

1 **BETONBESTANDDELEN**

2 **BETON MAKEN**

3 **VERS BETON**

4 **VERHARD BETON**

2

BETON MAKEN

a- PRINCIPES

2a beton samenstellen

b- PRAKTIJK

2b1 beton voorschrijven volgens de normen NBN EN 206-1 & NBN B 15-001

2b2 betoncentrale

2b3 betonfabriek (prefab)

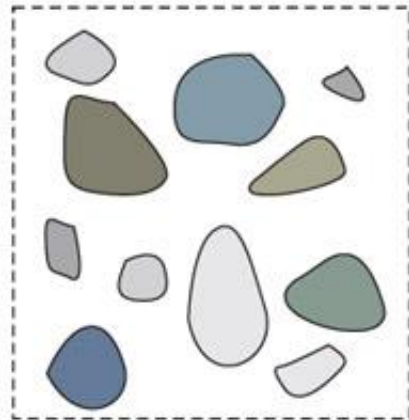
2b4 bouwplaats

2a

beton samenstellen

constructieve eisen

*mechanische weerstand
duurzaamheid*



grove granulaten

+



mortel

grind / steenslag

zand

cement

water

(hulpstoffen)

(toevoegsels)

ZAND-CEMENTFACTOR

VERHOUDING WATER / FIJNE DEELTJES

KORRELVERDELING

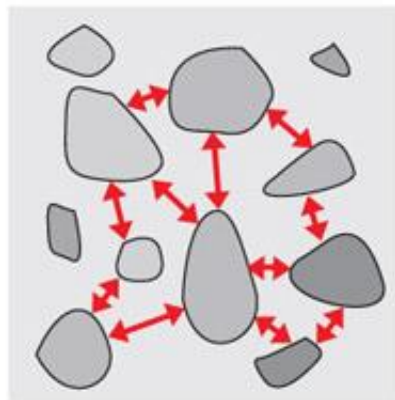
WATER-CEMENTFACTOR

2a beton samenstellen

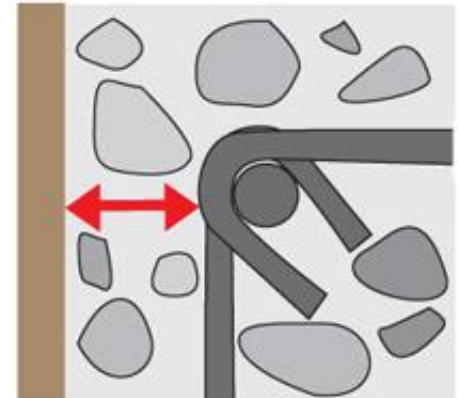
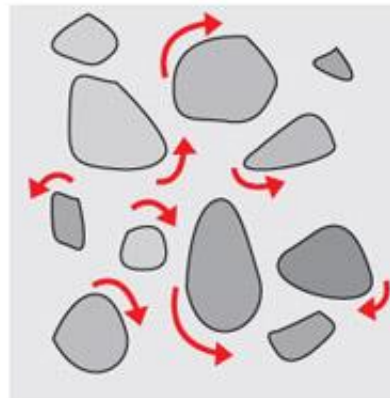
uitvoeringseisen



cohesie



verwerkbaarheid



GEHALTE AAN
FIJNE DEELTJES

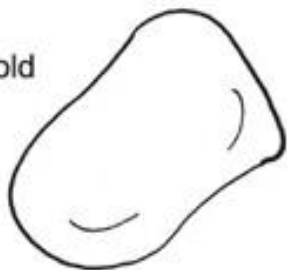
HOEVEELHEID WATER
+ (SUPER)PLASTIFICEERDER/
WATERREDUCEERDER

KORRELVORM

MAXIMUM KORRELDIAMETER

KORRELVERDELING

gerold



halfgerold



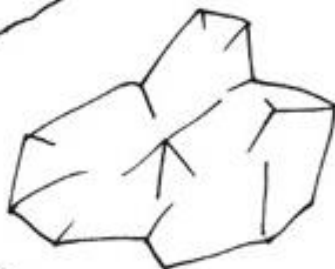
bolvormig



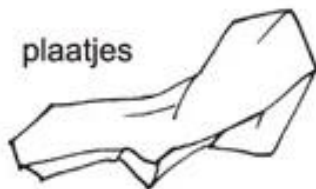
kubusvormig



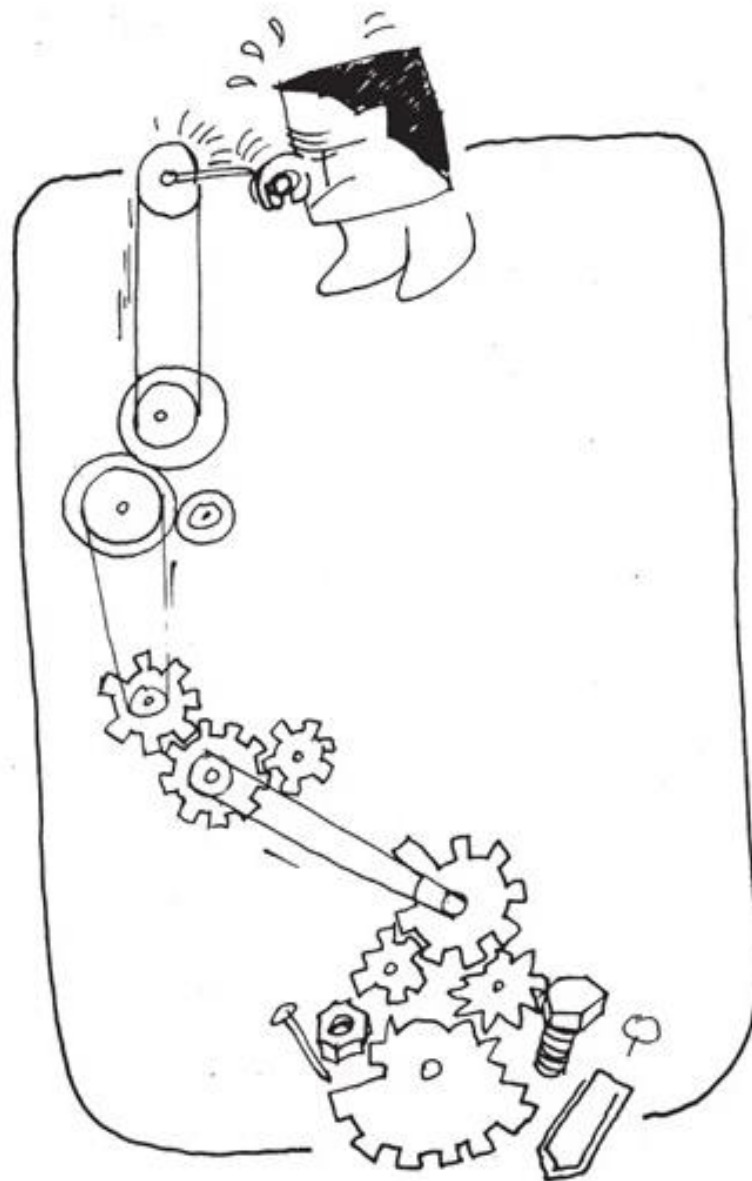
hoekig



plaatjes



naalden



2a beton samenstellen

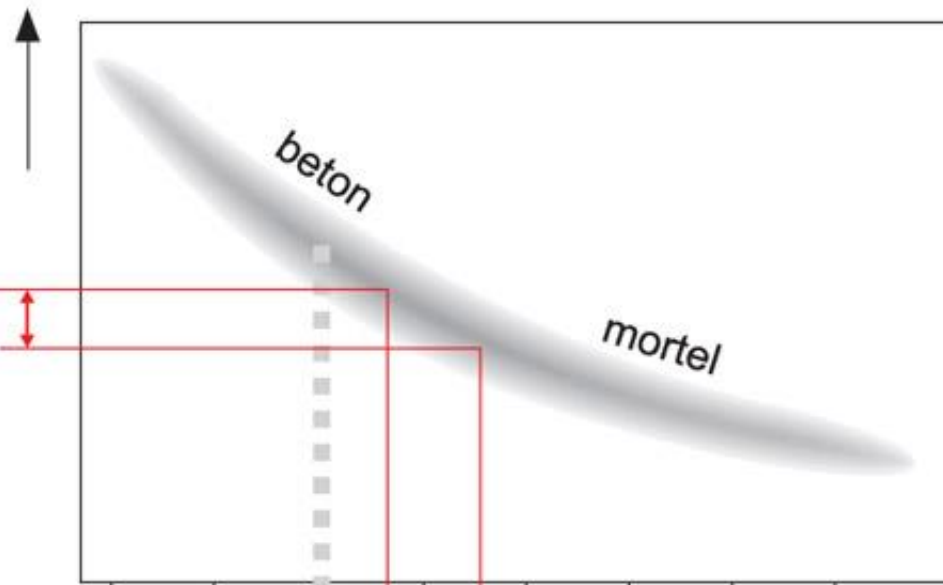
W/C - factor



“zo laag mogelijk !”

uiteindelijke
druksterkte

10 N/mm²



0,5

1,0

W/C - factor

0,1



compact

poreus



1c

1d

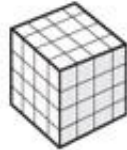
2a beton samenstellen

W/C - factor

$W/C \searrow \Rightarrow$ zo weinig mogelijk water $\Rightarrow$ opgelet met fijn zand !



ZELFDE VOLUME:
VERSCHILLENDE
OPPERVLAK:



$V = 64 \times$ 
4 x S

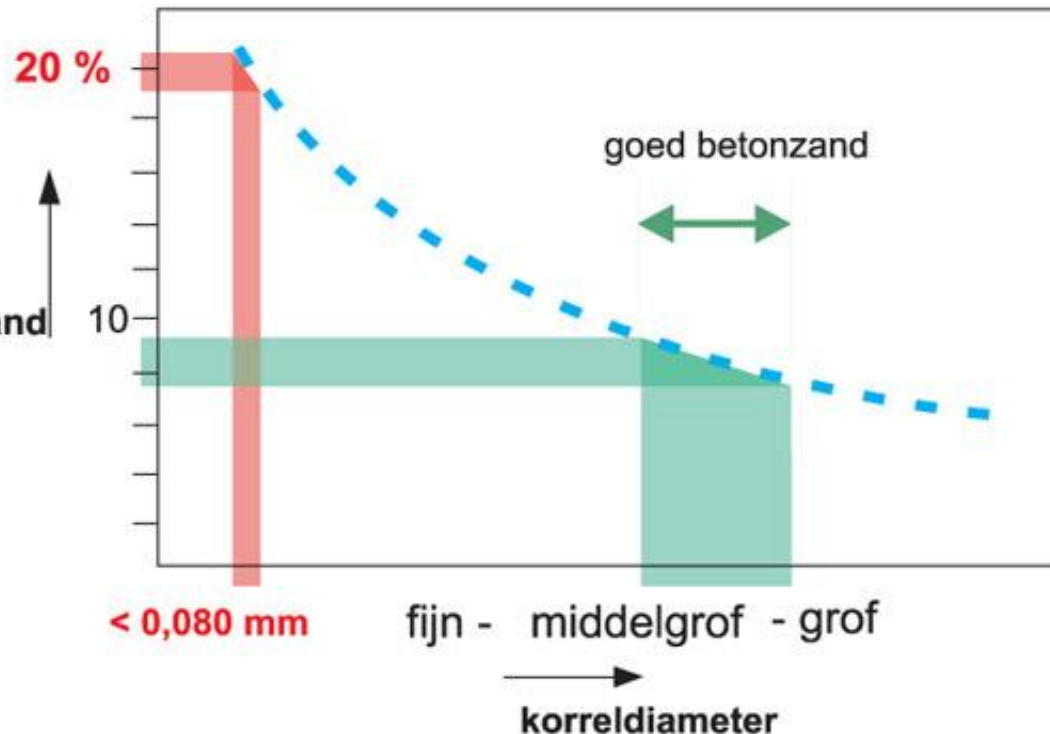


$V = 8 \times$ 
2 x S



V
S

waterbehoefte
in % van de
massa van het zand



2a beton samenstellen

W/C - factor

W/C ↓ ⇒ voldoende cement



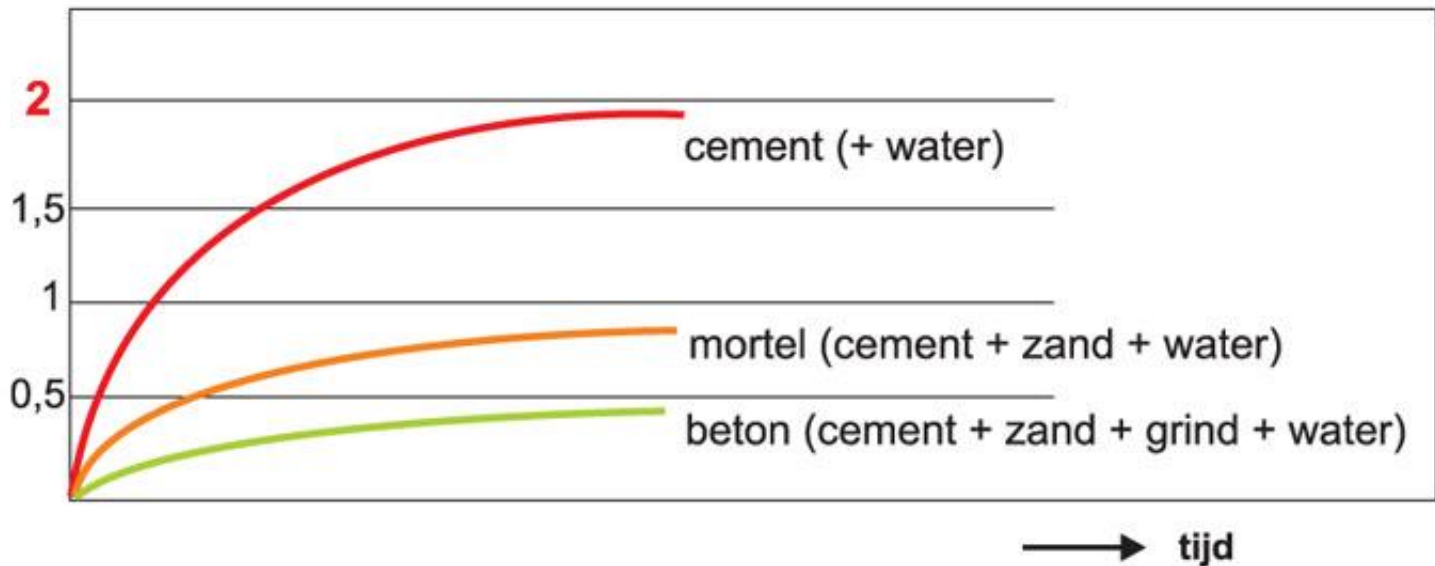
overdosering vermijden ($< 425 \text{ kg/m}^3$) !

