



Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022

Matériaux stabilisés au bitume: une nouvelle approche des fondations durables en Flandre

Wim Van den bergh - UAntwerpen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen

Odisee
DE CO-HOGESCHOOL





FOAM

**Fondations durables par
recyclage in-situ avec la
technologie de la mousse
de bitume**

Tetra project HBC.2020.2094 FOAM



Wim Van den bergh
Universiteit Antwerpen



Contexte du projet
Matériau stabilisé au bitume
Mise en œuvre
Pré-étude: formulation du mélange
Dimensionnement de la route
Structures-types
Les phases suivantes... et en route



**Fondations durables par recyclage in-situ
avec la technologie de la mousse de bitume**

Tetra project HBC.2020.2094 FOAM



EMIB
Energy & Materials in Infrastructure & Buildings
University of Antwerp

Odisee
DE CO-HOGESCHOOL



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen

**AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN**

Vlaanderen
is ondernemen



**AGENTSCHAP
WEGEN & VERKEER**



WIRTGEN GROUP

DE BRUYCKER-KEMP



BOMAG

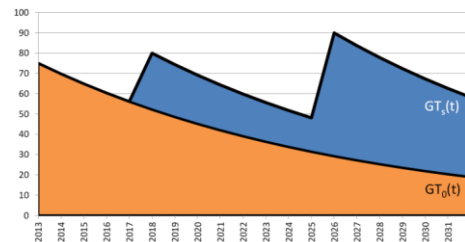
Contexte du projet



- Utilisation durable des matériaux dans la construction routière
- Routes en asphalte: réutilisation des Agrégats d'enrobés bitumineux (AEB) (60%)
- En cas de rénovation: prise en compte de la réutilisation de l'AEB dans l'asphalte ou une autre application.
- Point de vue économique-écologique:
 - Coût de base/référence
 - Transport de l'AEB
 - Énergie en cas de réutilisation
 - Entièrement/partiellement remplacé par de nouvelles matières premières



Kosten-baten-analyse

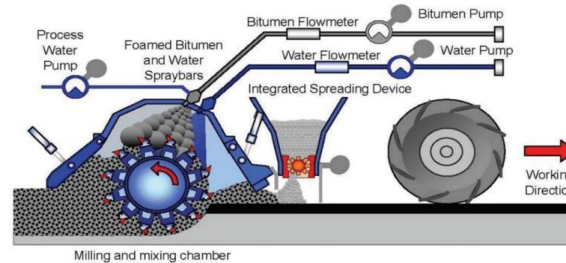


Sustainability



Critères de succès: augmentation de l'utilisation durable de l'AEB

- moins de transport vers/depuis le site/obstructions
- moins d'utilisation de matériaux primaires
- moins de consommation d'énergie/ CO_2
- matériau de base qualitatif (solide)



In situ



FOAM:

- utilisation de l'AEB dans la couche de fondation
- sur place ou à proximité



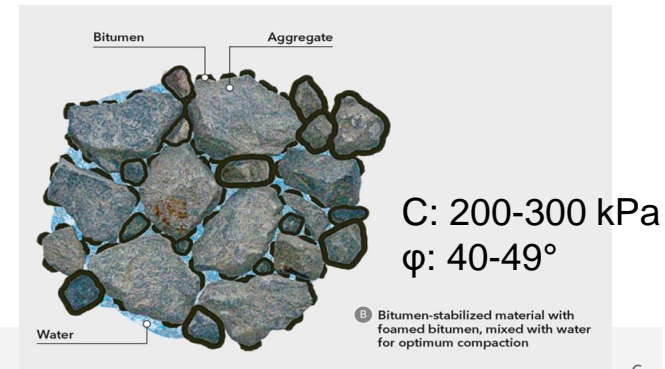
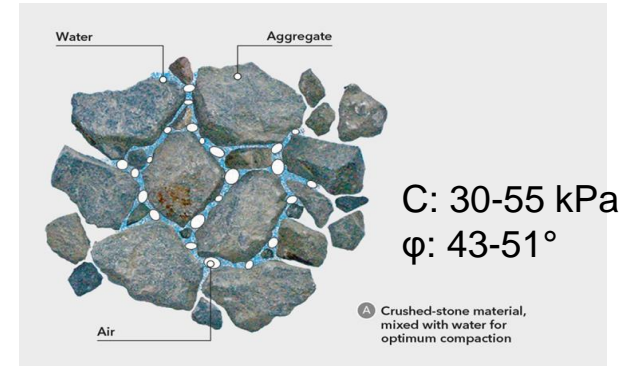
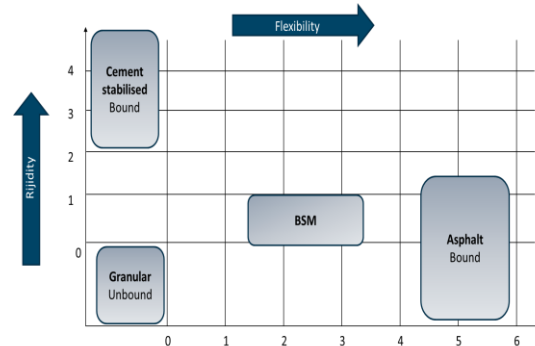
KMA



