DKW 15004JB
le 10 juillet 2015

Caractéristiques du matériau TPC

DKW 15004JB
le 10 juillet 2015

Caractéristiques du matériau TPC

© 2015 Kiwa N.V.
Tous droits réservés. Ce document ne peut être reproduit, stocké dans un ensemble de données automatisé ou rendu public sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, qu'il soit électronique, mécanique, par photocopie ou par enregistrement, ou de toute autre manière sans qu'il y ait eu au préalable le consentement de l'éditeur.

Informations

Intitulé	Caractéristiques du matériau TPC
Numéro de projet	150300594
Personne de contact	D. Binder
Client	Vive Innovation BV
Auteur(s)	J. Breen

Ce rapport n'est pas public et n'est mis qu'à la disposition des contractants d'un projet de conseil/recherche sous contrat. Sa distribution ultérieure éventuelle ne devrait être effectuée que par le client lui-même.

Kiwa Nederland B.V.
Sir Winston Churchilllaan 273
Postbus 70
2280 AB RIJSWIJK

Tél. : 070 414 44 00
Fax : 070 414 44 20
info@kiwa.nl
www.kiwa.nl

15/130104

Résumé

Les propriétés mécaniques des produits fabriqués en TPC (Textile Plastic Composite) ont été déterminées pour la société Vive Innovation BV. Ces produits sont utilisés, entre autres, dans les échafaudages, les supports, les quais et isolations.

Les résultats des mesures sont présentés dans le tableau 1.
Il convient de noter que les noyaux des produits présentent des cavités, ce qui se traduit par une résistance et un module d'élasticité plus faibles. Pour [cette] application, la formation de cavités n'est pas un problème.

Tableau 1 Résumé des résultats obtenus.

Propriété	Plaque ronde	Profil carré	Planche
Facteur de flexion (MPa) Force de flexion (MPa) Allongement à la rupture à la flexion	975 ± 75 10 ± 1 1,8 ± 0,2	800 ± 200 10 ± 2 2,5 ± 0,1	1130 ± 20 17 ± 1 4,1 ± 0,1
Facteur E (MPa) Capacité de traction (MPa) Allongement à la rupture Absorption d'eau	440 ± 100 8,1 ± 1,7 7,4 ± 1,4	610 ± 40 8,3 ± 0,7 6,8 ± 1,1	430 ± 100* 3,1 ± 1,1* 2,9 ± 0,6* < 0,5 %
Rétrécissement au-dessus	< 0,3 %		< 0,3 %
Coefficient de dilatation thermique Densité (kg/m3) Coefficient de rétraction (réduction)	$(7\pm2)\times10^{-5}$ 1050 ± 10 20 %	1060 ± 10	$(7\pm2)\times10^{-5}$ 1050 ± 10 20 %

*) des échantillons du noyau avec de multiples cavités.

© Kiwa N.V.

Table des matières

	Résumé	**1**
	Table des matières	**2**
1	**Introduction**	**3**
2	**Partie expérimentale**	**4**
2.1	Matériaux	4
2.2	Mesures	4
3	**Résultats**	**8**
3.1	Essais de flexion	8
3.2	Essais de résistance mécanique	9
3.3	Essai de chute	11
3.4	Dilatation thermique	12
3.5	Rétraction	13
3.6	Absorption d'eau	13
3.7	Densité	13
3.8	Fluage	13
4	**Évaluation**	**15**
4.1	Cavités dans le noyau	15
4.2	Force	16
4.3	Absorption d'eau	16
4.4	Comportement thermique	16
4.5	Comportement variable dans le temps	16
4.6	Recommandations	17

© Kiwa N.V.

1 Introduction

Vive Innovation BV fournit des poteaux, des poutres et des planches fabriqués à partir de matières textiles et plastiques recyclées. Le nom commercial de ce matériau est TPC (Textile Plastic Composite). Ces produits sont utilisés, entre autres, dans les échafaudages, les supports, les quais et isolations.

Le TPC est constitué en partie de fibres et en partie de matière plastique (PEBD). Les proportions entre la fibre et la matière plastique peuvent être ajustées, ce qui influence les propriétés et la qualité du matériau dans différents domaines.

Vive Innovation BV a besoin d'un certificat ou d'une autre forme d'assurance qualité pour ces produits, qui précise leurs propriétés fonctionnelles et leur durabilité attendue.

Les résultats des mesures présentés dans ce rapport constituent la base de l'accord ou du certificat Kiwa.

Les produits soumis aux essais (profilé carré, poteau et planche d'échafaudage) et les méthodes d'essai utilisées sont indiqués dans le chapitre 2.

Les résultats des mesures sont présentés dans le chapitre 3. L'évaluation des résultats se trouve au chapitre 4.

© Kiwa N.V.

2 Partie expérimentale

2.1 Matériaux

Les produits obtenus de Vive Innovation BV sont énumérés dans le tableau 2.1. Les produits destinés à être transformés chez Kiwa sont munis du code Kiwa.

Tableau 2.1 Produits obtenus.

