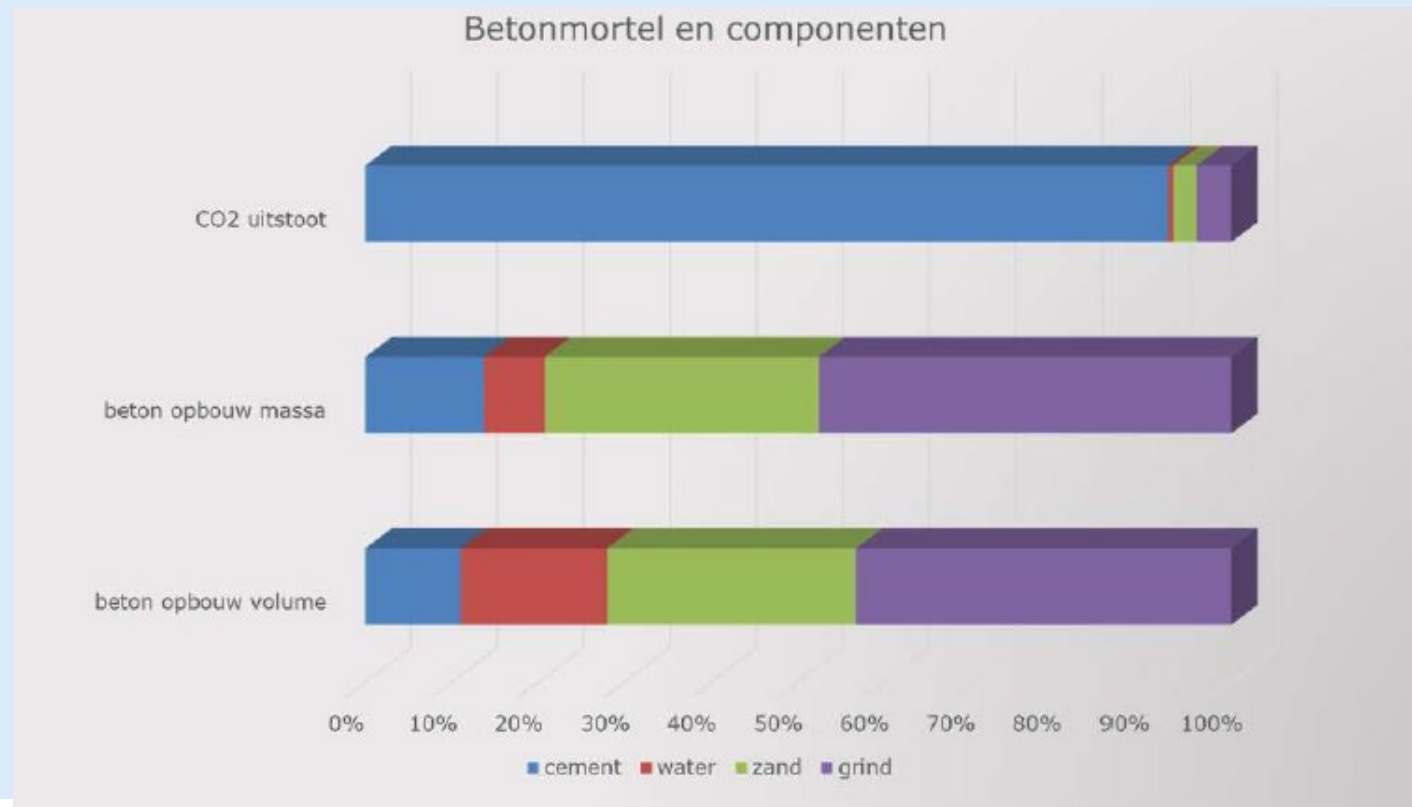


KADEMUUR GEOPOLYMEERBETON 2^E PETROLEUMHAVEN



CO2 UITSTOOT BETON

- 8% van de wereldwijde CO2 uitstoot
- Het bindmiddel dominant in de CO2 uitstoot