krimp

(‰

= mm per m

= cm per 10 m)

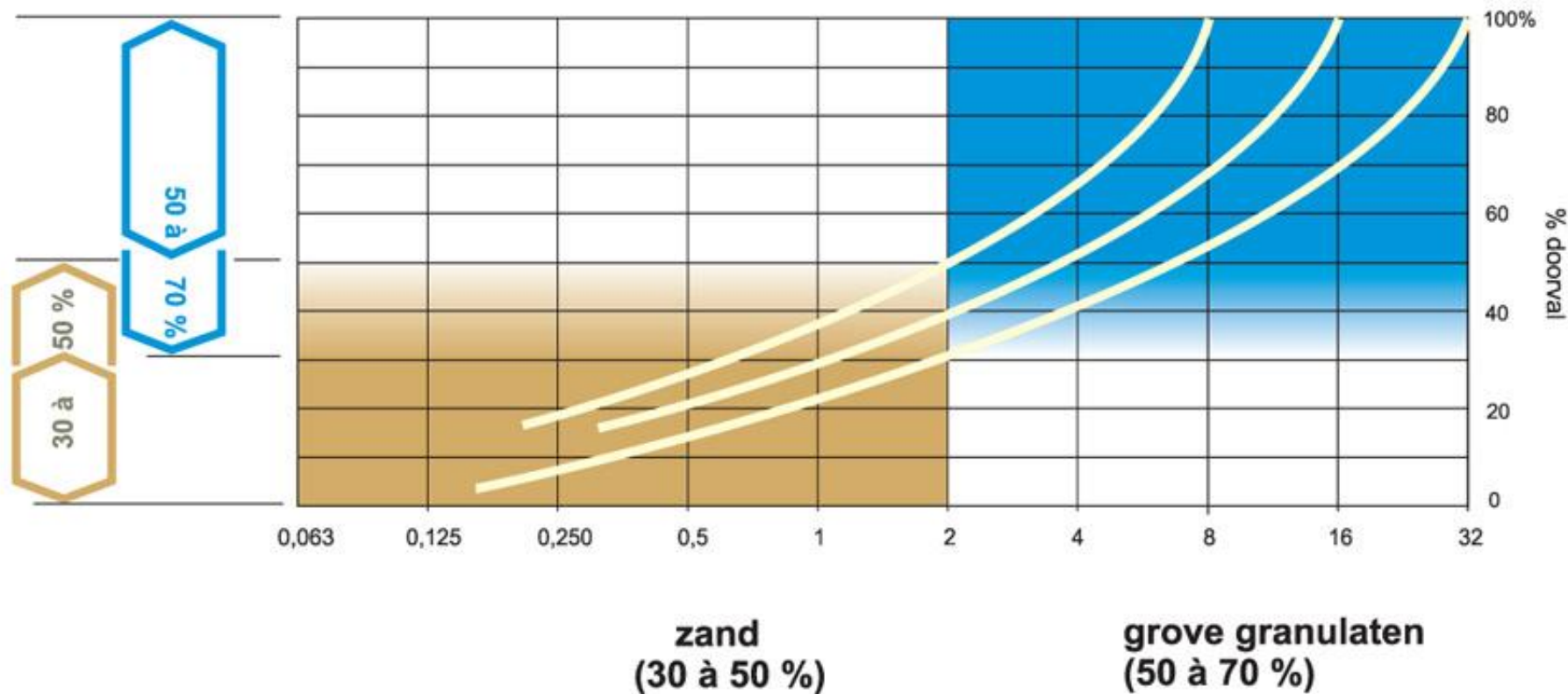


2a beton samenstellen

korrelverdeling



“continu en gespreid !”



2a

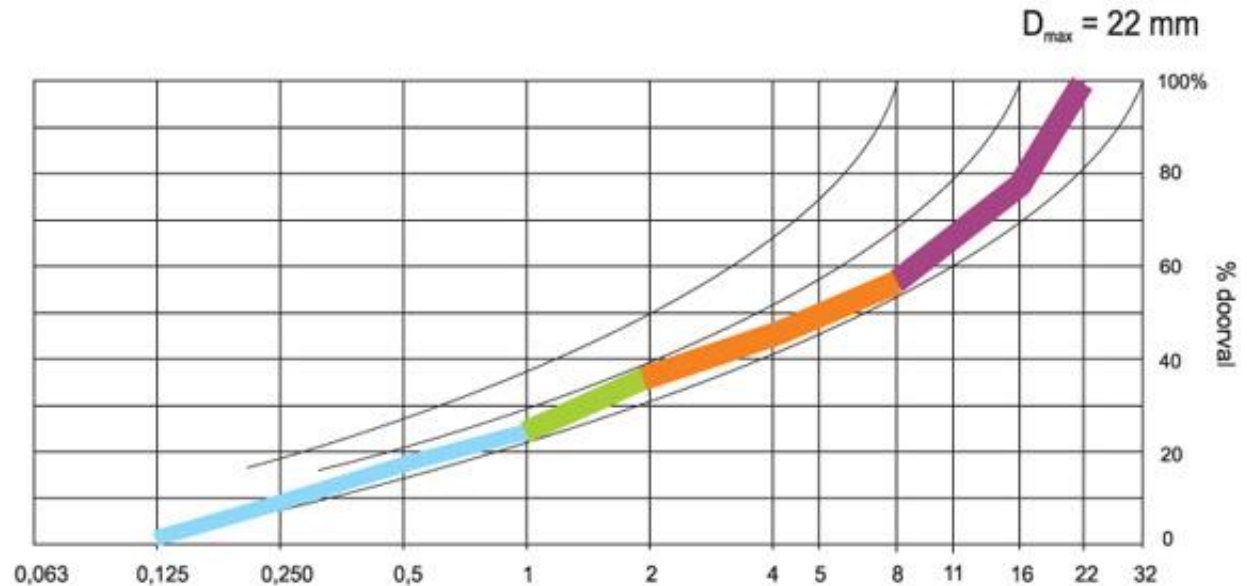
beton samenstellen

korrelverdeling - voorbeeld

gegeven: 4 beschikbare korrelmaten (0/1, 0/2, 2/8 et 8/22)
en hun respectieve korrelverdelingskrommen

gevraagd: korrelverdeling geschikt voor pompbeton

mogelijke oplossing:



(NB: pompbeton veronderstelt een continue korrelverdelingskromme)

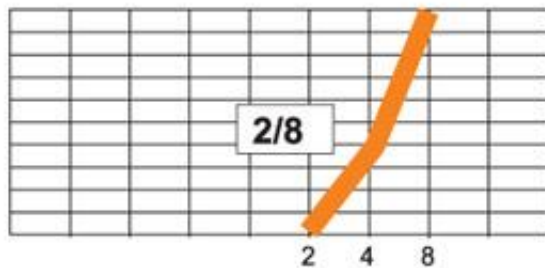
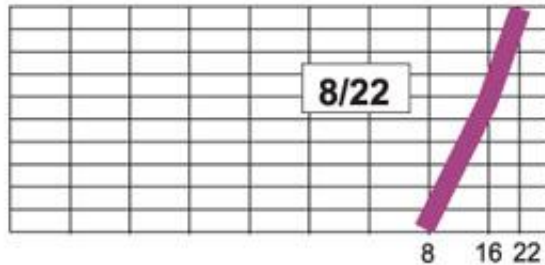
in dit voorbeeld worden de beschikbare granulaten in de volgende verhoudingen gemengd:

8/22: 45 %
2/8: 20 %
0/2: 25 %
0/1: 10 %

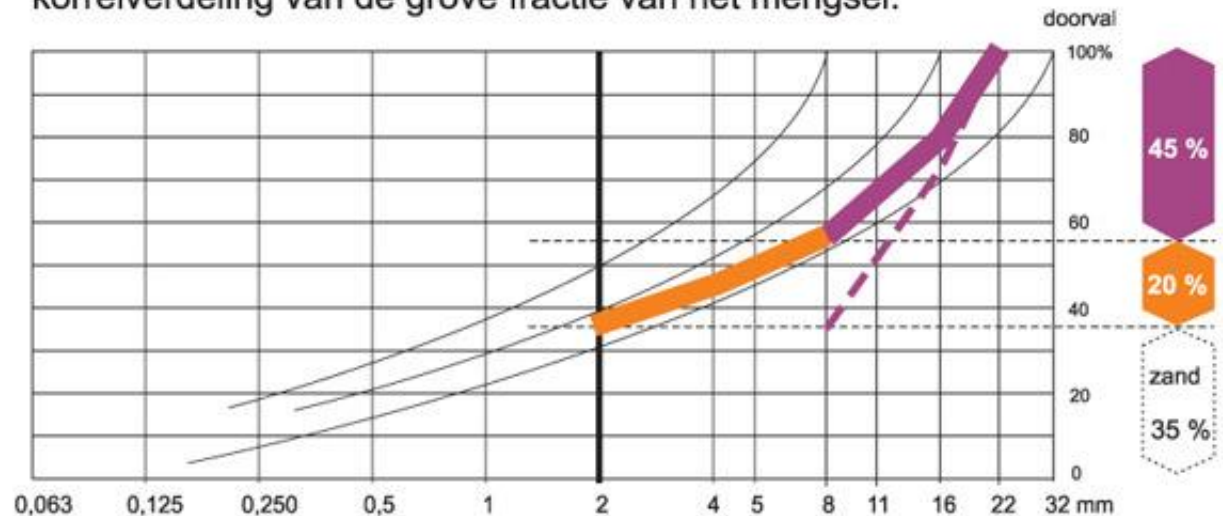
2a beton samenstellen

korrelverdeling - voorbeeld

beschikbare korrelverdelingen:



korrelverdeling van de grove fractie van het mengsel:



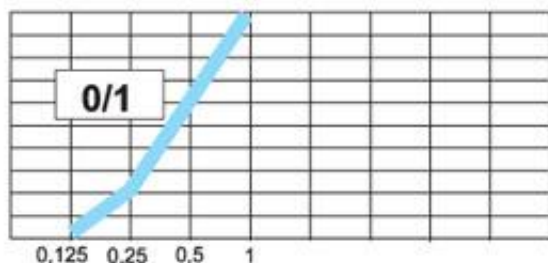
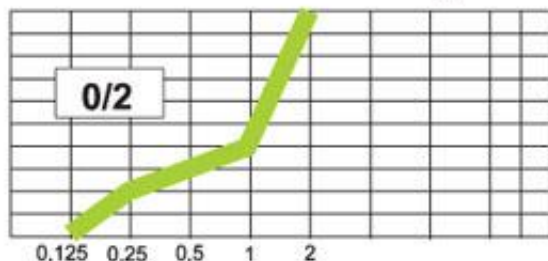
----- grove granulaten enkel bestaande uit 8/22
⇒ te steile kromme

— mengsel 8/22 + 2/8
⇒ verbeterde kromme

2a beton samenstellen

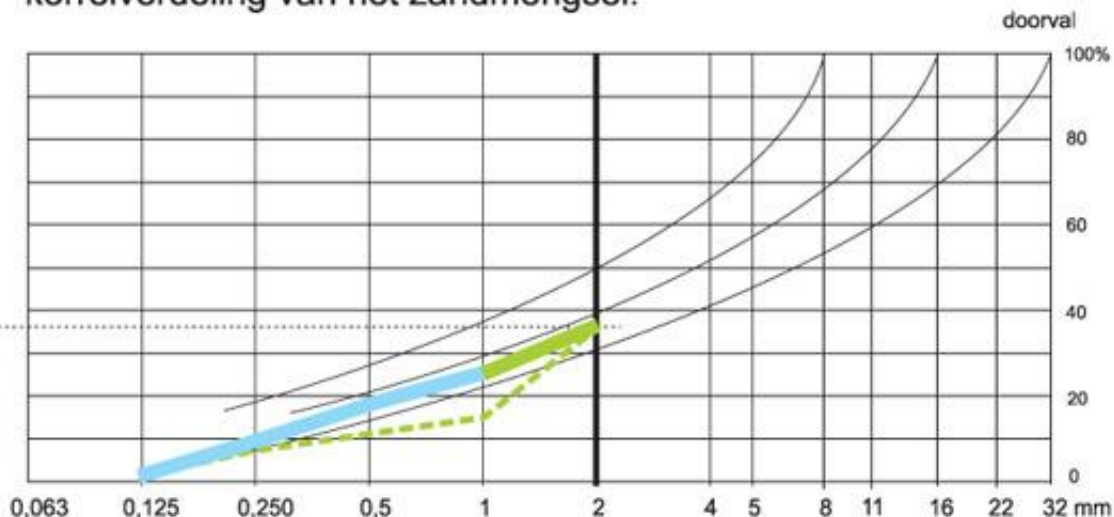
korrelverdeling - voorbeeld

beschikbare korrelverdelingen:



grove
granulaten
65 %
35 %

korrelverdeling van het zandmengsel:



- zandfractie enkel bestaande uit 0/2
⇒ knik in de kromme
(beton moeilijk pompbaar)
- combinatie 0/2 (25 %) + 0/1 (10%)
⇒ verbeterde kromme

**2b1 beton voorschrijven volgens de normen
NBN EN 206-1:2001 & NBN B 15-001:2004**

op basis van

samenstelling

per m³ beton de volgende gegevens aanduiden:

... kg grind of steenslag .../...