Bitumen Stabilised Material



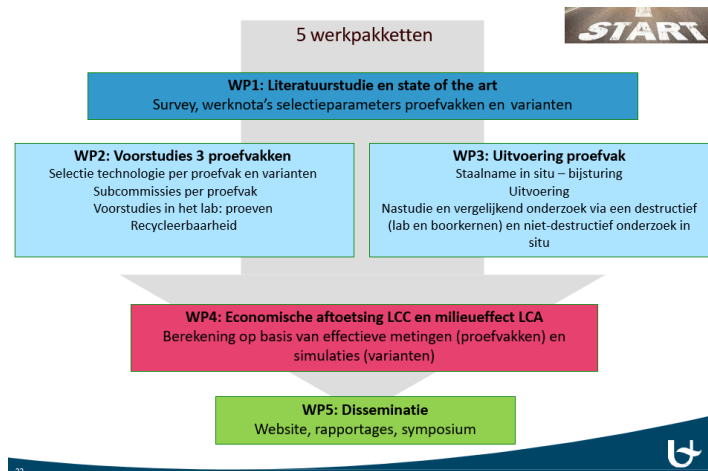
- Matériaux de base: au lieu de non lié/lié
- Granulats d'asphalte + ciment (1-2%) + éventuellement de nouveaux granulats, maintenus ensemble par une petite quantité de bitume (2-3%).
- Traitement à froid → dispersion du bitume par
 - Mousse de bitume
 - émulsions de bitume



Réalisation du projet



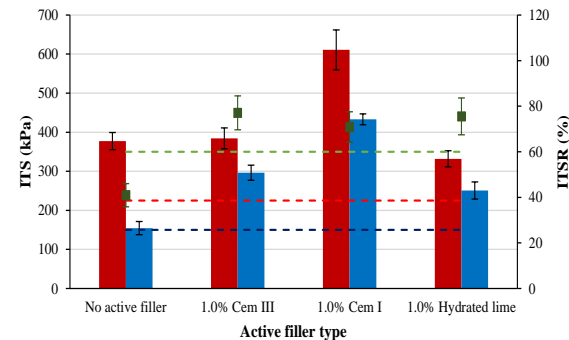
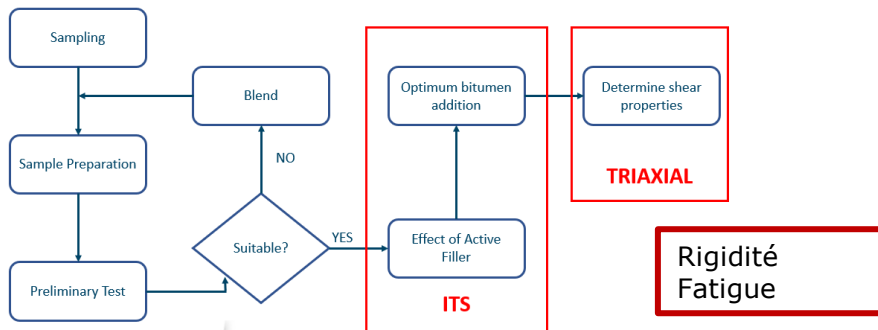
- Démonstration avec 3 planches d'essai
 In situ (mousse de bitume)
 In situ (émulsion)
 KMA (mousse de bitume)
- Etude préliminaire du mélange: laboratoire
- Surveillance de l'exécution
- Post-étude des échantillons: labo versus in situ



