brug; het zwaarste onderdeel weegt zo'n 80 kg en is door twee man goed te hanteren.
- Zonodig is de brug gemakkelijk weg te draaien, zodat doorvaart mogelijk blijft.

#### 6.4. EPS-LICHTBETON

Zoals in paragraaf 3.3 te lezen is, is gebruikt EPS middels recycling een gewilde grondstof voor de productie van isolerend lichtbeton [ref 21]. Toevoeging van het vermalen EPS-afval tijdens het betonmix-proces zorgt er niet alleen voor dat het beton sterk isolerende eigenschappen verkrijgt, maar ook dat het bijzonder licht van gewicht wordt. EPS-beton wordt nu al toegepast in de wegenbouw in Duitsland. [ref 22].



Lichtbeton van EPS (foto BASF).

## 7. CONCLUSIE

De mogelijkheden van constructies in de grond-, weg- en waterbouw zijn met EPS vrijwel onbegrensd. Aanvankelijk zag men uitsluitend nog in Scandinavië de voordelen die het materiaal GWW-projecten te bieden heeft. De laatste jaren is echter ook in Nederland en de ons omringende landen het besef gekomen dat, door de combinatie van functionaliteit, snelheid, zekerheid en financiële aantrekkelijkheid, EPS een van de meest attractieve bouwmaterialen voor de GWW-sector is.

Een fantastisch licht ophoog- en constructiemateriaal, waarbij men slechts rekening hoeft te houden met de toepassingsvoorwaarden, een goed plan en een goede uitvoering. Wie vervolgens de bestekteksten overneemt en uitvoert conform de voorschriften, heeft met EPS de beste grond onder de voeten.



## REFERENTIES

1. Toespraak Regtuit-Ten Cate, (doc.nr. 1112/220.01)
2. 'Frost action in soils', Norwegian Road Research Laboratory, publication no. 68, Oslo, august 1993 (doc.nr. 1258/220.01)
3. 'Literatuurstudie naar lichte ophoogmaterialen', Ministerie van Verkeer en Waterstaat c.q. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, rapportnr. W-DWW-93-507 (doc.nr. 717/220.01)
4. 'Polystyreenschuim erkende weg-fundering in Noorwegen', Wegen nr. 11, november 1985. (doc.nr. 353/220.01)
5. 'Materials research on EPS', Duskov, M.; TU-Delft 02/94
6. De duurzaamheid van EPS in de grond, Tauw, 12/1985 (doc.nr. 532/231.05)
7. 'Piepschuim tegen bulldozers', De Volkskrant, 1984 (doc.nr. 797/220.01)
8. Wegen op PS-Hardschuim, een verkennende studie', Stichting Bouw Research SBR, Rotterdam 1988
9. 'Ervaringen met PS-Hardschuim in overgangsconstructies', PT Civiele Techniek, nr. 4, november 1989
10. Informatie Stybenex
11. Stybenex-archieffnummer 700/220.01
12. Informatie Stybenex
13. 'Rapport over de duurzaamheid van PS-Hardschuim in de grond', projectnr. 88119.19, Tauw, Deventer, december 1985
14. Informatie Stybenex
15. 'Toepassingsmogelijkheden van lichte funderingsmaterialen', PT Civiele Techniek, nr. 2 mei 1989
16. Informatie Stybenex
17. Informatie Stybenex
18. 'PS-Hardschuim in de GWW', Grontmij NV, Ballast Nedam Wegenbouw BV, T&A 91/005/4/r, Amstelveen, 30 november 1991
19. 'PS hardschuim en drainplaten in de grond en op het water', Regtuit-Ten Cate, Oldenzaal, 1982
20. 'De opkomst van piepschuim als drijvend huis', Het Parool, 2 mei 1992
21. 'Leichtbeton aus EPS-Recyclat, eine wirtschaftliche Alternative?', BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen, September + Oktober 1992
22. 'EPS-Beton im Aufwand', Zement und Beton 3/90

## LIJST VAN AFKORTINGEN

EPS	Geëxpandeerd Polystyreen
GWW	Grond-, Weg- en Waterbouw
RAW	Stichting Rationalisatie en Automatisering in de Wegenbouw
NEN	Nederlandse Norm
KOMO	Nederlands Bouwkeurmerk
CEN	Commission Européenne de Normalisation
KWS	Koolwaterstoffen (-programma)
CFK	Gechloroerde Fluorkoolstof
PS	Polystyreen (harde kunststof)
ARBO	Arbeidsomstandigheden
UAV	Uniforme Aanbestedingsvoorwaarden
UV	Ultraviolet
ISO	International Standardisation Organisation

EEN UITGAVE VAN 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](mailto:info@stybenex.nl)



**LOGISCH PROCES: BOUWEN OP EPS.**