Produits	Nombre	Dimensions	Code Kiwa
Poteau rond	1	90x2200 mm	OV 2015-011
Profil carré	1	85x85x2500 mm	OV 2015-013
Planche	1	38x95x2500 mm	OV 2015-012
Reste	2 1	18x86x560 mm 9x86x560 mm	OV 2015-014

Fig. 2.1 Produits obtenus pour la caractérisation

2.2 Mesures

Les propriétés fonctionnelles à déterminer dans un court laps de temps sont les suivantes :

1. la rigidité, la solidité et la résistance aux chocs à la flexion, de préférence pour le produit final ;
2. la résistance (module E), la solidité et la résistance aux chocs traction pour les échantillons de produits ;
3. Charge d'impact (transversale) ;
4. Retrait thermique ;
5. Dilatation thermique d'échantillons de produits finis.

Les mesures à long terme sont :

6. Absorption d'eau ;
7. Fluage à l'inflexion.

En outre, il a été demandé de déterminer l'impact de la dégradation par le rayonnement UV. Cependant, aucune conclusion de ce type n'a été faite, car il faut ici procéder à une mesure longue et coûteuse, qui doit être effectuée une fois pour le produit final. Compte tenu de la composition du produit, on peut s'attendre à ce que la dégradation par les UV n'entraîne aucune détérioration mesurable des propriétés mécaniques, mais seulement une décoloration visible. Cette question devrait être traitée en temps utile.

© Kiwa N.V.

Les mesures effectuées pour déterminer les propriétés sont indiquées

dans le tableau 2.2. Tableau 2.2 Aperçu des mesures effectuées

Propriété	Norme	Grandeur	Commentaires
Résistance en flexion	ISO 178	Module (MPa)	
Force de flexion	ISO 178	Force (MPa)	
Allongement à	ISO 178	Allongement (%)	
Fluage	ISO 899	Courbe de fluage	
Module E	ISO 527	Module (MPa)	
Résistance à la	ISO 527	Force (MPa)	
Allongement à	ISO 527	Allongement (%)	
Charge transversal		Force d'impact	Méthode propre
Dilatation thermique			Méthode propre
Absorption d'eau			Méthode propre
Densité			Méthode propre
Fluage	ISO 899	Module (MPa)	Méthode adaptée

Essais de flexion (ISO 178)

Fig. 2.2 Mise en place de la planche d'échafaudage en flexion à trois

points. Pour la déflexion, on a choisi une longueur de 800 mm (voir figure 2.2).
La vitesse à laquelle la pression a été appliquée était de 50 mm/min à 23 °C et 50 % d'humidité relative.
Le module est calculé à partir des équations suivantes.

$$\frac{F}{\delta} = \frac{48 \times E \times I}{L^3}$$

$$I_{prostokąt} = 1/_{12} \times b \times d^3$$

prostokąt – fr. rectangle

© Kiwa N.V.

où F est la force, δ la déflexion, E le module, I le moment de la déflexion, L la longueur d'application, b la largeur et d l'épaisseur de l'échantillon.

$$I_{\text{półokrąg}} = \frac{9 \times \pi^2 - 64}{72 \times \pi} \times r^{44} \approx 0{,}1098 \times r^4$$

pl półokrąg, *fr* demi-cercle
avec r étant le rayon de l'échantillon.

La force de flexion est calculée
selon :

$$\delta_{\text{zgięcia}} = \frac{F}{}$$

où F_{zerw} est une force à la rupture, y est obtenu par :

$$y_{\text{prostokąt}} = d/2$$

$$y_{\text{półokrąg}} = (4xr)/(3x\pi)$$

pl prostokąt, *fr* rectangle
pl półokrąg, *fr* demi-cercle

Essais de flexion (ISO 527)
Une série de 5 barres pour l'essai de flexion est présentée à la figure 2.3.

Fig. 2.3 Les barres de traction selon la norme ISO 527-2 ont été obtenues à partir d'une planche d'échafaudage.
Les essais de résistance mécanique ont été effectués à une vitesse de traction de 50 mm/min, à 23 °C et à 50 % d'humidité relative.

Charge d'impact (transversale) ;
Des essais de chute à température ambiante avec un poids de 12,5 kg ont été effectués à l'extrémité d'un poteau rond et d'un profil carré. Les hauteurs de chute appliquées sont les suivantes : 1, 1,5 et 1,8 m. Le diamètre du poids de chute utilisé est de 50 mm.

Dilatation thermique
La dilatation thermique a été déterminée sur des échantillons rectangulaires (150x15x3 mm), obtenus à partir du poteau et de la planche. L'allongement a été mesuré à une vitesse de chauffage d'1 °C/min à un intervalle de température compris entre 20 et 100 °C.

Rétraction
La variation de longueur de certains échantillons (voir dilatation thermique) a été mesurée lorsqu'ils étaient chauffés à 100 °C.

© Kiwa N.V.

Absorption d'eau
L'absorption d'eau a été déterminée par immersion d'un échantillon de 190x90x5 mm scié sur la planche dans l'eau pour 48 heures, mais aucune augmentation de poids n'a été constatée pendant ce temps.
L'échantillon a ensuite été séché à une température plus élevée. L'absorption d'eau a été déterminée à partir de la perte de poids mesurée.

Densité
La densité d'un poteau rond, d'une planche et d'un profil carré a été déterminée par pesage et en utilisant le volume déterminé par la mesure des dimensions.

Fluage
La dilatation thermique a été déterminée sur des échantillons rectangulaires (150x15x3 mm), obtenus à partir du poteau et de la planche. Ces échantillons ont été chauffés à 1 °C/min jusqu'à 100 °C, puis refroidis à la même vitesse.