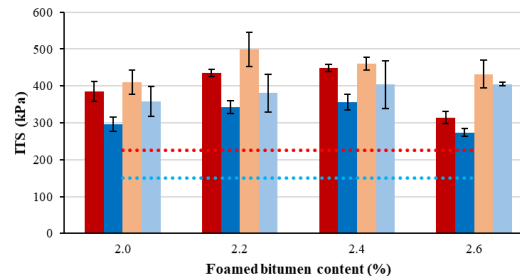
Etude préliminaire: formulation du mélange



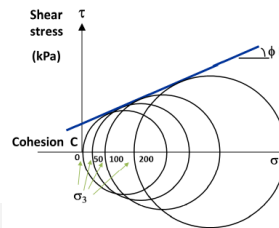
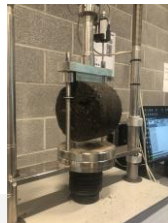
- Conversion de la formulation du mélange en BE via TG2 (Afrique du Sud)



■ ITS_{dry} ■ ITS_{wet} - - - Target ITS_{dry}
 - - - Target ITS_{wet} ■ ITSR - - - Target ITSR



■ Vibratory (dry) ■ Vibratory (wet) ■ Gyratory (dry)
 ■ Gyratory (wet) - - - ITS Dry Target - - - ITS wet Target





Dimensionnement

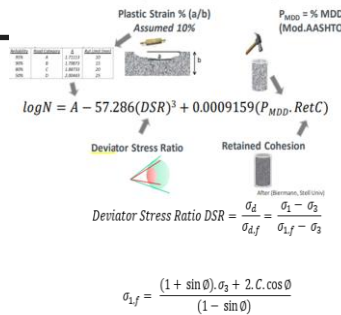


Table 1: Summary of distress models/ transfer functions of common paving materials (recognized in Belgium & worldwide)

Layer	Material	Design parameter	Response location	Failure mode (Terminal condition)	Transfer function N= the maximum allowed number of loading repetitions
AC layers	Bitumen mix	Horizontal tensile strain ϵ_h "m/m"	Bottom	fatigue cracking @ %20 lane area cracked	$N = \left(\frac{0.0016}{\epsilon_h} \right)^{4.76}$
	Bitumen mix with high stiffness AVS	Horizontal tensile strain ϵ_h "m/m"	Bottom	fatigue cracking @ %20 lane area cracked	$N = \left(\frac{0.0081}{\epsilon_h} \right)^{7.39}$
Base layer	Cement stabilised material	Horizontal tensile strain ϵ_h "m/m"	Bottom	fatigue cracking @ %20 lane area cracked	$\log N = 12 - 8000 \cdot \epsilon_h$
	Lean concrete (gravel)	Horizontal tensile stress σ_h "MPa"	Bottom	fatigue cracking @ %20 lane area cracked	$\log N = 14 + \left(1 - \frac{\sigma_h}{1.20} \right)$
	Lean concrete (gravel-bitumen)	Horizontal Tensile strain ϵ_h "m/m"	Bottom	fatigue cracking @ %20 lane area cracked	$N_f = \left(\frac{0.00111}{\epsilon_h} \right)^5$
	Foam-BSM / Emulsion-BSM Stabilized material	Deviator Stress Ratio DSR	Roughly at top ¼ depth in BSM	shear permanent deformation @ 10mm rut-depth with Reliability 99%	Stellenbosch BSM Design Function (1): $\log N = A - 57.286(DSR)^3 + 0.0009159(P_{MDD} \cdot RetC)$
Subgrade	Sand/clay ...	Compressive vertical strain ϵ_v "m/m"	Top	permanent deformation @ 12.5mm rut-depth	$\frac{1}{N} = \left(\frac{\epsilon_v}{0.011} \right)^{1/0.28}$