PILOT PROJECT

Duurzaamheidsdoelstelling

Vanuit innovatiebudget ruimte om te ontwikkelen

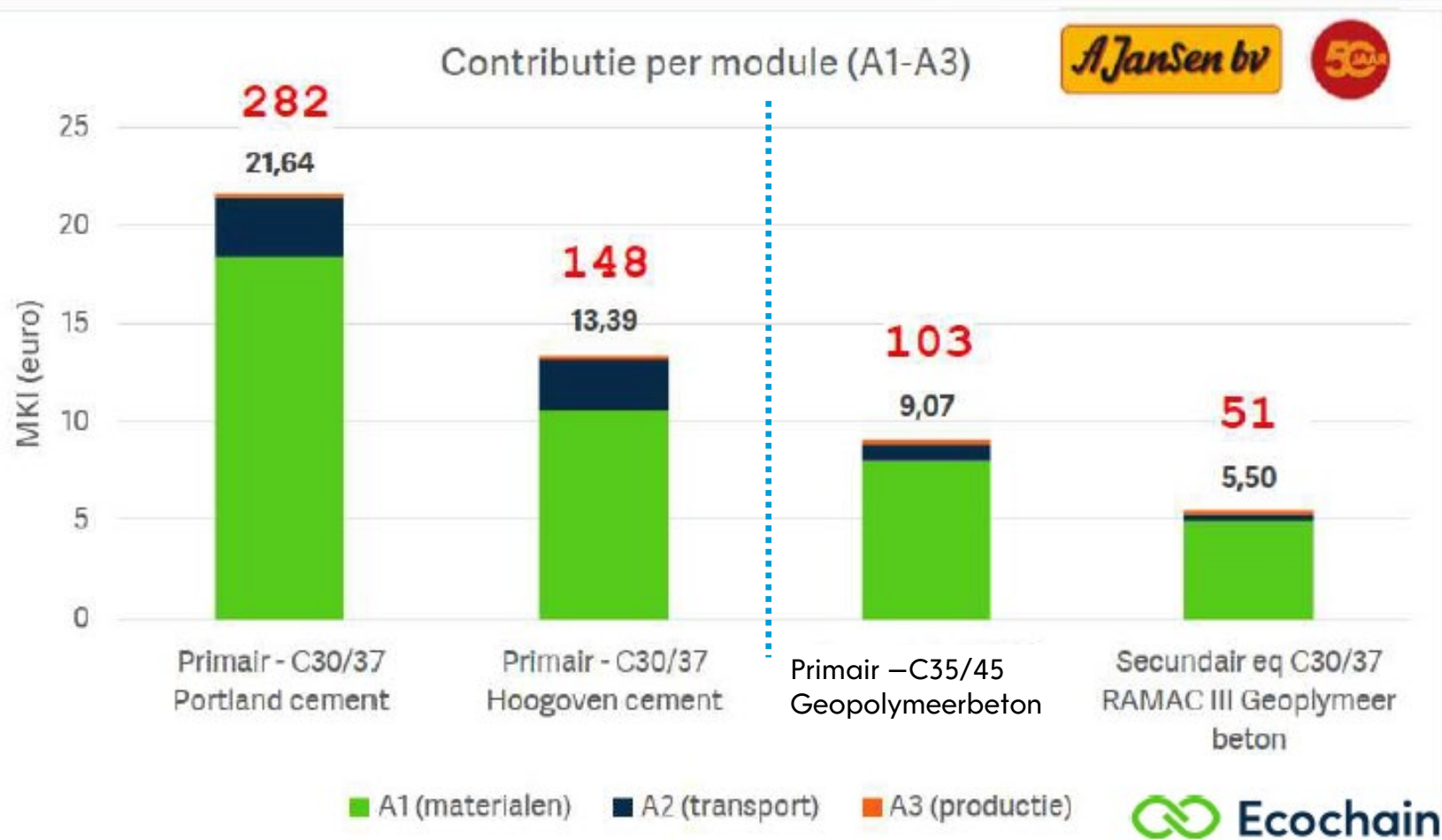
Stappenplan

Stip op de horizon

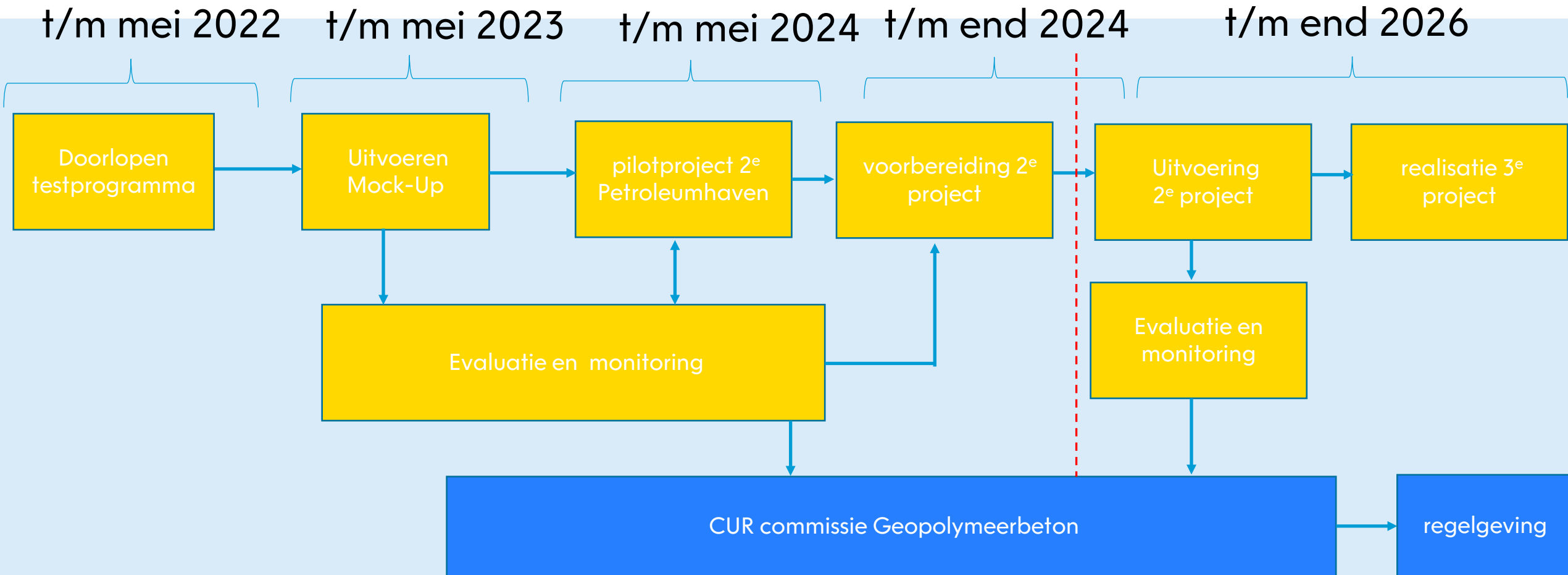
Roadmap geopolymeerbeton



INZICHT IN CO2 EMISSIE BETONPRODUCTEN



PLANNING



LABTESTEN

Milieuimpact

- Reductie ruim 50 % CO₂

Plastische fase

- Schudmaat, zetmaat, volumiekemassa, bindtijd

Mechanische eigenschappen

- Druksterkte, treksterkte, buigtreksterkte, E-modulus, krimp, dwarskracht

Fysieke eigenschappen

- Carbonatatatie, zeewaterbestendigheid, voorst/dooi bestandheid, ASR, Chlorideindringing, waterdichtheid

Uitlooggedrag

- Klomproef, diffusieproef



RESULTS LABTESTEN

Kleur	Beoordeling
groen	resultaat is beter i.v.m. traditioneel beton (TB)
geel	resultaat is afwijkend
rood	resultaat wijkt duidelijk af
blauw	geen eis gesteld
grijs	wordt nog uitgevoerd

Nr.	Aspect	ZV	MV		Toetscriterium	Resultaat
0 Andere aspecten (ZV)						
1	CO2 reductie		X	groen	GWP en MKI lager dan C35/45 TB	GWP (54 %) en MKI (72 %) t.o.v. TB C35/45
A Plastische fase (MV/ZV)						
2	Schudmaat	X	X	geel	F4 (490-550 mm)	Schudmaat ZV 470 mm; MV 500 mm
3	Zetmaat	X	X	blauw	Geen	Zetmaat ZV 200 mm; MV 200 mm
4	Volumieke massa	X	X	blauw	Geen	Volumieke massa ZV 2363 kg/m³; MV 2397 kg/m³
5	Retentietijd na 0,15,30,45,60,90 min	X	X	groen	Terugloop (na 90 min): <100-150 mm	Terugloop schudmaat: 125 Mm, mengsel C en 95 mm, mengsel D
6	Bindtijd (HUMM sonde)	X	X	geel	> 225 minuten	Indringdiepte bereikt na ongeveer 135 min (ZV) en na ongeveer 165 min (MV)

MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN

Nr.	Aspect	ZV	MV		Toetscriterium	Resultaat
7	Kubus druksterkte	X	X		$f_{ck} > 45 \text{ N/mm}^2$	Gemiddeld 28 dagen ZV: $57,4 \text{ N/mm}^2$, MV: $50,9 \text{ N/mm}^2$
8	Kubus splijttreksterkte	X	X		$4,0\text{-}4,5 \text{ N/mm}^2$	ZV: 28 dagen $4,3 \text{ N/mm}^2$; MV: 28 dagen $5,9 \text{ N/mm}^2$
9	Berekenen directe treksterkte	X			$f_{ctm} = 3,2 \text{ N/mm}^2$ (C35/45)	ZV $3,9 \text{ N/mm}^2$ (splijtproef) en $4,6 \text{ N/mm}^2$ (buigproef)
10	E-modulus	X	X		$30000\text{-}35000 \text{ N/mm}^2$ (afhankelijk toeslag)	28 dagen MV: 32100 N/mm^2 , ZV: 30833 N/mm^2
11	Autogene krimp	X	X		EC2 vergelijking	91 dagen: Autogene krimp 76% (ZV) en 95 % (MV) totale krimp
12	Uitdrogingskrimp	X	X		EC2 vergelijking	91 dagen: Uitdrogingskrimp 24 % (ZV) en 5 % (MV)
13	Totale krimp	X	X		Totale krimp: $0,45 \text{ mm/m}$ of iets meer	91 dagen ZV $-0,58 \text{ mm/m}$; MV $-0,55 \text{ mm/m}$
14	Pull-out test	X	X		C30/37 beton/geribde staven/ $d=12 \text{ mm}$: $8\text{-}11 \text{ N/mm}^2$	ZV $27,7 \text{ N/mm}^2$; MV $27,6 \text{ N/mm}^2$
15	3-puntsbuigtreksterkte (alleen ZV)	X			$7\text{-}12 \text{ N/mm}^2$, Eurocode $5,2 \text{ N/mm}^2$	$7,4 \text{ N/mm}^2$
16	Vervormingsgestuurde 3-puntsbuig-trek (alleen MV)		X		$f_{R1} = 5,8 \text{ N/mm}^2$ / $f_{R3} = 6,3 \text{ N/mm}^2$	$f_{R1} = 6,9 \text{ N/mm}^2$ / $f_{R3} = 6,6 \text{ N/mm}^2$
17	Dwarskrachtcapaciteit	X			110 kN of meer (EC) voor TB 96 kN of meer (EC) voor GPB	Gemiddelde maximum belasting TB $206,4 \text{ kN}$ Gemiddelde maximum belasting GPB $197,3 \text{ kN}$

FYSIEKE EIGENSCHAPPEN

Nr.	Aspect	ZV	MV		Toetscriterium	Resultaat
18	Thermische uitzettingscoëfficiënt	X			$12 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$	Thermische uitzetting is gemiddeld 25 % hoger
19	Carbonatatieweerstand	X			Natuurlijke carbonatatie na 1 jaar = 4-6 mm	Na 70 dagen bij 1,0 % CO_2 -gehalte is diepte carbonatatiefront 11 mm
20	Chlorideindringingsweerstand	X			$\leq 5,5 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	$1,1 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
21	ASR-aantasting	X			Expansie < 0,1 %	Expansie < 0,1 %
22	Sulfaat- en zeewaterbestandheid	X			Expansie < 0,4 mm/m (182 dagen)	Proeven lopen (6 m), 3 maanden: < 26 % van grenswaarde
23	TEM (op kubussen druksterkte)	X			$> 200 \text{ } \Omega \times \text{m}$	$201 \text{ } \Omega \times \text{m}$
24	Vorst-dooizoutbestandheid,	X			14 cycli: $1,5 \text{ kg/m}^2$ verlies (CDF test)	28 cycli: $0,75 \text{ kg/m}^2$ verlies (slab-test)
25	Vloeistofdichtheid	X			Indringing < 30 mm	Waterindringing: 22 mm