© Kiwa N.V.

3 Résultats

3.1 Essais de flexion

Les résultats des mesures de l'essai de flexion sont présentés graphiquement dans la figure 3.1.

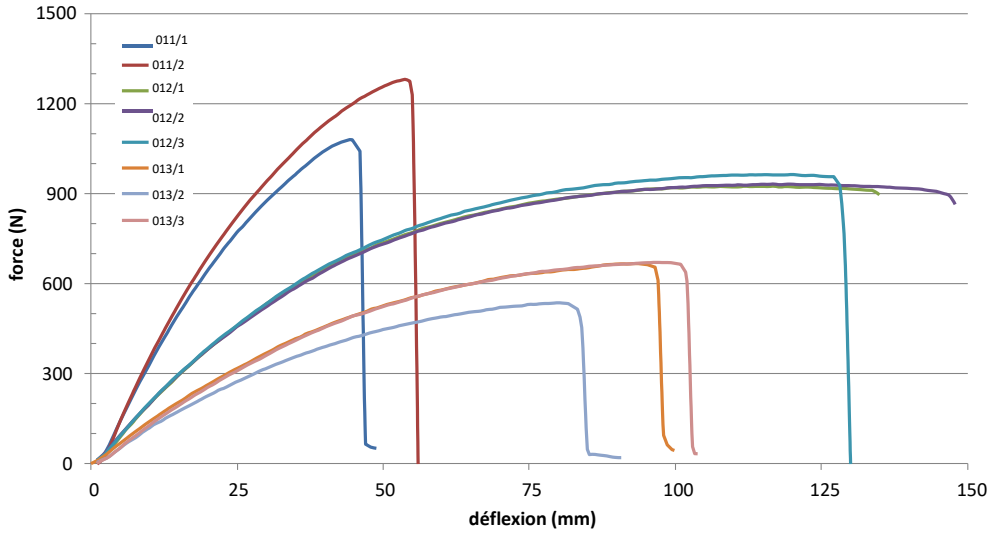

Fig. 3.1 Force et déflexion pour les produits soumis aux essais (voir tableau 3.1).

Les résultats pour les différents échantillons mesurés sont donnés dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 Aperçu des mesures de déflexion ; E_{ini} : module de déflexion obtenu à partir de la pente initiale ; σ_{zerw} : force de flexion ; ε_{zerw} : allongement à la rupture.

Échantillon	E_{ini} (MPa)	σ_{zerw} (MPa)	ε_{zerw} (%)	Commentaires
2015-011/1	900	10	1,6	Poteau demi-rond
2015-011/2	1050	11	1,9	Poteau demi-rond
2015-012/1	1150	17	4,1	Planche ; sciée en largeur
2015-012/2	1100	17	4,1	Planche ; sciée en largeur
2015-012/3	1150	18	4,2	Planche ; sciée en largeur
2015-013/1	900	11	2,5	Carré ; couche la plus élevée (3 cm)
2015-013/2	600	8	2,4	Carré ; couche moyenne (3 cm)
2015-013/3	900	11	2,6	Carré ; couche la plus basse (3 cm)

© Kiwa N.V.

3.2 Essais de résistance mécanique

Les résultats des mesures d'essais de résistance mécanique sont présentés graphiquement dans les figures 3.2 à 3.4.

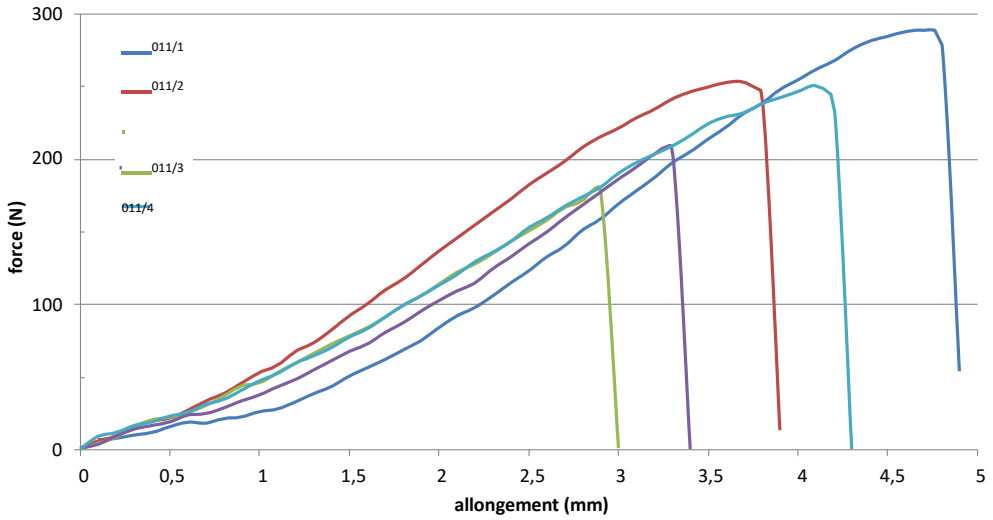

Fig. 3.2 Force et allongement ; échantillon plus petit ; poteau rond.