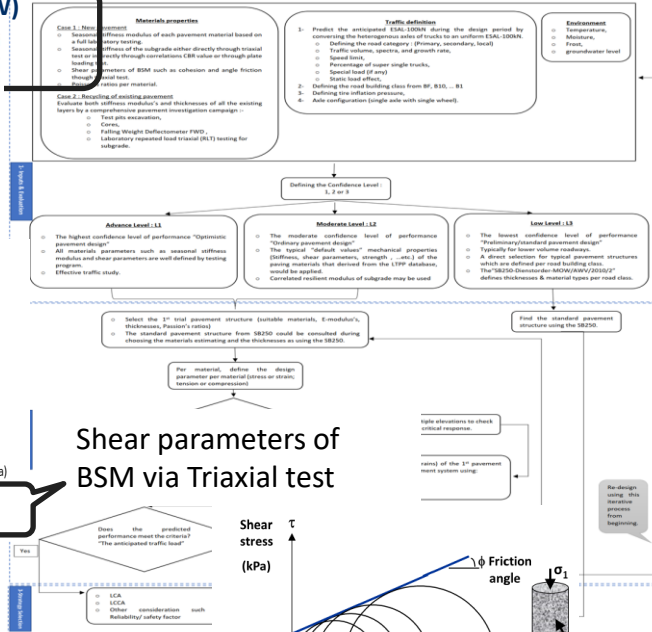
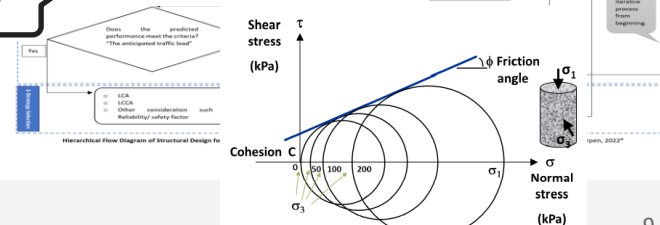
Stellenbosch BSM function (NEW)

New Mechanistic Empirical Structural Design Function



- DSR Deviator Stress Ratio
- σ_1 Major principle stress in the layer (KPa)
- σ_3 Minor principle stress in the layer (KPa)
- σ_{1f} Major principle stress at failure from a triaxial test (KPa)
- C Cohesion value of BSM from project mix design (KPa)
- ϕ Friction Angle of BSM from project mix design

Shear parameters of BSM via Triaxial test



Dimensionnement: Structure-type



Standard structure for Road class B4 (Refined)	Structure with BSM base (1 AC layer=40mm)	Structure with BSM base (1 AC layer=50mm)	Structure with BSM base (2 AC layer cover)
4th standard structure			
40mm Top AC layer = SMA-C $E_{30C}=4000\text{MPa};$ $E_{15C}=8000\text{MPa};$ $E_{0C}=16000\text{MPa}$	40mm Top AC layer = APT $E_{30C}=4000\text{MPa};$ $E_{15C}=8000\text{MPa};$ $E_{0C}=16000\text{MPa}$	50mm Top AC layer = APT $E_{30C}=4000\text{MPa};$ $E_{15C}=8000\text{MPa};$ $E_{0C}=16000\text{MPa}$	40mm Top AC layer = SMA-C $E_{30C}=4000\text{MPa};$ $E_{15C}=8000\text{MPa};$ $E_{0C}=16000\text{MPa}$
70mm AC underlayer = APO-A $E_{30C}=5000\text{MPa};$ $E_{15C}=10000\text{MPa};$ $E_{0C}=20000\text{MPa}$	300mm Base layer =Foam-BSM (B2,2%, F1%) $E = 800\text{MPa}$	300mm Base layer =Foam-BSM (B2,2%, F1%) $E = 800\text{MPa}$	60mm AC underlayer = APO-A $E_{30C}=5000\text{MPa};$ $E_{15C}=10000\text{MPa};$ $E_{0C}=20000\text{MPa}$
300mm Base layer = cemented stabilized crushed aggregates $E = 4000\text{MPa}$			250mm Base layer =Foam-BSM (B2,2%, F1%) $E = 800\text{MPa}$
300mm Subbase = Sand type I $E = 250\text{MPa}$	450mm Subbase = Sand type I $E = 250\text{MPa}$	450mm Subbase = Sand type I $E = 250\text{MPa}$	300mm Subbase = Sand type I $E = 250\text{MPa}$
Subgrade = Sand $E = 50\text{MPa}$	Subgrade = Sand $E = 50\text{MPa}$	Subgrade = Sand $E = 50\text{MPa}$	Subgrade = Sand $E = 50\text{MPa}$
Lowest N = base layer = CSM $N_{20}= 11.226.854$ ESAL-100kN	Lowest N = base layer = BSM $N_{20}= 8.423.034$ ESAL-100kN	Lowest N = AC layer = APT $N_{20}= 3.823.014$ ESAL-100kN (AC layer APT)	Lowest N= AC layer $N_{20}= 2.297.501$ ESAL-100kN (AC layer)
CSM layer is the critical layer $N_{20}= 11.226.854$ ESAL-100kN	BSM layer is the critical layer $N_{20}= 8.423.034$ ESAL-100kN	(OFFICIALLY; BSM layer is the critical layer) $N_{20}= 13.344.089$ ESAL-100kN (BSM)	(OFFICIALLY; Subgrade layer is the critical layer) $N_{20}= 10.878.875$ ESAL-100kN (subgrade)
Structurally and economically feasible/acceptable for B4 that has a range of (8MESAL to 16MESAL)	Structurally and economically feasible/acceptable for B4 that has a range of (8MESAL to 16MESAL)	Structurally and economically feasible/acceptable for B4 that has a range of (8MESAL to 16MESAL)	Structurally and economically feasible/acceptable for B4 that has a range of (8MESAL to 16MESAL)