UITLOOGGEDRAG

Nr.	Aspect	ZV	MV		Toetscriterium	Resultaat
26	Kolomproef	X			Voldoen aan besluit bodemkwaliteit	Geen waarde overschreden
27	Diffusieproef	X			Voldoen aan besluit bodemkwaliteit	Geen grenswaarden voor Na en K in het Besluit bodemkwaliteit.
28	Uitspoelproef	X			5% uitwassing	32,7%

DWARSKRACHT PROEVEN

	Regulier beton			
Test	Datum	Leeftijd [d]	Druksterkte [MPa]	Max. belasting [kN]
1	15-6-2023	75	78,2	223,5
2	16-6-2023	76	78,3	207,0
3	19-6-2023	79	78,6	188,6

Gemiddelde	206,4
Standaard afwijking	17,5
EC2 berekening UGent	110,0
Test / EC2	1,88

	Geopolymeerbeton			
Test	datum	leeftijd [d]	Druksterkte [MPa]	Max. belasting [kN]
1	19-6-2023	59	50,5	184,0
2	20-6-2023	60	50,6	196,6
3	20-6-2023	60	50,6	210,4

Gemiddelde	197,0
Standaard afwijking	13,2
EC2 berekening UGent	96,0
Test / EC2	2,05



PROEFSTORT



- Praktische aspecten
- Storten met vezels
- Nabehandeling
- Dwarskrachtbalken
- Conservering thermisch verzinkte onderdelen

PROEFSTORT



CONSTRUCTION FASE



PRODUCTION PRECAST ELEMENTS



TRANSPORT AND PLACEMENT



PLACEMENT AND ONSITE CASTING



WORK IN PROGRES AND TOP LAYER



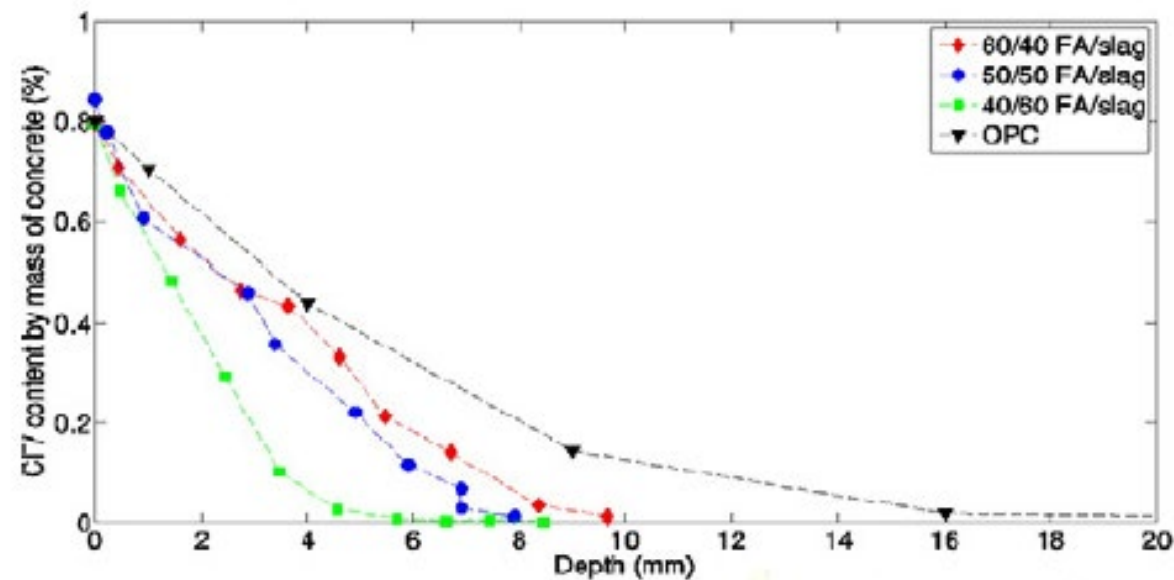
ONSITE CASTING AND POST TREATMENT



END RESULT



CHLORIDE INDRINGING LITERATUUR



OPC



Geopolymer

Table 3

Chloride diffusion coefficient and surface chloride content of concrete.