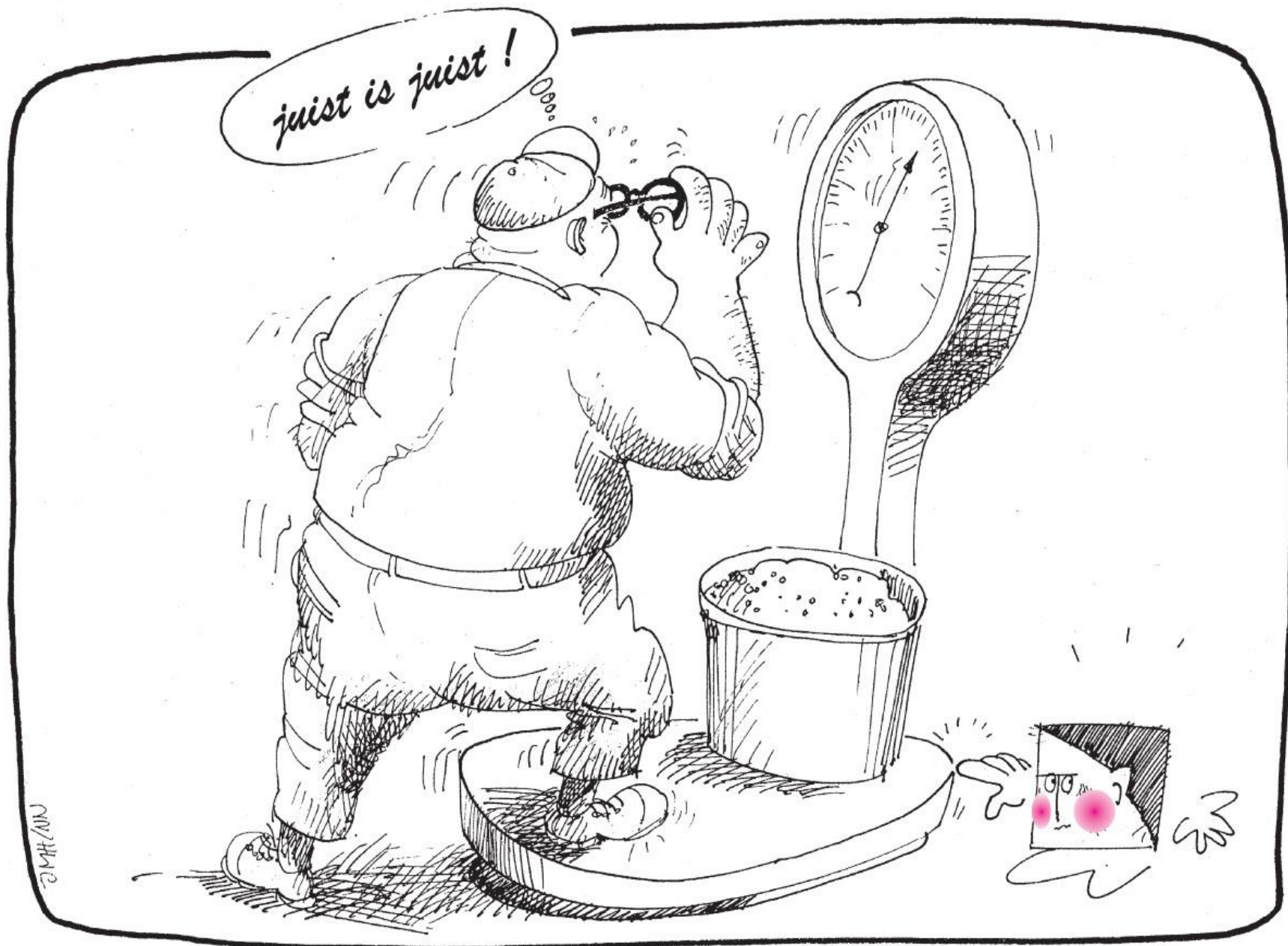
... kg zand .../...

... kg cement ...

... liter water

... (milli)liter (super)plastificeerder ...

etc.

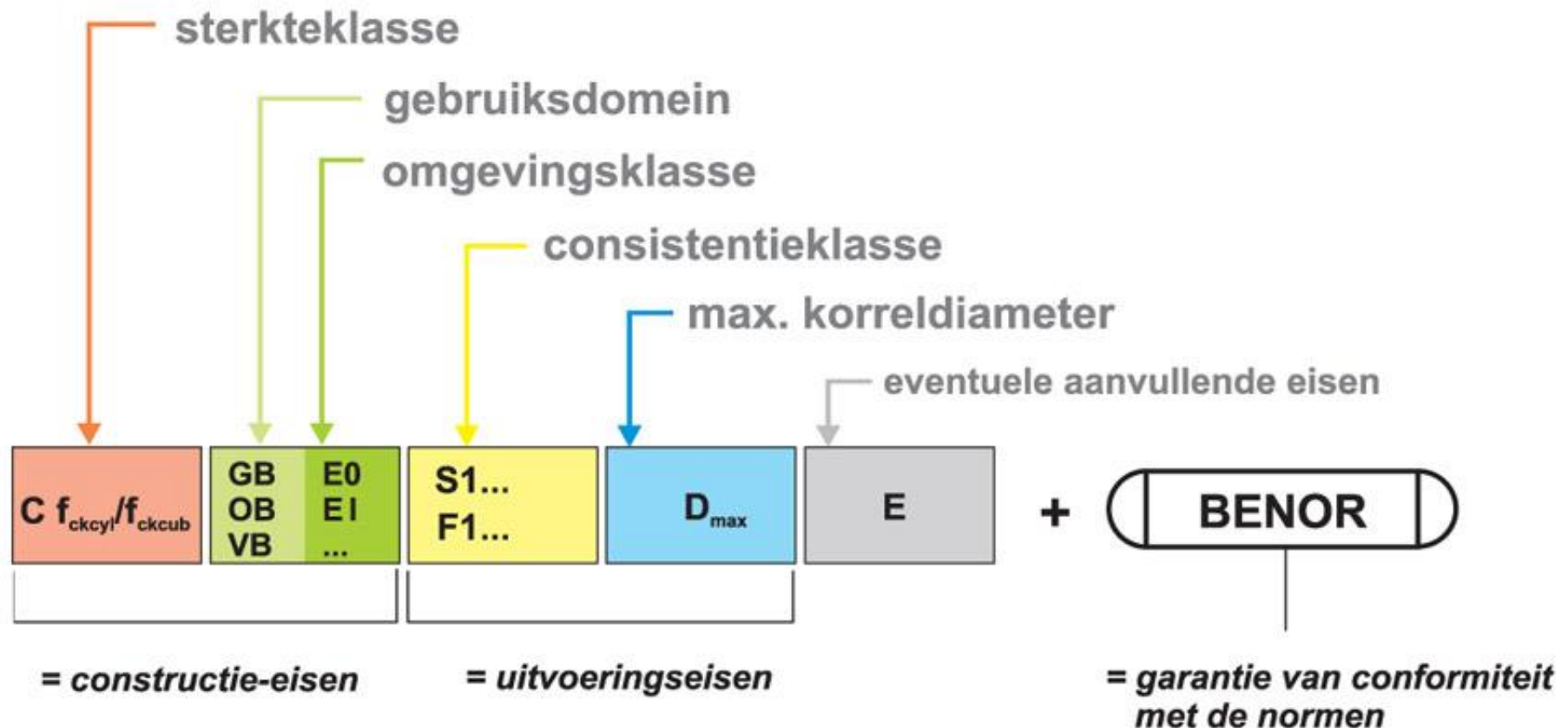


Beton voorschrijven op samenstelling vergt kennis en ervaring ...

2b1 beton voorschrijven volgens de normen NBN EN 206-1:2001 & NBN B 15-001:2004

op basis van

prestaties



2b1 beton voorschrijven volgens de normen NBN EN 206-1 & NBN B 15-001



STERKTEKLASSE
aanduiden :

C f_{ck,cyl} / f_{ck,cub}



Karakteristieke drukweerstand gemeten op proefstukken:

- cylinders of kubussen
- na 28 dagen
- bewaard bij 20 ± 2 °C
- onder water,
of bij relatieve vochtigheid > 90%

Kies uit de volgende klassen :

C 8/10

C 12/15

C 16/20 lichte funderingen

C 20/25 funderingen, ongewapend of lichtgewapend

C 25/30

C 30/37 gewapend beton (kolommen, balken, platen...)

C 35/45

**meest
voorkomende
gevallen**

C 40/50

C 45/55

C 50/60

C 55/67

C 60/75

C 70/85

C 80/95

C 90/105

C 100/115

Hoge-SterkteBeton

2b1 beton voorschrijven volgens de normen

NBN EN 206-1
& NBN B 15-001



GEBRUIKSDOMEIN aanduiden:

OB	= ongewapend beton
GB	= gewapend beton
VB	= voorgespannen beton

gehalte chloride-ionen
(Cl⁻ in % van cementmassa)

↓

≤ 1,0 %
≤ 0,40 %
≤ 0,20 %



~~GB of VB : CaCl₂ of andere hulpstoffen op basis van Cl⁻~~

2b1 beton voorschrijven volgens de normen NBN EN 206-1 & NBN B 15-001



OMGEVINGSKLASSE(N)' aanduiden

Kies uit de volgende mogelijkheden:

(voorbeelden:)

E0 = niet schadelijke omgeving (enkel van toepassing op ongewapend beton)

E I = binnenomgeving

binnenkant woningen en kantoren

EE = buitenomgeving

EE1 = geen vorst

funderingen onder vorstgrens

EE2 = vorst, geen contact met regen

sommige parkeergarages

EE3 = vorst en contact met regen

buitenmuren

EE4 = vorst + dooizouten

delen van wegeninfrastructuur

ES = zeeomgeving

- geen contact met zeewater, wel met zeelucht (tot 3 km landinwaarts) en/of brak water

ES1 = geen vorst

fund. onder vorstgrens, in contact met brak water

ES2 = vorst

buitenmuur aan de kust

- contact met zeewater

ES3 = ondergedompeld

ES4 = getijden-/spatzone

kaaimuur

EA = agressieve omgeving (altijd in combinatie met één van voornoemde omgevingsklassen, bijv.: EA2 + EE1, EA3 + EE3)

EA1 = zwak agressief

EA2 = middelmatig

mestkelders onder stal

EA3 = sterk

sleufsilo's



2b1 beton voorschrijven volgens de normen NBN EN 206-1 & NBN B 15-001

DUURZAAMHEIDSEISEN

- min. druksterkteklasse (*)
- min. cementgehalte (kg/m³)
- max. W/C
- min. luchtgehalte ('Air') (%)
(% ↑ als D_{max} ↓)

C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C20/25	C30/37	C25/30	C35/45	C30/37
-	-	260	280	300	300	320	320	340	340
1,50	1,00	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45
					4, 5 of 6		4, 5 of 6		4, 5 of 6

"BETONTYPES"

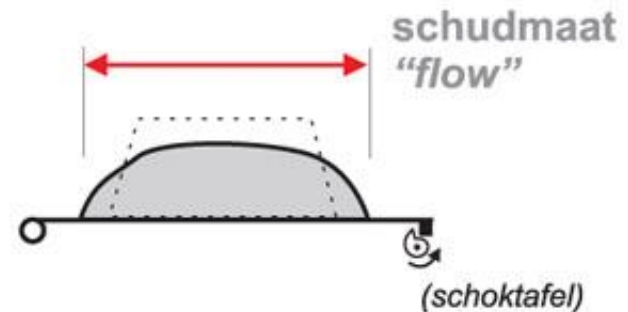
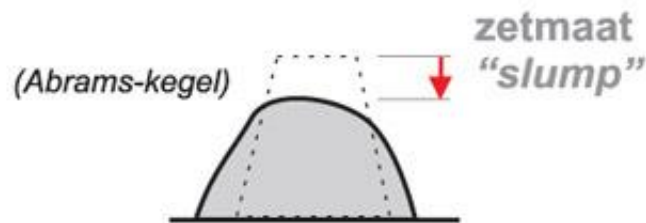
T(1,50)	T(1,00)	T(0,65)	T(0,60)	T(0,55)	T(0,55)A	T(0,50)	T(0,50)A	T(0,45)	T(0,45)A
---------	---------	---------	---------	---------	----------	---------	----------	---------	----------

			in geval van OB	in geval van GB of VB	+ ANDERE EISEN <i>(bijvoorbeeld :)</i> vorstbestendige granulaten cement met hoge bestandheid tegen sulfaten (HSR-cement)
niet schadelijke omgeving		E0	T(1,00)		
binnenomgeving		E1	T(1,00)	T(0,65)	
buitenomgeving	geen vorst	EE1	T(1,00)	T(0,60)	
	vorst, geen regen	EE2	T(0,55)	T(0,55)	
	vorst + regen	EE3	T(0,55)	T(0,50)	
	vorst + dooizouten	EE4	T(0,45) of T(0,55)A	T(0,45) of T(0,45)A	
zee-omgeving (lucht)	geen vorst	ES1	T(0,60)	T(0,50)	
	vorst	ES2	T(0,55)	T(0,50)	
zee-omgeving (water)	ondergedompeld	ES3	T(0,55)	T(0,45)	
	getijden-/spatzone	ES4	T(0,45) of T(0,55)A	T(0,45) of T(0,45)A	
agressieve omgeving	zwak	EA1	T(0,55)	T(0,55)	
	matig	EA2	T(0,50)	T(0,50)	
	sterk	EA3	T(0,45)	T(0,45)	

(*) vergelijken met de eerder gekozen sterkteklasse !



2b1 beton voorschrijven volgens de normen NBN EN 206-1 & NBN B 15-001



Kies een klasse:

aardvochtig	S1	10-40 mm	F1	≤ 340 mm
half-plastisch (stijf)	S2	50-90	F2	350-410
plastisch	S3	100-150	F3	420-480
vloeibaar	S4	160-210	F4	490-550
	S5	≥ 220	F5	560-620
			F6	≥ 630

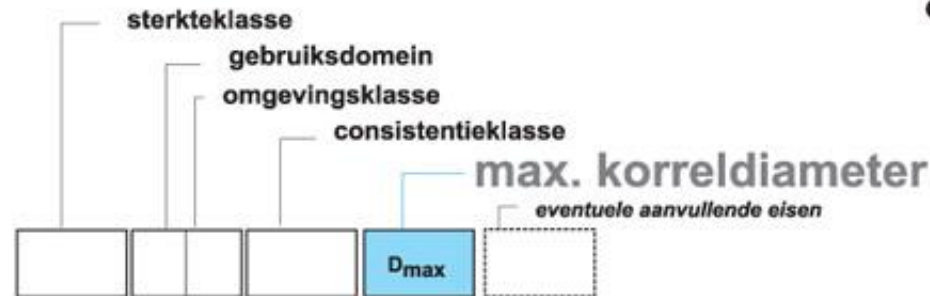
**meest
gebruikt**



**water toevoegen op de
bouwplaats**



2b1 beton voorschrijven volgens de normen NBN EN 206-1 & NBN B 15-001



Kies D_{max}
uit de reeks :

6	8	10	11	12	14	16	20	22	32	40	45	63	mm
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Zodanig dat :

$$D_{max} \leq 0,20 a$$

$$\leq 0,20 b$$

$$\leq 0,75 c$$

$$\leq 0,25 d$$

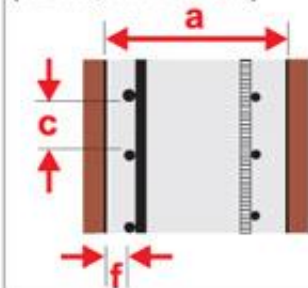
$$\leq 0,40 e$$

$$\leq f$$

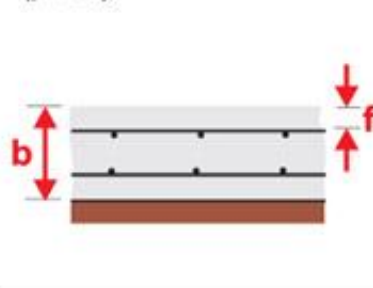


(betondekking in geval van zouten
en/of agressieve stoffen: ≥ 40 mm)

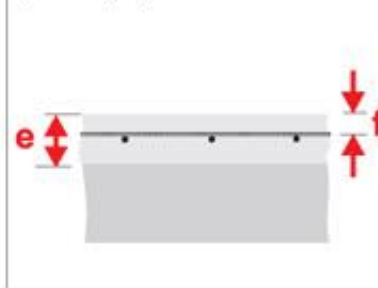
(balken, kolommen...)