Les résultats pour les échantillons individuels mesurés, comme indiqué dans la figure 3.2, sont donnés dans le tableau 3.2 pour les échantillons de poteau rond. Il convient de noter ici que les échantillons de la couche inférieure ont été prélevés parce que le noyau du poteau contenait trop de cavités. Pour cela, il a fallu utiliser des échantillons plus petits. La longueur et la largeur des échantillons de poteau sont la moitié des dimensions utilisées pour mesurer les échantillons de planche d'échafaudage et de profil carré.

Tableau 3.2 Aperçu des mesures de résistance mécanique ; échantillons de poteau rond ; E : module de flexion extrapolé ; σ_{zerw} : traction ; ε_{zerw} : allongement à la rupture.

Échantillon	E (MPa)	σ_{zerw} (MPa)	ε_{zerw} (%)	Commentaires
2015-011/1	366	9,0	9,3	Cavités dans les échantillons
2015-011/2	611	9,8	7,4	
2015-011/3	421	6,3	5,6	
2015-011/4	369	6,3	6,4	
2015-011/5	451	9,0	8,1	
moyenne	440 ± 100	8,1 ± 1,7	7,4 ± 1,4	

*) L'extensomètre laser a donné des résultats peu fiables en raison de la rugosité des échantillons. Par conséquent, l'allongement a été calculé sur la base du déplacement de la passerelle. Comme l'échantillon est fixe, les premiers 1,5 mm de la courbe de force à déplacer ne peuvent pas être utilisés. Par conséquent, le module E a été calculé en supposant un allongement compris entre 1,5 et 2,5 %, calculé à partir du déplacement de la passerelle, et celui-ci a été corrigé pour obtenir un allongement compris entre 0 et 0,5 % en multipliant par un facteur égal à 2,5.

© Kiwa N.V.

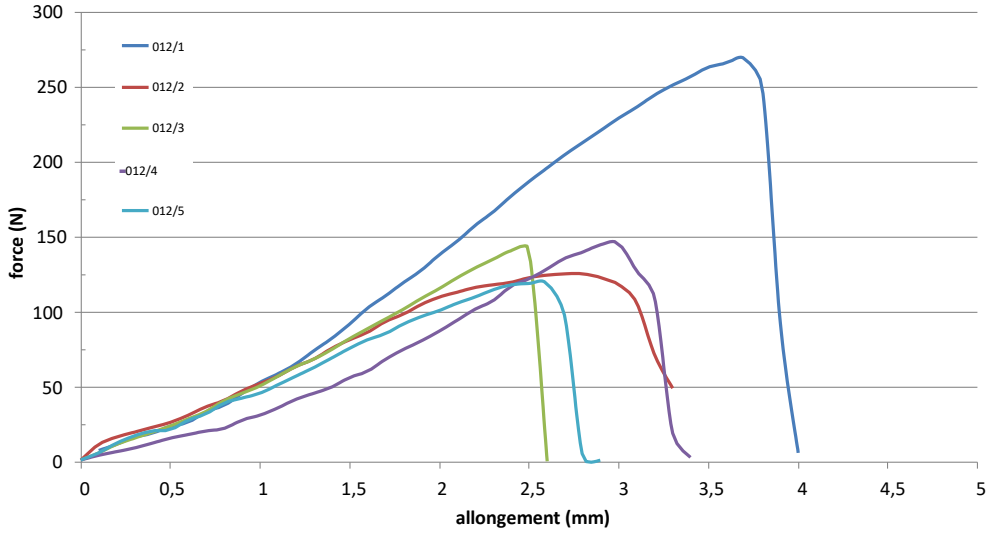

Fig. 3.3 Force à l'allongement ; échantillon standard ; planche d'échafaudage.

Les résultats pour les échantillons individuels mesurés, comme indiqué dans la figure 3.3, sont donnés dans le tableau 3.3 pour les échantillons de poteau rond.

Tableau 3.3 Aperçu des mesures de résistance mécanique ; échantillons de planche d'échafaudage ; E : module extrapolé ; σ_{zerw} : traction ; ε_{zerw} : allongement à la rupture.

Échantillon	E (MPa)	σ_{zerw} (MPa)	ε_{zerw} (%)	Commentaires
2015-012/1	604	5,0	3,7	Cavités dans les échantillons
2015-012/2	333	2,4	2,9	
2015-012/3	476	2,9	2,2	
2015-012/4	399	2,5	3,0	
2015-012/5	334	2,2	2,5	
moyenne	430 ± 100	3,0 ± 1,1	2,9 ± 0,6	

*) L'extensomètre laser a donné des résultats peu fiables en raison de la rugosité des échantillons. Par conséquent, l'allongement a été calculé sur la base du déplacement de la passerelle. Comme l'échantillon est fixe, les premiers 1,5 mm de la courbe de force à déplacer ne peuvent pas être utilisés. Par conséquent, le module E a été calculé en supposant un allongement compris entre 1,5 et 2,5 %, calculé à partir du déplacement de la passerelle, et celui-ci a été corrigé pour obtenir un allongement compris entre 0 et 0,5 % en multipliant par un facteur égal à 2,5.

© Kiwa N.V.