Geopolymer formulation	Surface Cl ⁻ . % (C _s) (%wt by concrete mass)	Apparent chloride diffusion coefficient (D _a) 10 ⁻¹² m ² /s
60/40 FA/slag	0.80	5.17
50/50 FA/slag	0.89	2.38
40/60 FA/slag	0.81	1.01
OPC	0.80	6.70

Table 5

Age factor of concrete.

Mix proportions	Age factor of concrete (m)
60/40 FA/Slag	0.407
50/50 FA/Slag	0.604
40/60 FA/Slag	0.509
OPC	0.192

CHLORIDE INDRINGING MONITORING HBR

GPG gebaseerd op hoogovenslak en vliegas heeft een hoge residentie tegen chloride indringing

Lage diffusie coëfficiënt ($1,1 \cdot 10^{-12}$)

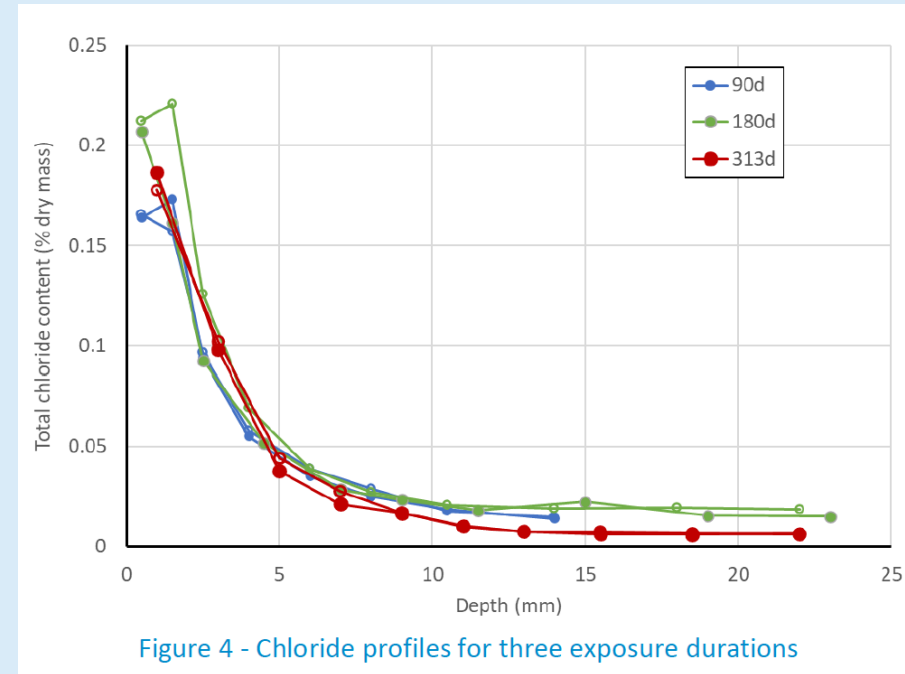
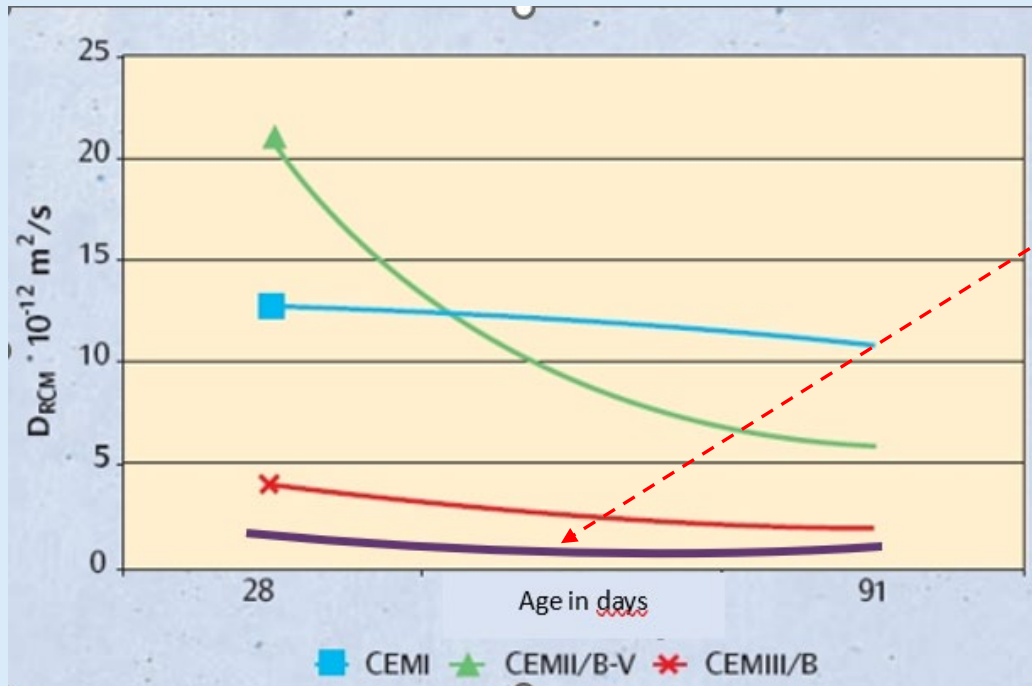
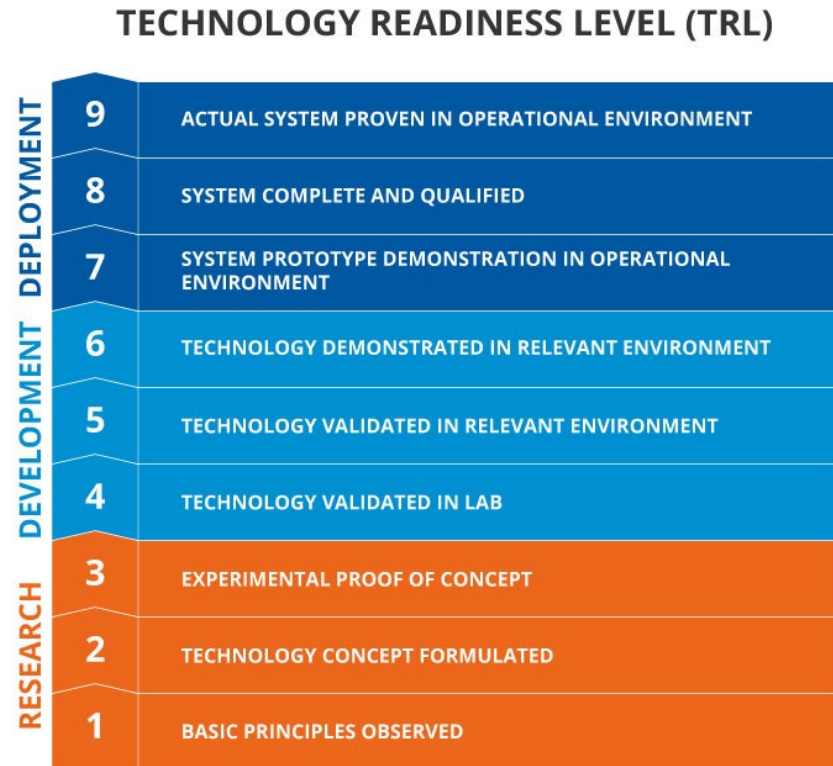


Figure 4 - Chloride profiles for three exposure durations

ROADMAP GPC



2023/2024 Shell 2^e Petroleumhaven 550 m³

2025 trekproef Haalkom

2025 Yangtzekanaal fase B 15.000 m³

2025 Steigerdek

2025/2026 Binnenvaart kade Europa haven
11.000 m³

2027-2030 Europa haven 300.000 m³

TOEKOMST

- Collectief de toepassing van beton met een lagere CO2 footprint verder brengen.
- In projecten toepassen en kennis uitwisselen.
- Experimenteren met alternatieve bindmiddelen.
- Ook binnen bestaande regelgeving nu al mogelijkheden

	XC1-XC3	XC4 - XD2 - XA1	XD3 - XS3
C20/25	10-15%	-	-
C25/30	10-15%	15-20%	-
C30/37	15-20%	15-20%	15-20%
C35/45	15-20%	15-20%	15-20%
C45/55	20-25%	20-25%	20-25%
C55/67	20-25%	20-25%	20-25%

Tabel 1 Overzicht cementreductie per sterkteklasse en milieuklasse

VRAGEN ?