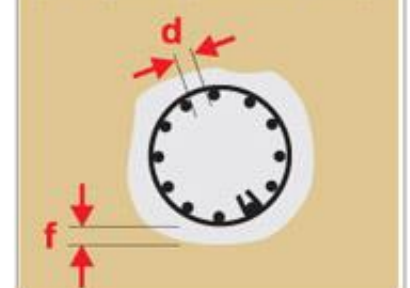
(platen)



(druklagen)



(in de grond gevormde palen)



2b1

beton voorschrijven volgens de normen

**NBN EN 206-1
& NBN B 15-001**

bijvoorbeeld:

eisen aan de *samenstelling*

- ☒ cementtype (b.v. LA-cement indien gevaar voor alkali-silicareactie)
- ☒ minimum cementgehalte
- ☒ betontype met lucht (omgevingsklassen EE4 en ES4)
- ☐ ...

eisen aan het *verse beton*

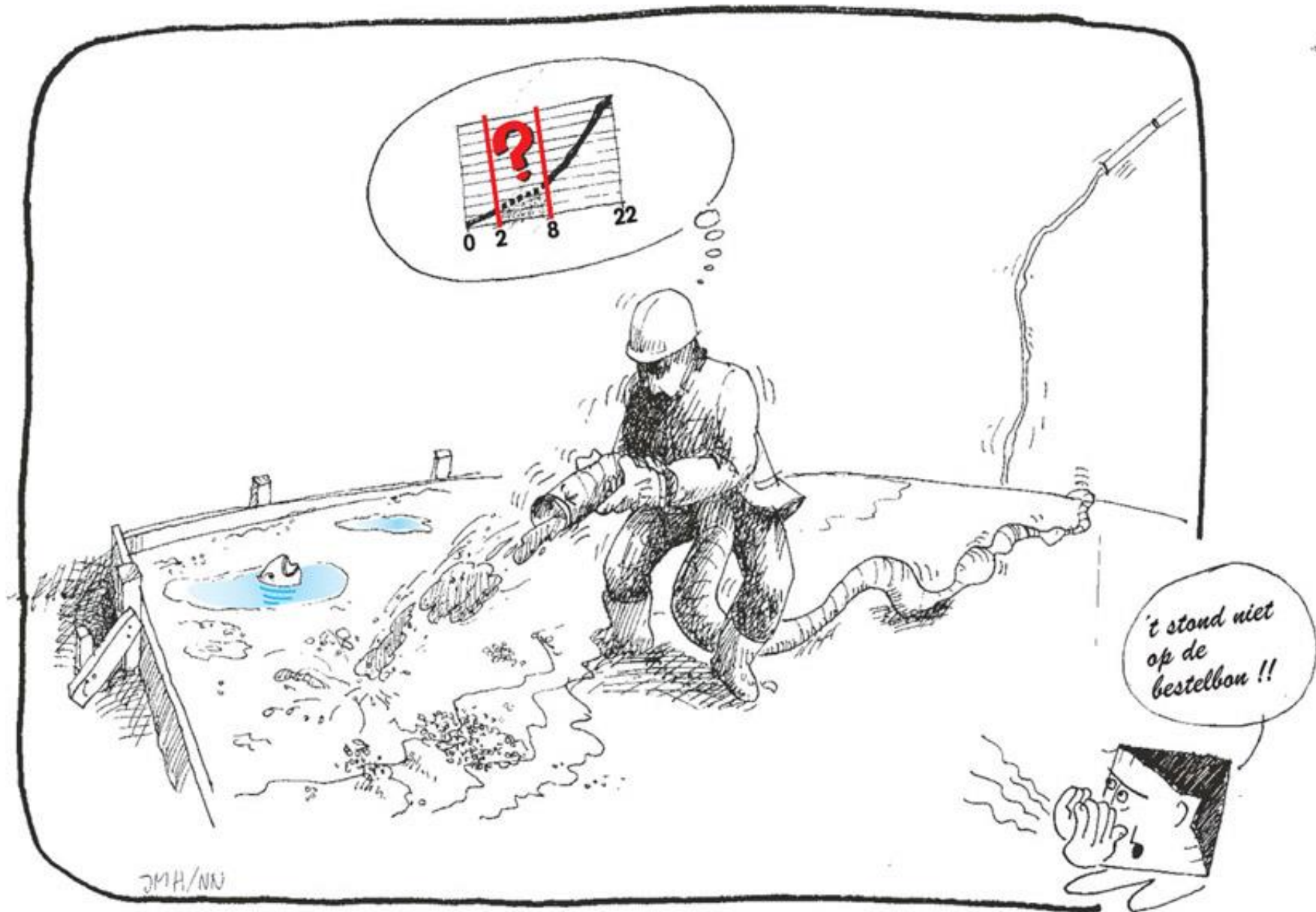
- ☒ ter verbetering van verwerkbaarheid
- ☒ om binding van het cement te versnellen/vertragen
- ☒ verhoogd luchtgehalte
- ☐ ...

eisen i.v.m. de *verwerking*

- ☒ pompbaarheid
- ☐ ...

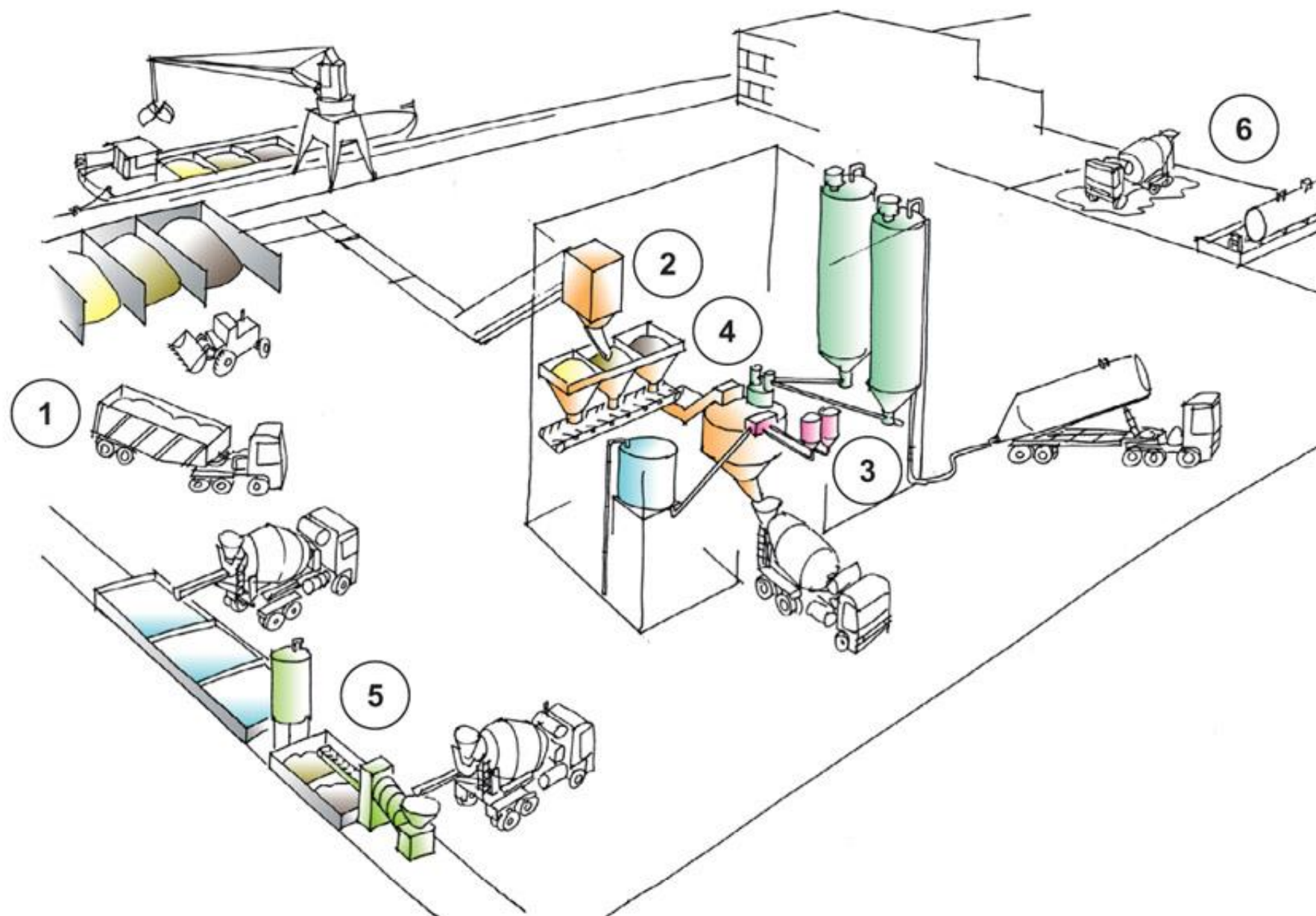
eisen aan het *verharde beton*

- ☒ verhoogde weerstand tegen waterabsorptie
- ☒ slijtweerstand
- ☒ verbeterde vloeistofdichtheid
- ☐ ...

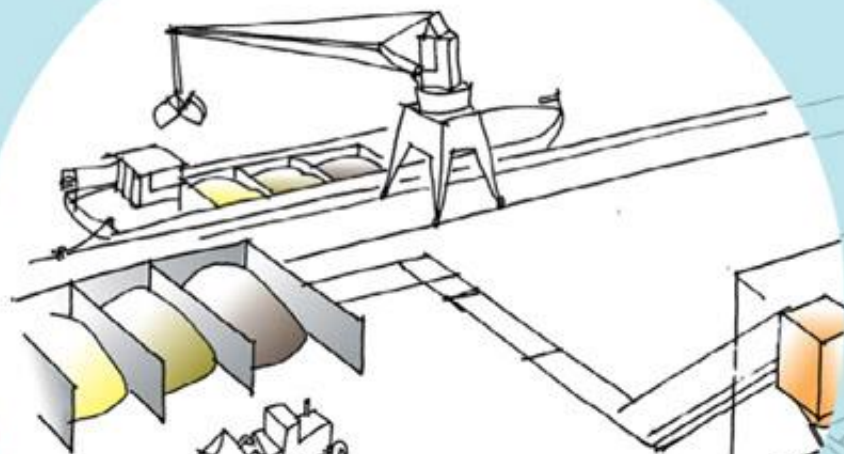


Voor sommige betonconstructies moeten aanvullende kwaliteitseisen worden opgelegd, hetzij aan de specie, hetzij aan het verharde beton.

2b2 betoncentrale



2b2 betoncentrale



1

GRANULATEN (opslag)

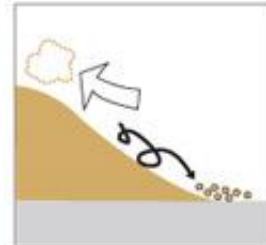


Gevaar voor foutieve samenstelling door:

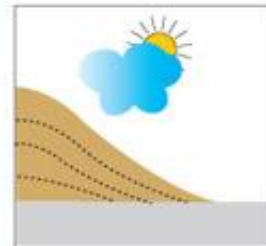
- vermenging / vervuiling...