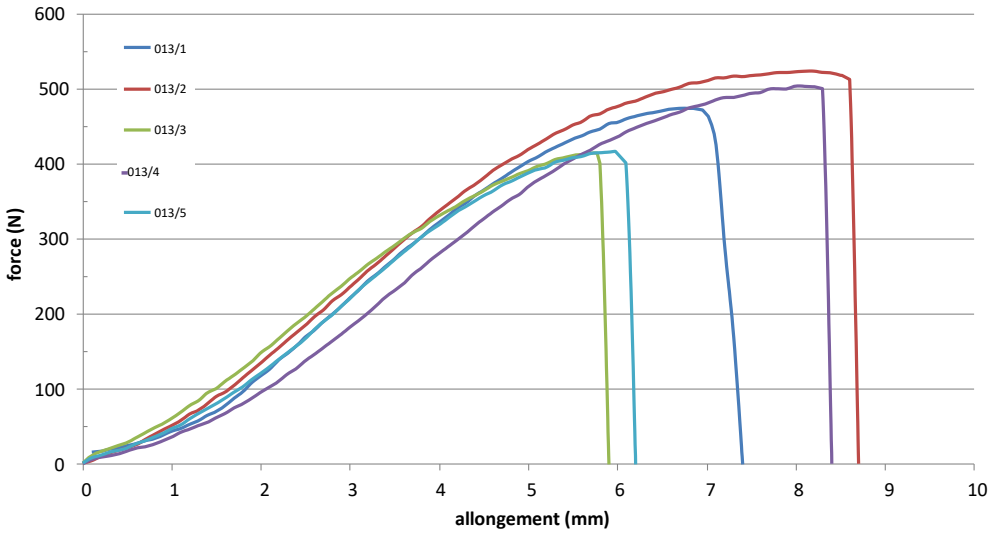

Fig. 3.4 Force à l'allongement ; échantillon standard ; profil carré.

Les résultats pour les échantillons individuels mesurés, comme indiqué dans la figure 3.4, sont donnés dans le tableau 3.4 pour les échantillons de poteau rond.

Tableau 3.4 Aperçu des mesures de résistance mécanique ; échantillons de profil carré ; E : module extrapolé ; σ_{zerw} : traction ; ε_{zerw} : allongement à la rupture.

Échantillon	E (MPa)	σ_{zerw} (MPa)	ε_{zerw} (%)	Commentaires
2015-013/1	612	8,1	6,9	Cavités dans les échantillons
2015-013/2	602	8,9	7,9	
2015-013/3	572	7,4	5,5	
2015-013/4	580	9,1	7,9	
2015-013/5	672	8,1	5,8	
moyenne	610 ± 40	8,3 ± 0,7	6,8 ± 1,1	

*) L'extensomètre laser a donné des résultats peu fiables en raison de la rugosité des échantillons. Par conséquent, l'allongement a été calculé sur la base du déplacement de la passerelle. Comme l'échantillon est fixe, les premiers 1,5 mm de la courbe de force à déplacer ne peuvent pas être utilisés. Par conséquent, le module E a été calculé en supposant un allongement compris entre 1,5 et 2,5 %, calculé à partir du déplacement de la passerelle, et celui-ci a été corrigé pour obtenir un allongement compris entre 0 et 0,5 % en multipliant par un facteur égal à 2,5.

3.3 Essai de chute

Des essais de chute avec un poids de 12,5 kg ont été effectués à l'extrémité d'un poteau rond et d'un profil carré. Les hauteurs de chute appliquées sont les suivantes : 1, 1,5 et 1,8 m. Le diamètre du poids de chute utilisé est de 50 mm. Bien qu'une déformation permanente inférieure à 1 cm ait été visible, les extrémités ne présentent pas de fissures (voir fig. 3.4).

© Kiwa N.V.

Fig. 3.4 Déformation permanente par chute de charge.

3.4 Dilatation thermique

La dilatation thermique a été déterminée sur des échantillons rectangulaires obtenus à partir d'une planche et d'un poteau rond à un intervalle de température compris entre 20 et 100 °C. La mesure est indiquée dans la figure
3.5. La pente de la ligne bleue dans la figure 3.5 illustre la dilatation. Le coefficient de dilatation mesuré varie entre $5x10^{-5}$ et $9x10^{-5}$ (1/°C) (voir la ligne marron dans la figure 3.5).
La moyenne des échantillons mesurés est de : (7±2)x10-5 (1/°C).
Une certaine prudence est recommandée ici, car à des températures plus élevées, il y a un certain fluage (voir paragraphe suivant).