Table 18: Recommended standard structures based on AWW Standards according to the Flemish AWW Agency (MOW/AWW/2017/4)

Bitumineuze verharding op een steenslagfundering										
	dikte van de lagen in cm									
bouwklasse	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
verharding	-	-	-	25	23	20	18	16	14	12
fundering	-	-	-	40	35	35	30	25	25	20

Bitumineuze verharding op een behandelde steenslagfundering										
	dikte van de lagen in cm									
bouwklasse	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
verharding	-	-	-	23	21	19	16	14	12	11
fundering	-	-	-	35	30	25	25	20	20	20

Bitumineuze verharding op een gestabiliseerde steenslagfundering										
	dikte van de lagen in cm									
bouwklasse	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
verharding	23	22	20	19	17	16	15	14	13	12
fundering	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

Bitumineuze verharding op een schraalbetonfundering										
	dikte van de lagen in cm									
bouwklasse	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
verharding	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
fundering	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25



Les phases suivantes



- Sélection des trois planches d'essai : Site Viabuild, Alost
- Études préliminaires
- Mesures réelles pendant l'exécution: coût énergétique, transport
- Échantillonnage pour comparaison en laboratoire et sur site
- Comparaison LCA et LCCA avec des fondations conventionnelles
- Séminaires, formation, publications

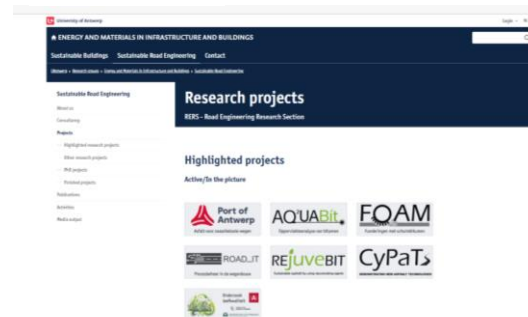




**Merci beaucoup
pour votre attention**

<https://www.uantwerpen.be/en/research-groups/emib/rers/>

<https://www.uantwerpen.be/en/research-groups/emib/rers/activities/ais/>





UNE ORGANISATION



ABR

Association
Belge de la Route



AGENTSCHAP
WEGEN & VERKEER

AVEC LE SOUTIEN DE



Centre de
recherches routières



BRUXELLES MOBILITÉ
SERVICE PUBLIC RÉGIONAL DE BRUXELLES



FBEV

Fédération Belge des Entrepreneurs de Travaux de Voirie asbl



Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



Contact



Wim Van den bergh



++32 (0)- 486 79 8686



Wim.Vandenbergh@uantwerpen.be