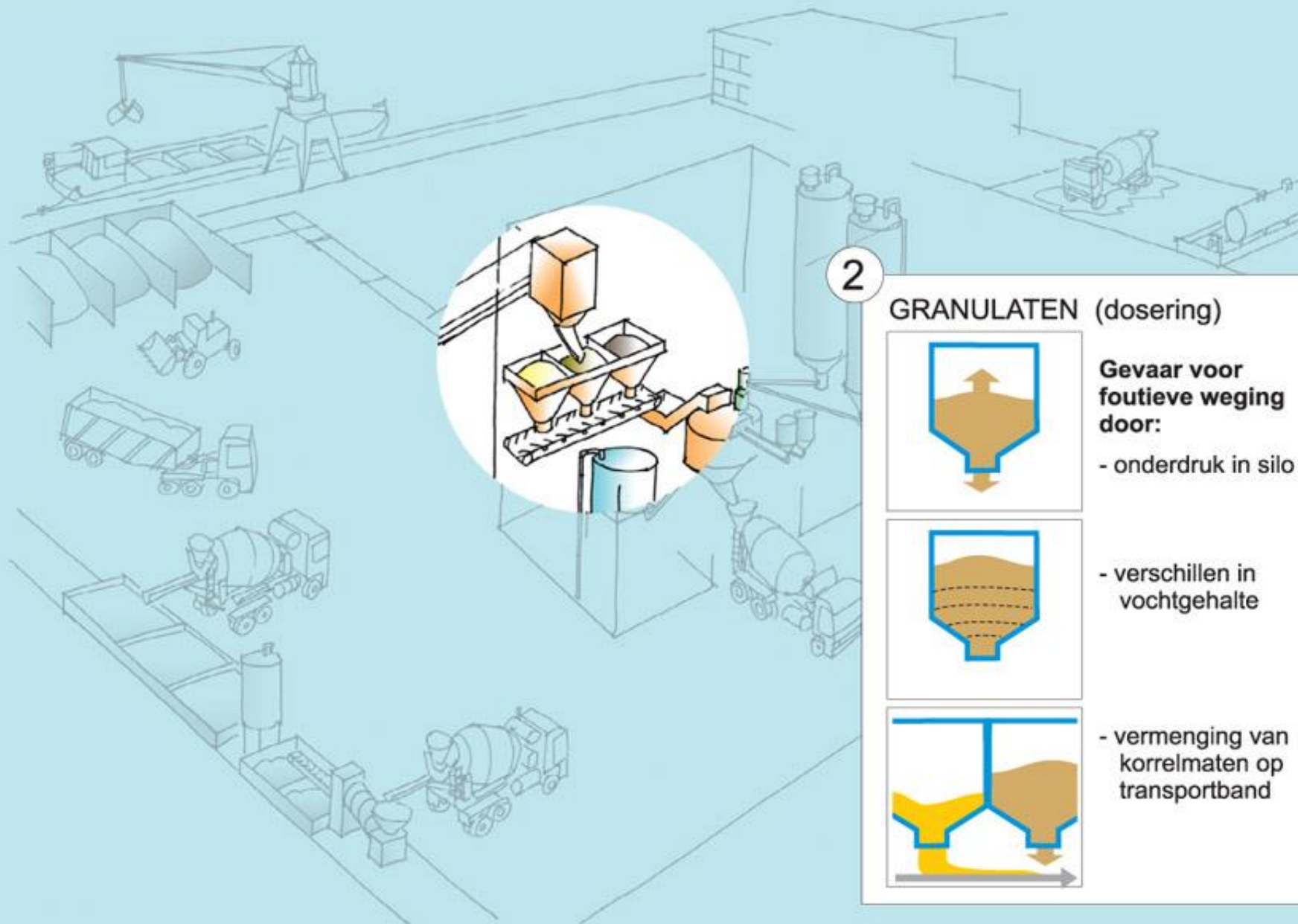
- ontmenging



- verschillen in vochtgehalte



2b2 betoncentrale



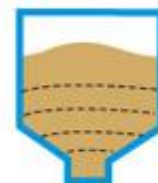
2

GRANULATEN (dosering)

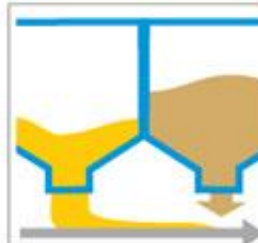


**Gevaar voor
foutieve weging
door:**

- onderdruk in silo



- verschillen in
vochtgehalte



- vermenging van
korrelmaten op
transportband

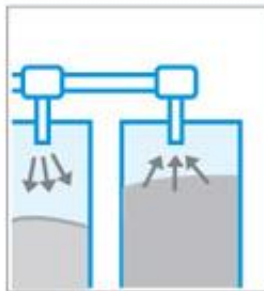
2b2 betoncentrale

3

CEMENT

Opgelet voor

- vocht
- vermenging van cementtypes via filters, ontluchters...



WATER

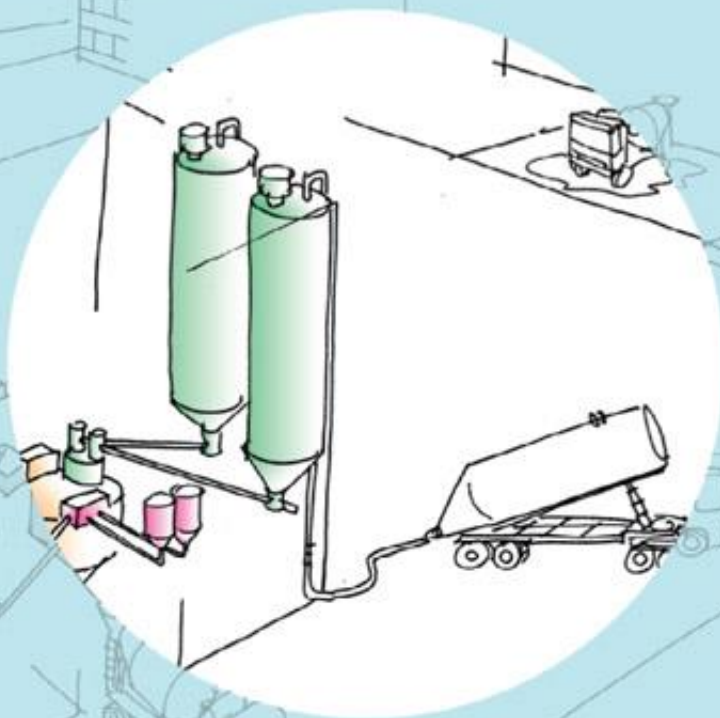
Water uit putten, waterlopen, recyclage : kwaliteit controleren.

HULPSTOFFEN

Vermijd schade door:

- vorst, hoge temperaturen...
- bezinking, uitdroging...
- vermenging / vervuiling / residu's...

Verpakkingen van etiket voorzien.



2b2 betoncentrale

4

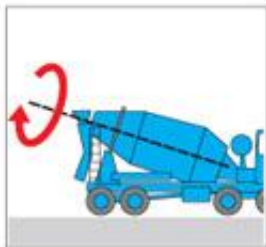
MENGER

Aandacht voor :

- min./max. hoeveelheden
- volgorde
- mengtijd



MIXER

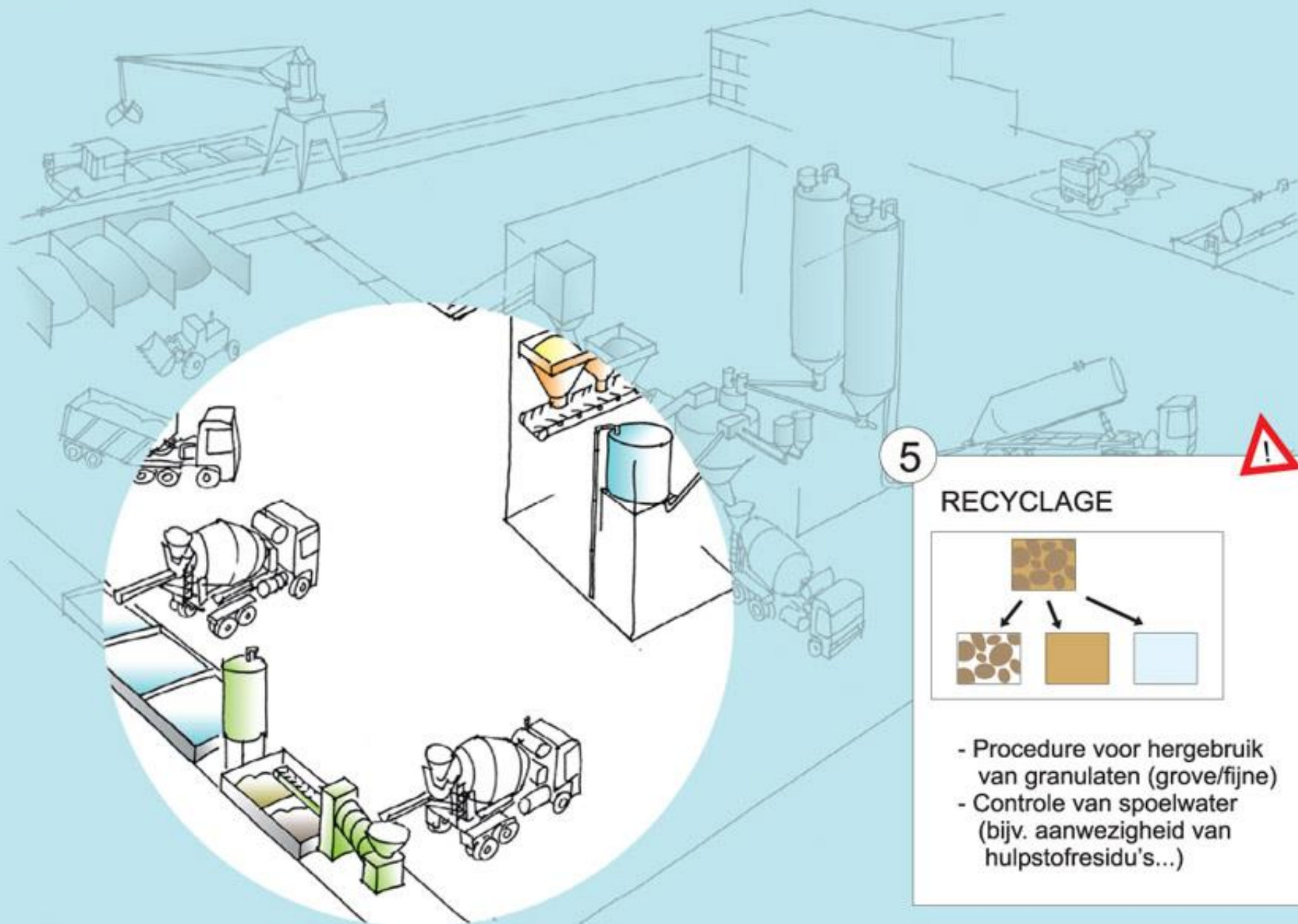


Opgelet:

- geen spoelwaterresten
- juist toerental



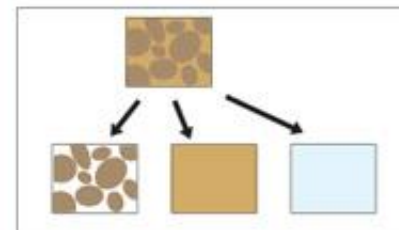
2b2 betoncentrale



5

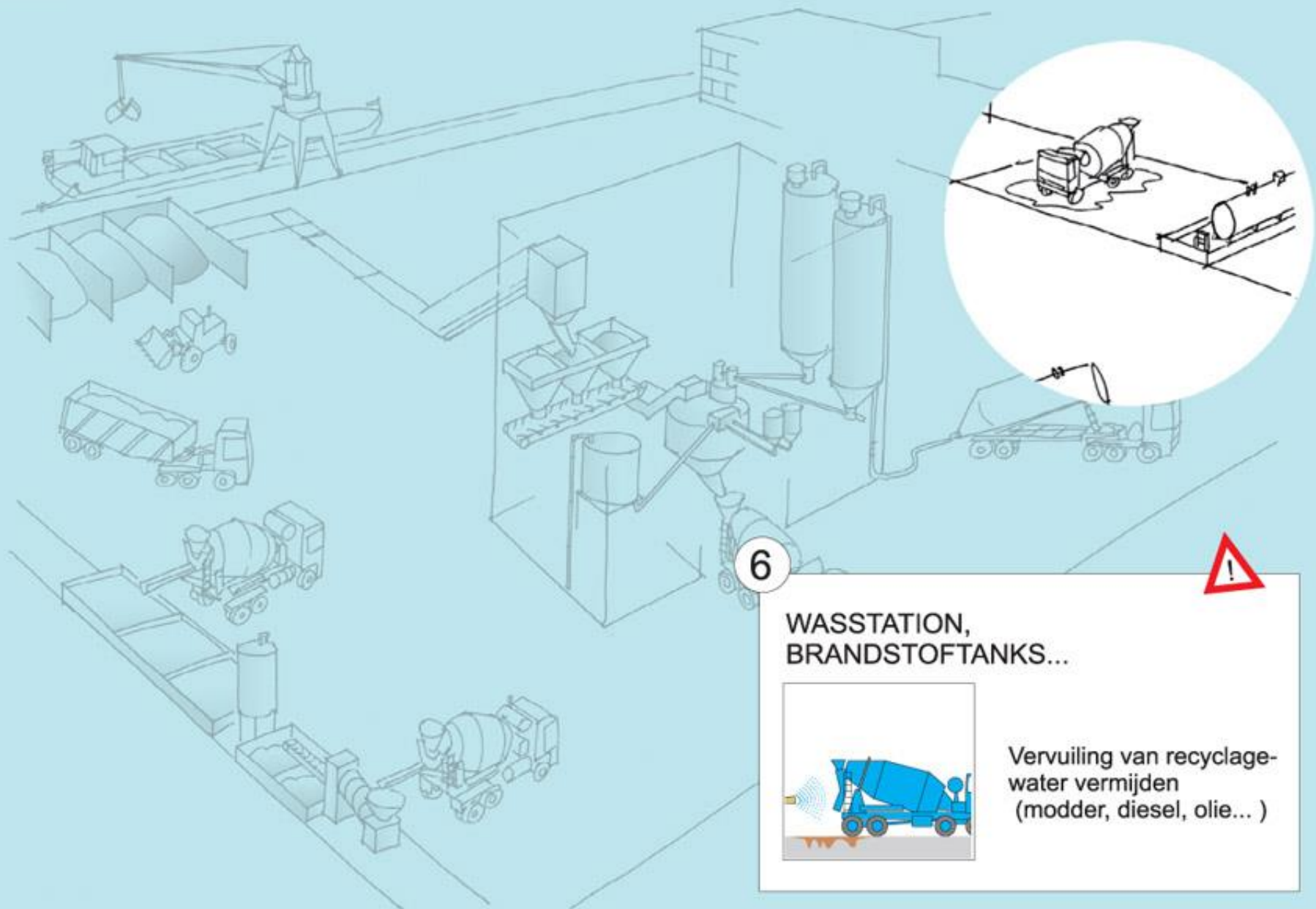


RECYCLAGE



- Procedure voor hergebruik van granulaten (grove/fijne)
- Controle van spoelwater (bijv. aanwezigheid van hulpstofresidu's...)