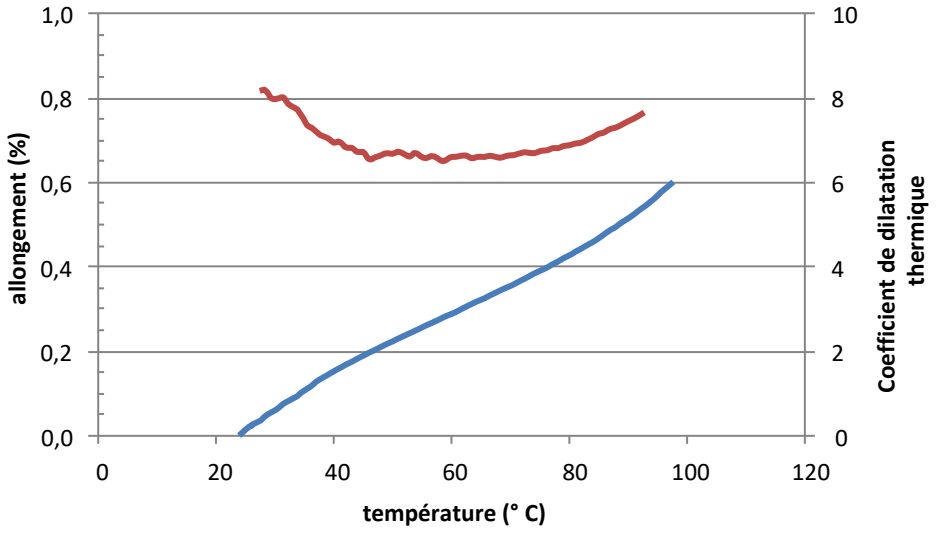

Fig. 3.5 Allongement (ligne bleue) et coefficient de dilatation thermique (ligne marrone) à la température (longueur de mesure de 110 mm) de l'échantillon à partir d'un poteau rond pendant le chauffage.

© Kiwa N.V.

3.5 Rétraction

La rétraction des échantillons après chauffage à 100 °C puis refroidissement à température ambiante atteint 0,2-0,3 %.

3.6 Absorption d'eau

L'absorption d'eau a été déterminée par immersion d'un échantillon de 190x90x5 mm (de planche) dans l'eau pour 48 heures. Cet échantillon a été trempé dans l'eau.
La perte de poids mesurée de l'échantillon immergé après séchage à 70 °C était de : 0,5%.
L'absorption d'eau de ce matériau à l'extérieur, où l'humidité relative change et où il y a une possibilité de contact avec l'eau de pluie, sera donc comprise entre 0,2 et 0,5 %.

3.7 Densité

La densité d'un poteau rond, d'une planche et d'un profil carré a été déterminée par pesage et en utilisant le volume déterminé par la mesure des dimensions. Les densités calculées sont présentées dans le tableau 3.5.

Tableau 3.5 Aperçu des mesures de la densité

Produit	Densité (kg/m3)
Poteau rond	1050 ± 10
Profil carré	1060 ± 10
Planche	1050 ± 10

3.8 Fluage

Le fluage a été mesuré sur un échantillon provenant d'une planche et d'un poteau rond à 23 °C sous une charge constante de 1,3 MPa. Certaines des courbes de fluage obtenues sont présentées à la figure 3.6. En raison de la variabilité des cavités dans l'échantillon, le module d'échantillon calculé change de plus de 10 %. Cependant, la courbe relative est la même pour tous les échantillons.

Les résultats des mesures de fluage sont présentés dans le tableau 3.6.

Tableau 3.6 Module E de fluage moyen calculé après 1, 10 et 100 heures.

	Planche	Poteau rond
Temps (heure)	Module de fluage (MPa)	Module de fluage (MPa)
1	370	420
10	295	355
100	240	275

© Kiwa N.V.

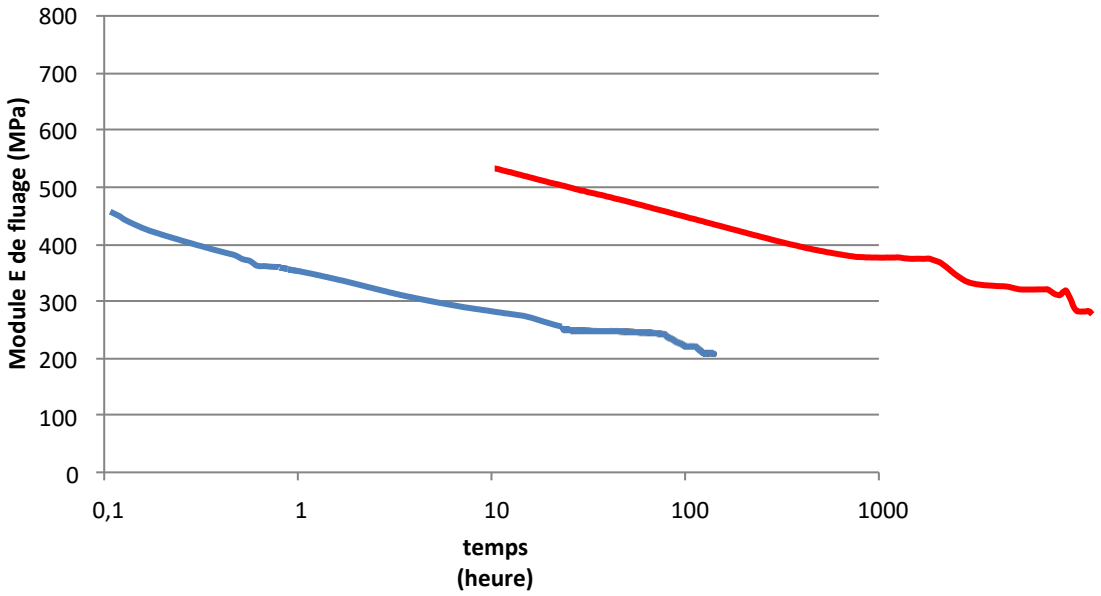

Fig. 3.6 Module de fluage E calculé et temps pour l'échantillon de la planche (ligne bleue) et du poteau rond (ligne rouge).

© Kiwa N.V.