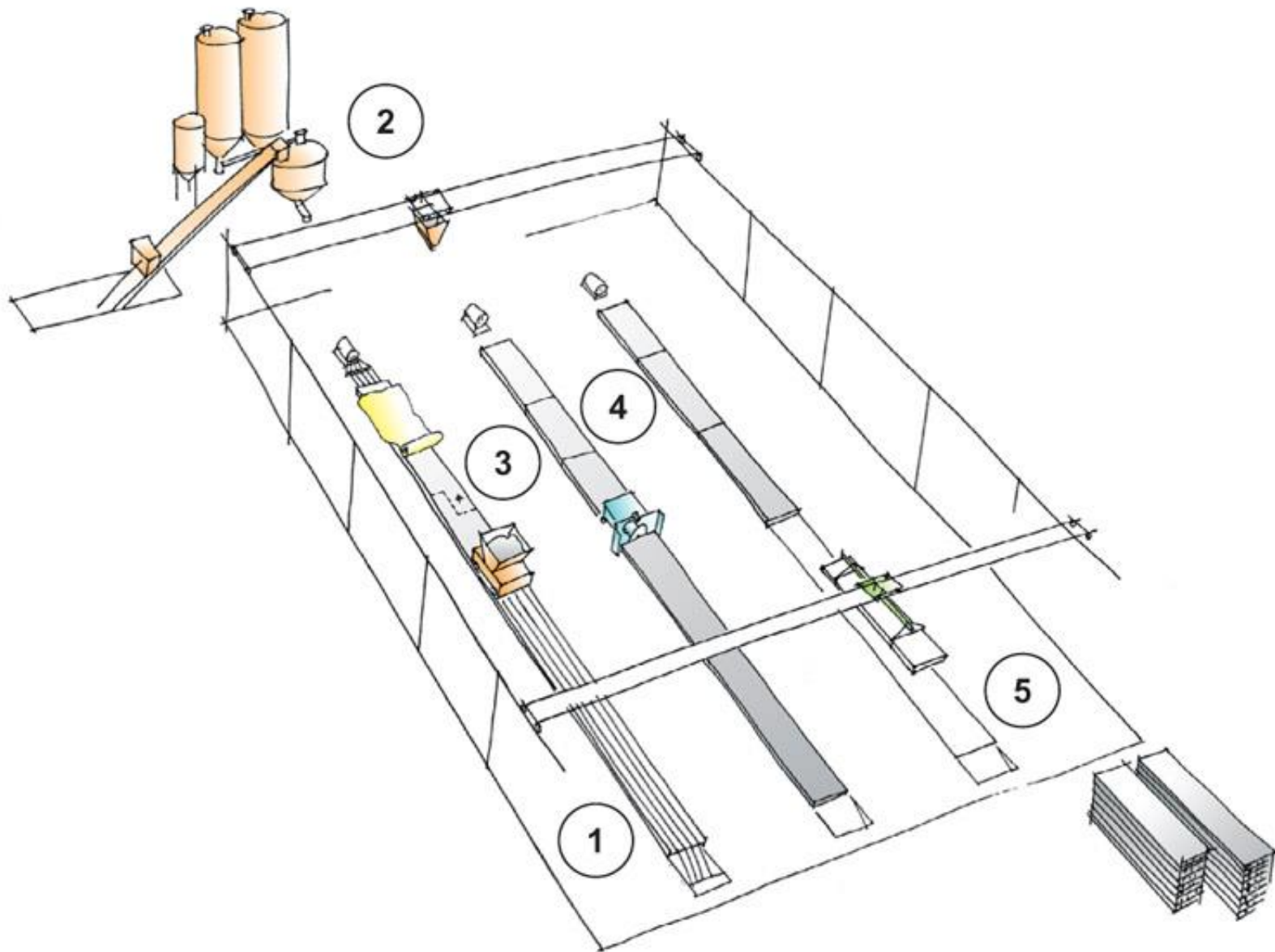
2b2 betoncentrale



2b3

betonfabriek

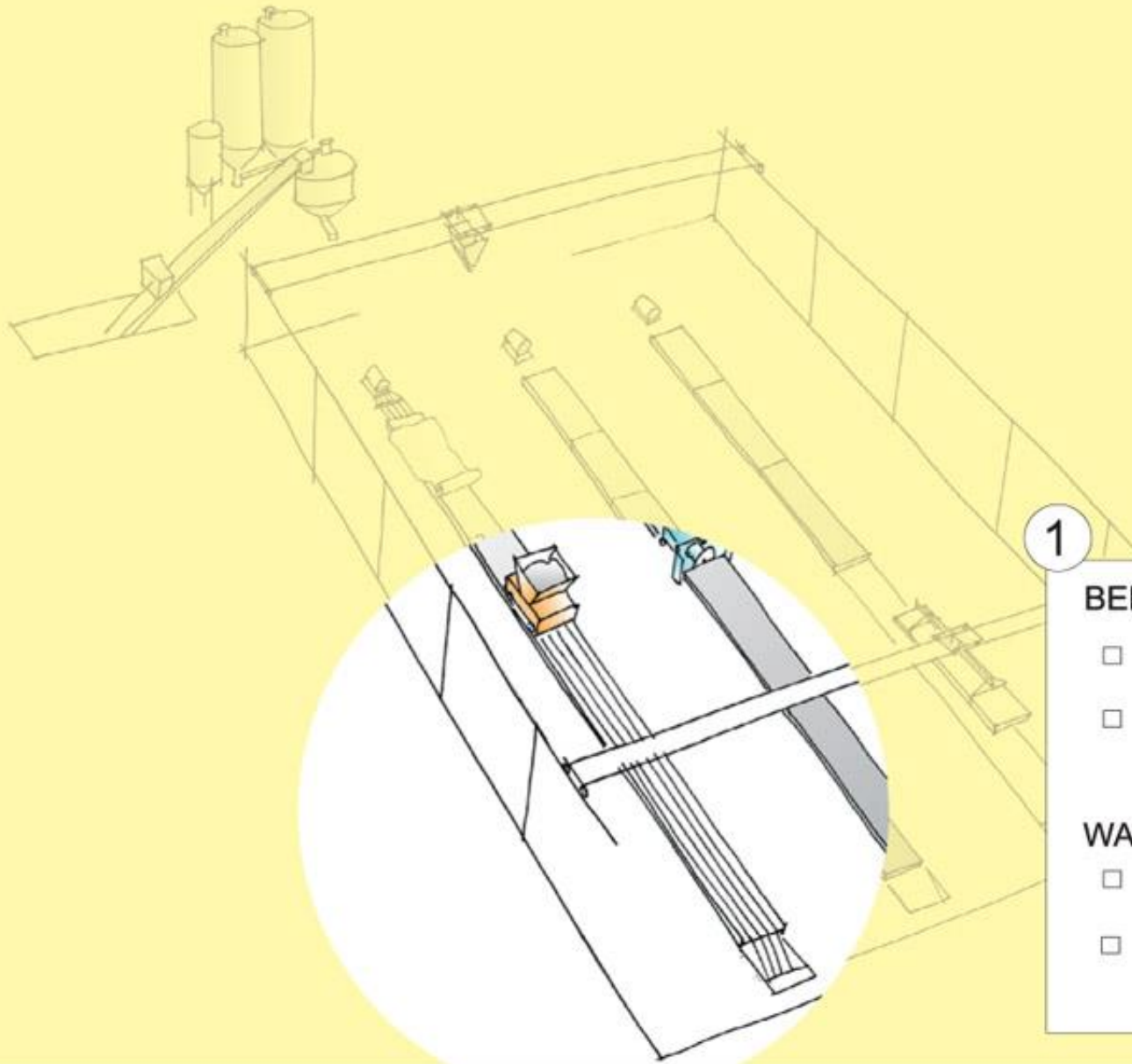
welfsels / balken



2b3

betonfabriek

welfsels / balken



1



BEKISTING

- ☐ netheid
- ☐ ontkistingsproduct

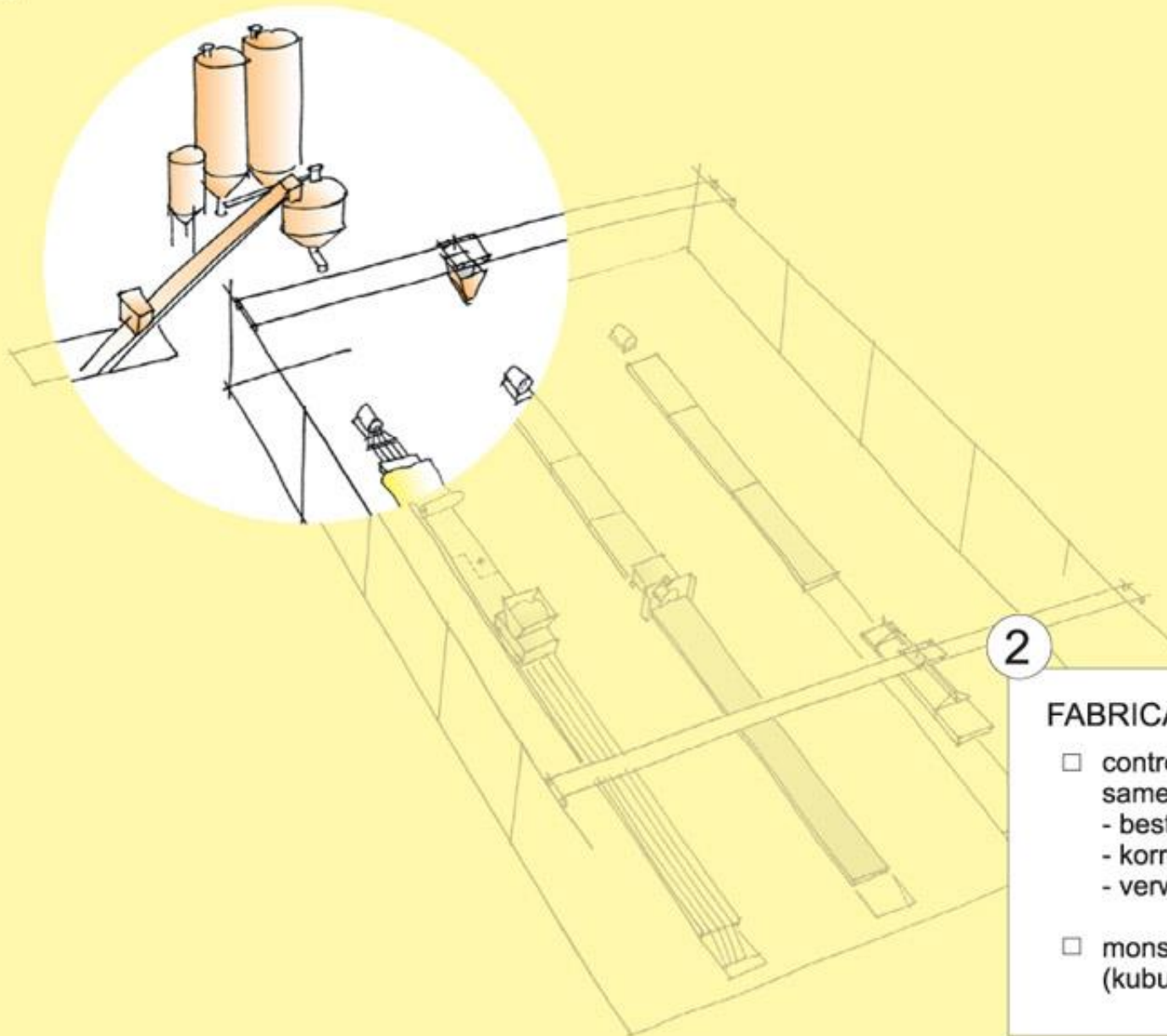
WAPENING

- ☐ vetvrij
- ☐ voorspanwapening
nooit lassen !

2b3

betonfabriek

welfsels / balken



2



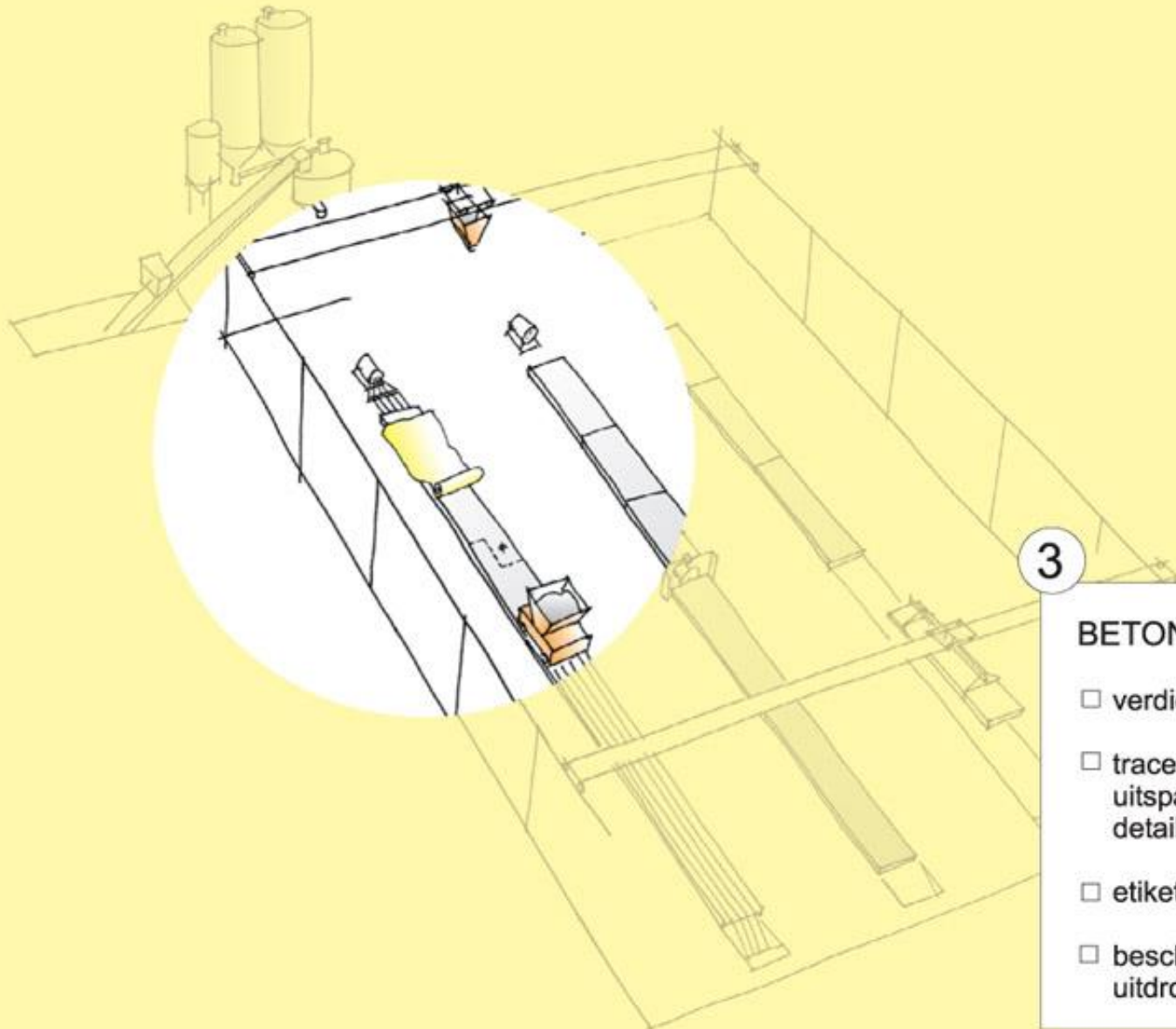
FABRICAGE BETON

- ☐ controle van de samenstelling:
 - bestanddelen
 - korrelverdeling
 - verwerkbaarheid
- ☐ monsterneming (kubus/cilinder)