4 Évaluation

4.1 Cavités dans le noyau

Les produits livrés doivent être exposés de manière répétée à des charges. Un noyau comportant relativement beaucoup de cavités contribue moins à la rigidité du produit. Lorsque la section transversale d'un produit est simplifiée en un noyau à deux enveloppes (voir fig. 4.1), avec le noyau à faible module et des enveloppes à module élevé, les éléments suivants s'appliquent pour le moment décisif de la déviation *ExI* :

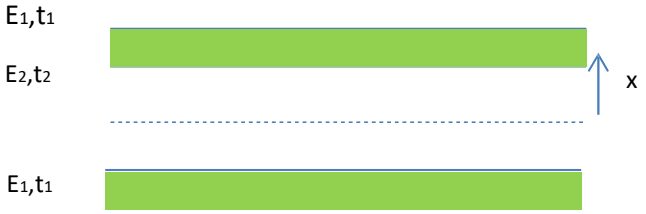

Fig. 4.1 Représentation schématique du produit avec un revêtement dense et un noyau poreux avec des cavités.

$$E \times I = 2 \int_0^t E_i x^2 dx$$

En supposant la situation dessinée, cela signifie :

$$E \times I = 2 \times \left(\left[\frac{1}{3} E_2 x^3 \right]_0^{\frac{1}{2}t_2} + \left[\frac{1}{3} E_1 x^3 \right]_{\frac{1}{2}t_2}^{\frac{1}{2}t_2 + t_1} \right)$$

On obtient :

$$E \times I = \frac{1}{12} \times \left(E_2 \times t_2^3 + E_1 \times (8 \times t_1^3 + 12 \times t_2 \times t_1^2 + 6 \times t_2^2 \times t_1) \right)$$

Le résultat, ExI, est décisif pour la déflexion de la planche ou du poteau (voir section 2.2) :

$$\frac{F}{\delta} = \frac{48 \times E \times I}{L^3}$$

où F est la force, δ la déflexion, ExI le moment de la déflexion, L la longueur d'application, b la largeur et d l'épaisseur de l'échantillon. L'allongement maximal, ε_{zgin} (fr. $\varepsilon_{flexion}$), en flexion est calculé par :

$$\varepsilon_{buig} = \frac{F \times L \times y}{8 \times E \times I}$$

L'effet d'un noyau moins rigide est négligeable pour la rigidité de déflexion sur toute l'épaisseur, comme le montre la figure 4.1.

© Kiwa N.V.

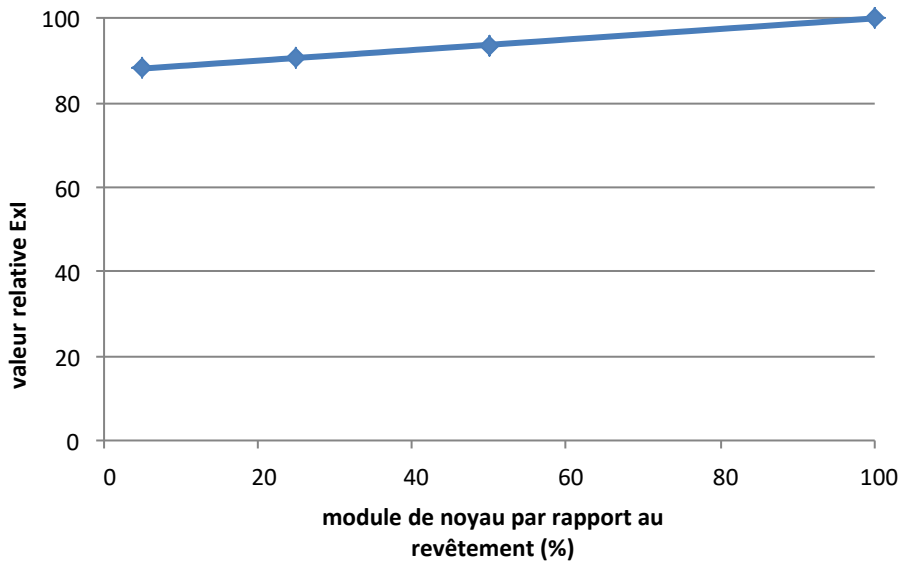

Fig. 4.1 *Valeur Exl* calculée pour le produit, l'épaisseur du noyau étant égale à [l'épaisseur] des revêtements.

4.2 Force

La force du TPC produit varie lorsque des revêtements plus denses sont visés entre 8 et 17 MPa. Le matériau du noyau a une force plus faible, probablement de l'ordre de 2 à 4 MPa (voir tableau 3.3).
L'allongement à la rupture varie entre 1,5 et 10 % (voir tableaux 3.1 à 3.4). Ces valeurs sont faibles par rapport au PEHD (polyéthylène haute densité).

4.3 Absorption d'eau

L'absorption d'eau est plus faible que prévu, en supposant qu'il s'agisse d'un produit composé d'un liant en polyéthylène et de fibres de polyester. Il convient de noter qu'il y a des cavités dans le matériau qui provoquent une absorption d'eau supplémentaire. L'absorption d'eau dans le matériau polymère doit alors également être inférieure à 0,5 %. Ce taux d'absorption d'eau n'entraîne pas la réduction des propriétés mécaniques lorsque le produit est utilisé dans un environnement humide, à condition qu'il n'y ait pas de sa dégradation chimique ou décomposition.