2b3

betonfabriek

welfsels / balken



3



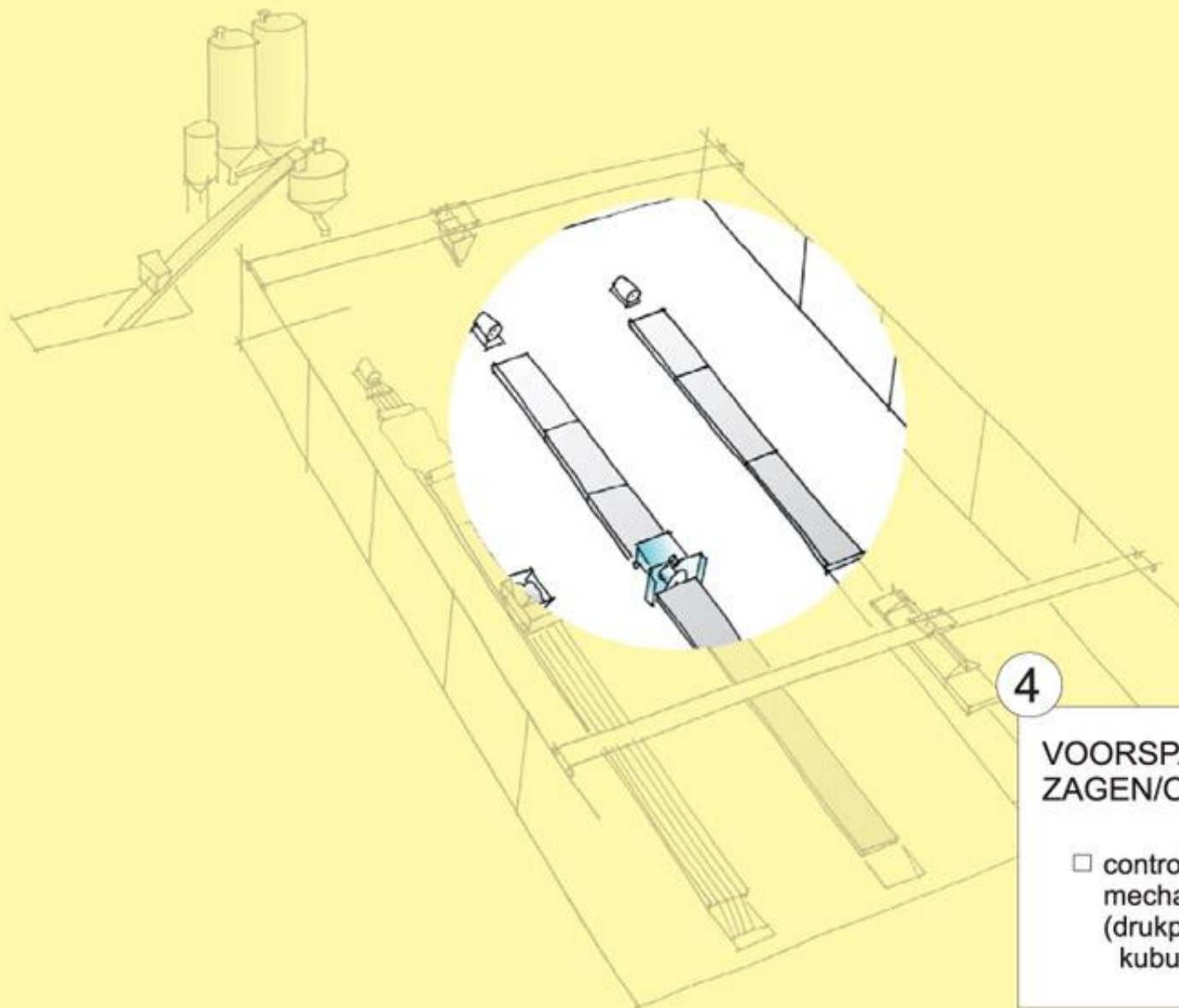
BETONNEREN

- ☐ verdichten
- ☐ traceren van afmetingen, uitsparingen/sleuven, details... (+ toleranties)
- ☐ etiketteren
- ☐ beschermen tegen uitdroging

2b3

betonfabriek

welfsels / balken



4

VOORSPANNEN ZAGEN/ONTKISTEN

- ☐ controle van de mechanische weerstand (drukproeven op kubus/cilinder)



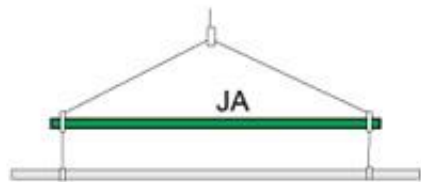
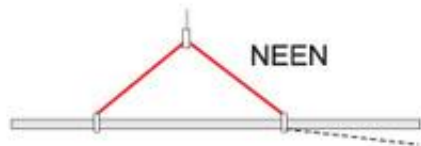
2b3

betonfabriek

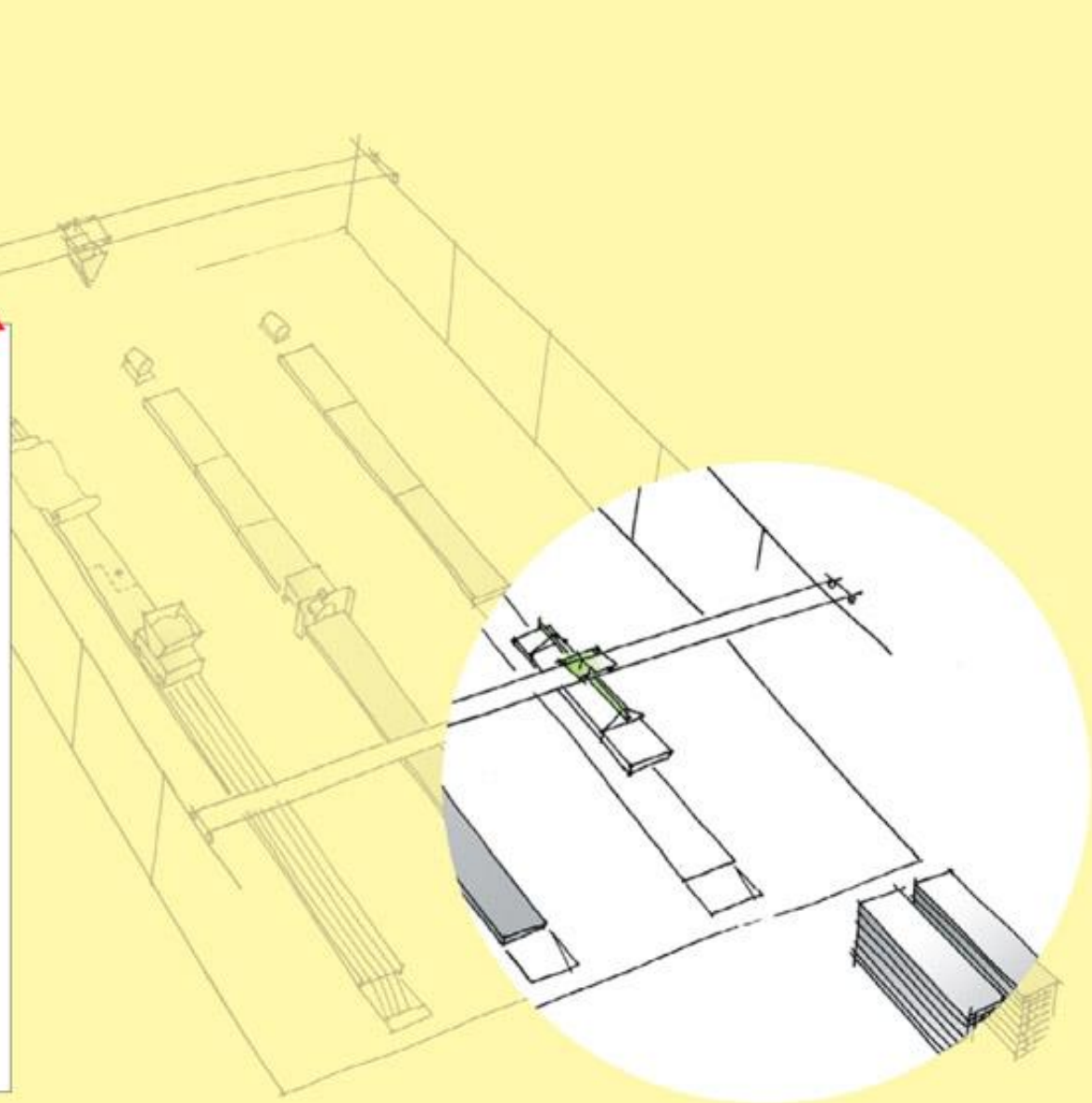
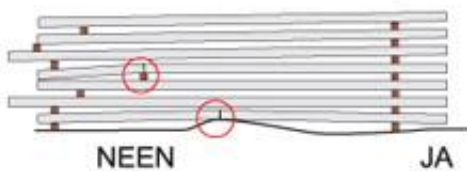
welfsels / balken