4.4 Comportement thermique

Le comportement thermique des produits TPC testés est conforme à ce que l'on pourrait attendre de sa composition. Cela signifie une faible rétraction lorsqu'il est chauffé à 100 °C et un coefficient de dilatation thermique de $7x10^{-5}$ (1/°C).

4.5 Comportement variable dans le temps

Le cours du module de fluage est conforme aux attentes pour un matériau à base de polyéthylène (voir fig. 4.2). Le matériau des tuyaux en PE80 a également connu une diminution d'environ
20 % par décennie[1] sur une échelle logarithmique.

[1] 1 décennie [logarithmique] est la période comprise entre 1 et 10 heures ; entre 10 et 100 heures ; etc.

© Kiwa N.V.

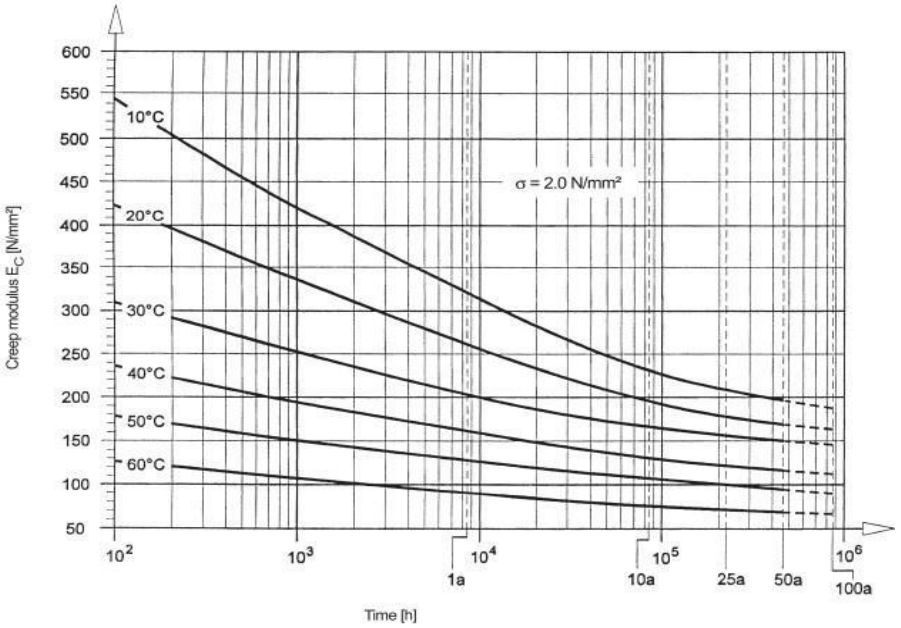

Fig. 4.2 Module de fluage PE80 (Simona ; inf. tech. ; Engineering manual for piping ; édition d'août 2010.

4.6 Recommandations

Il est recommandé d'utiliser les produits pour des applications où l'allongement est d'1 % maximum.

Pour une planche de 95 mm de large et 38 mm d'épaisseur, une masse a été calculée qui provoque un allongement d'1 % si cette masse est appliquée exactement au centre de la partie non supportée.

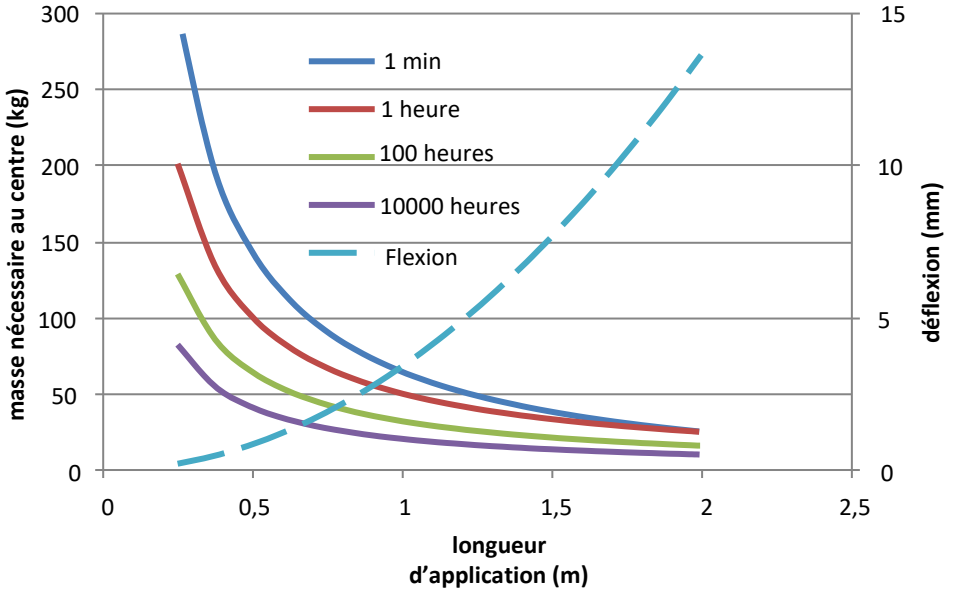

Fig. 4.3 La masse calculée et la déflexion associée qui, avec la position à trois points donnée entraîne un allongement d'1 % dans a planche, en tenant compte des différentes périodes de charge, le module, après 1 minute étant fixé à 900 MPa et réduit de 20 % par décennie.

© Kiwa N.V.