5

STOCKAGE



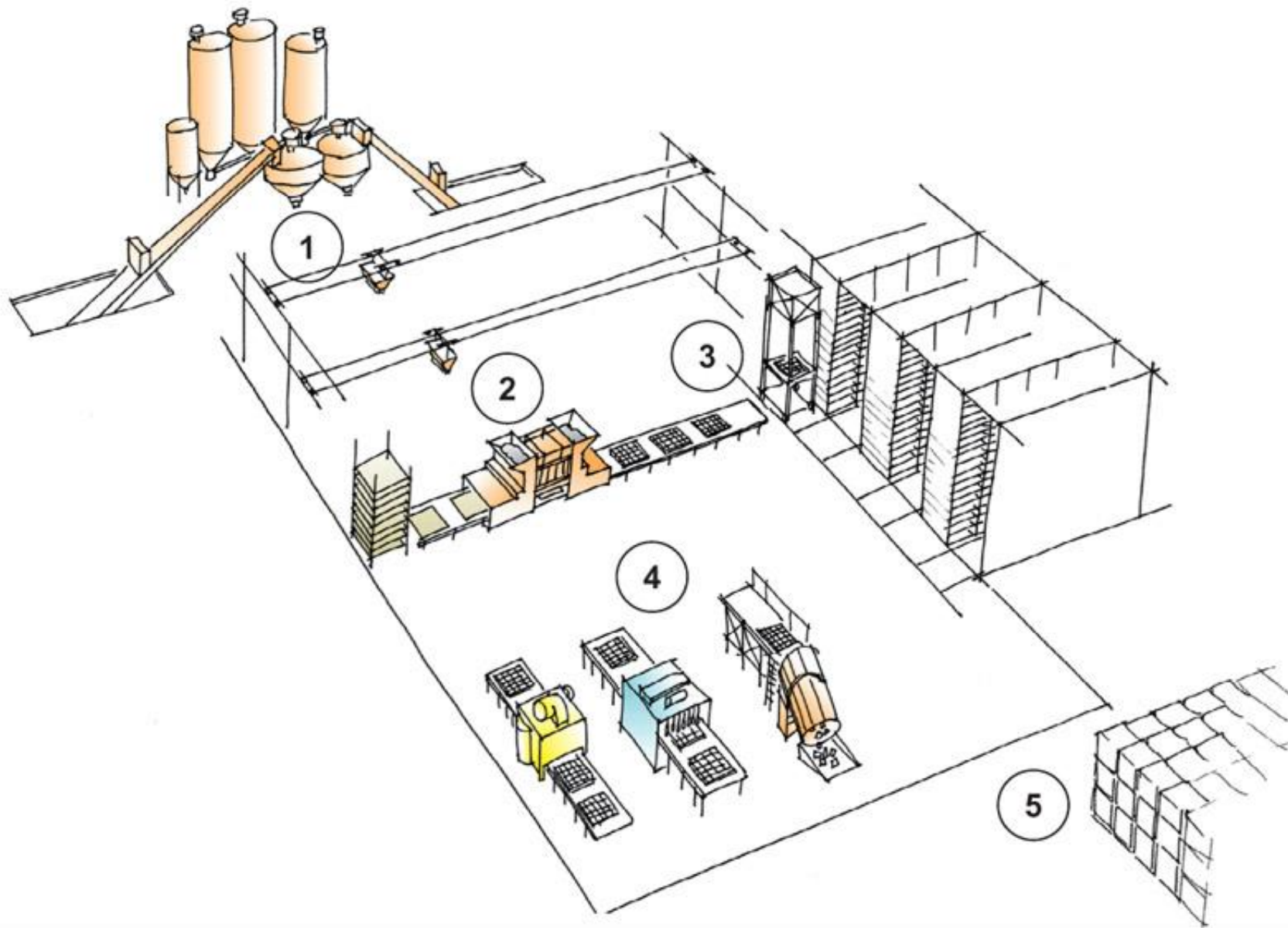
≤ 1 m



2b3

betonfabriek

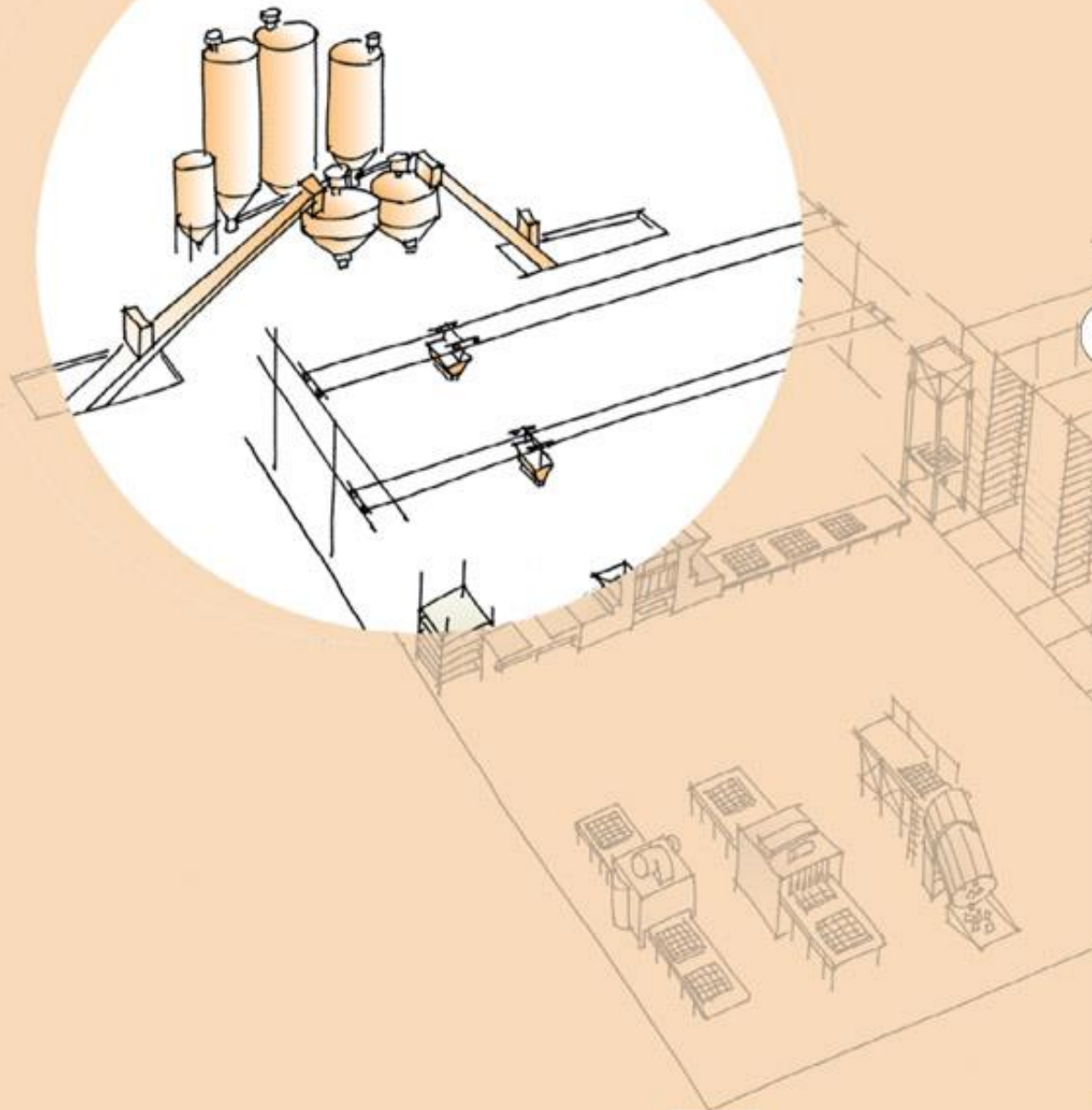
blokken / straatstenen



2b3

betonfabriek

blokken / straatstenen



1



FABRICAGE BETON

'aardvochtige' consistentie :

a- een handvol vers beton nemen



b- kneden/samendrukken tot een bal:
er mag geen water uitlekken



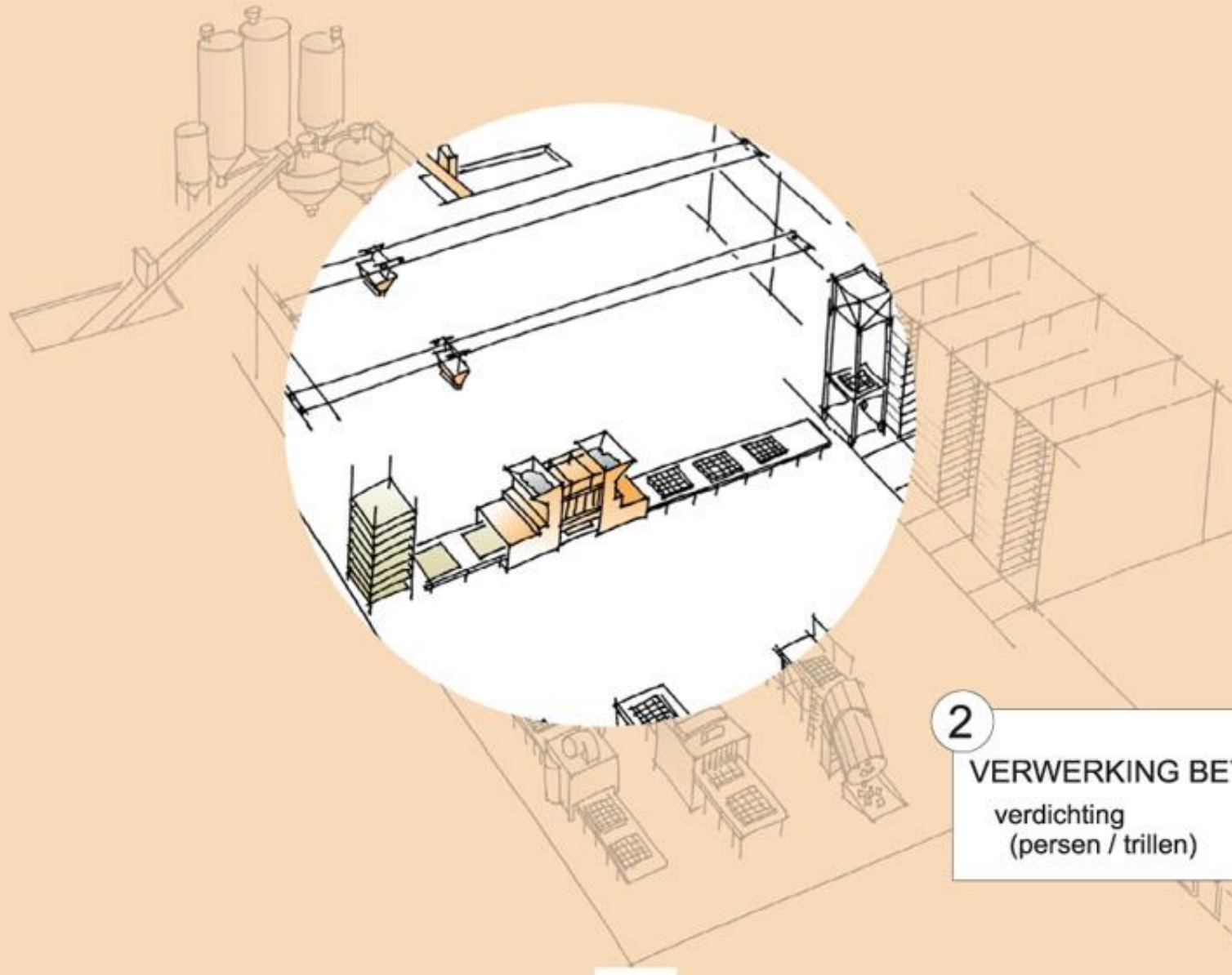
c- de bal behoudt haar vorm,
de hand is vochtig



2b3

betonfabriek

blokken / straatstenen



2

VERWERKING BETON

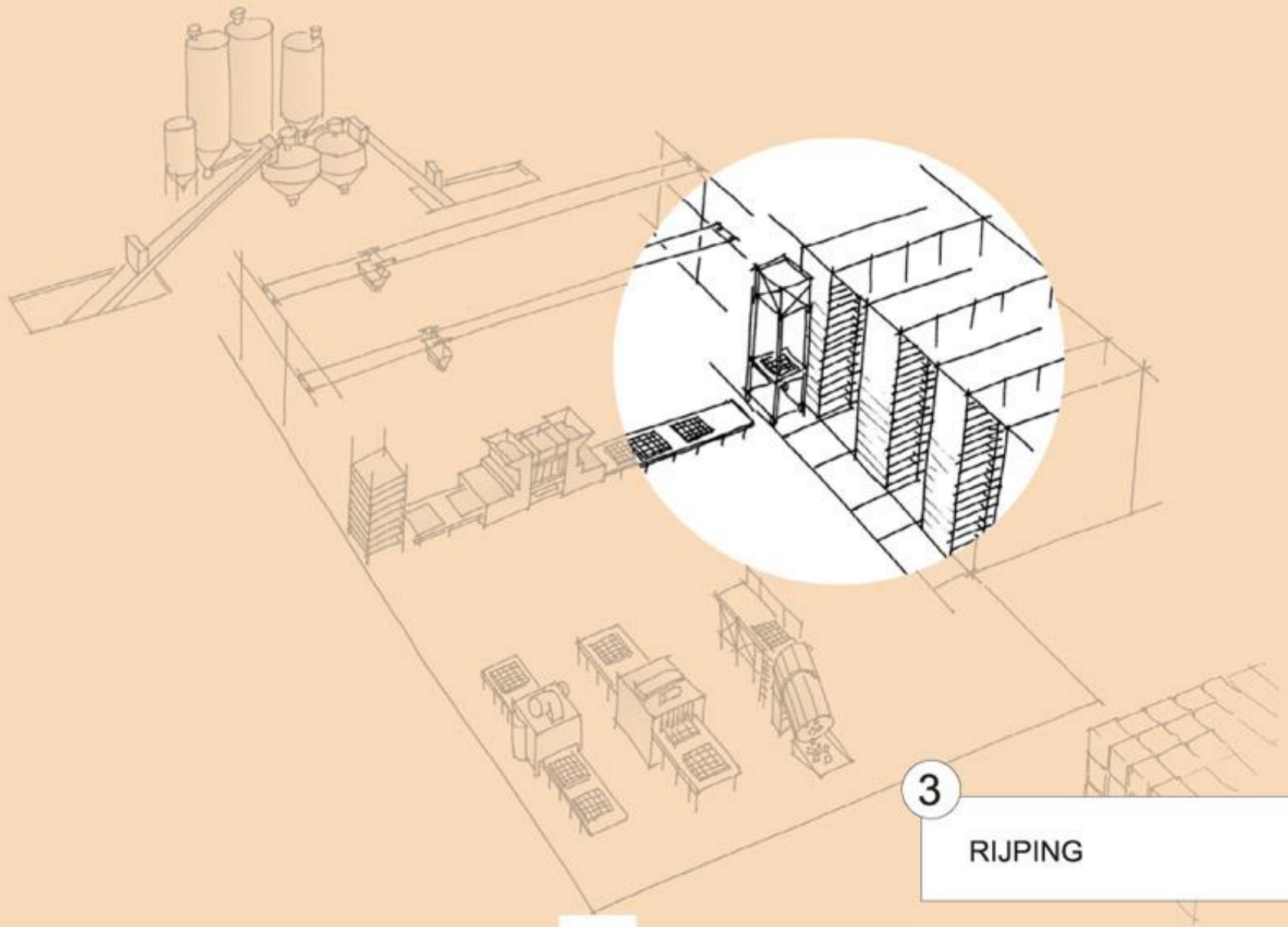
verdichting
(persen / trillen)

3b4

2b3

betonfabriek

blokken / straatstenen



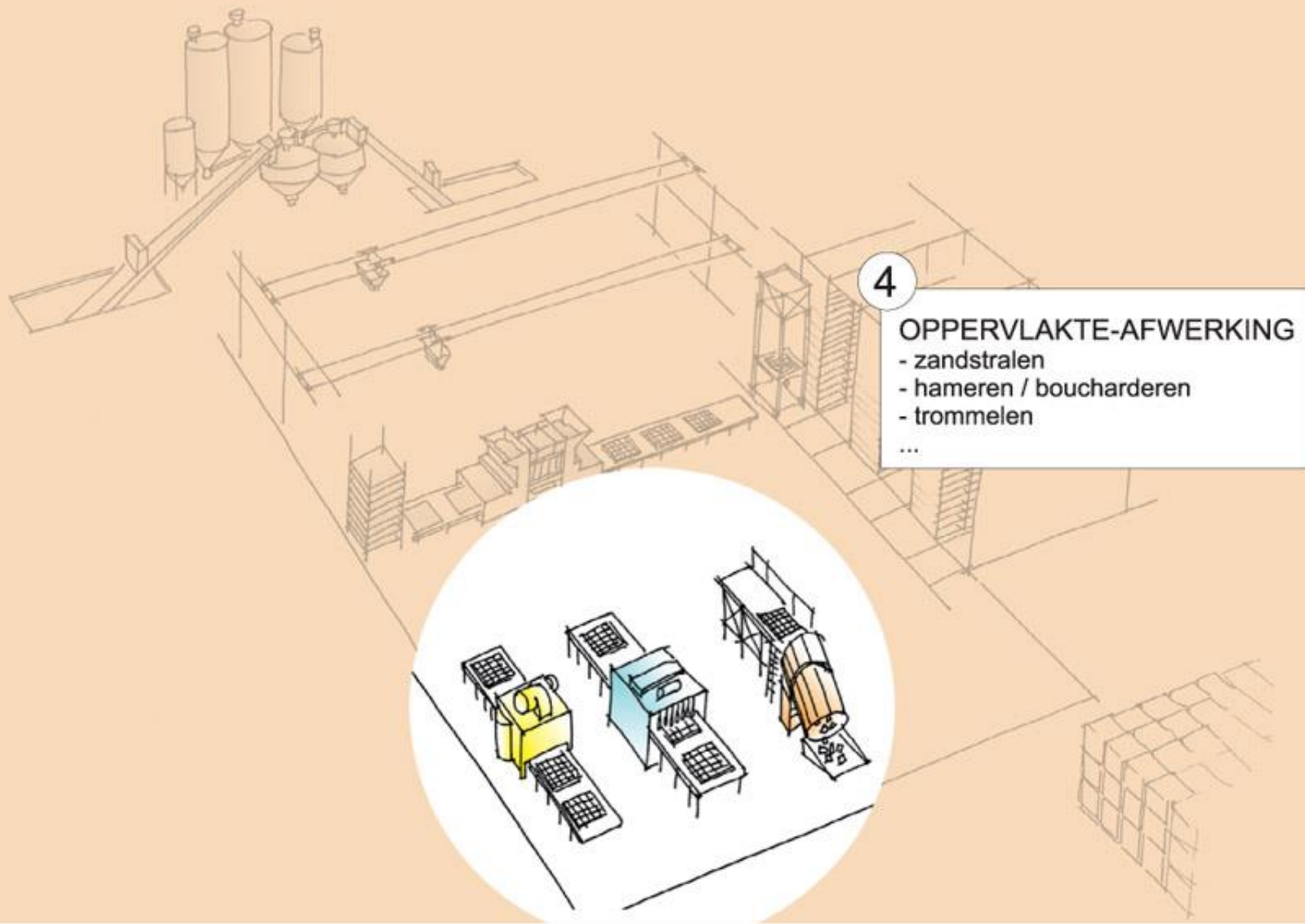
3

RIJPING

2b3

betonfabriek

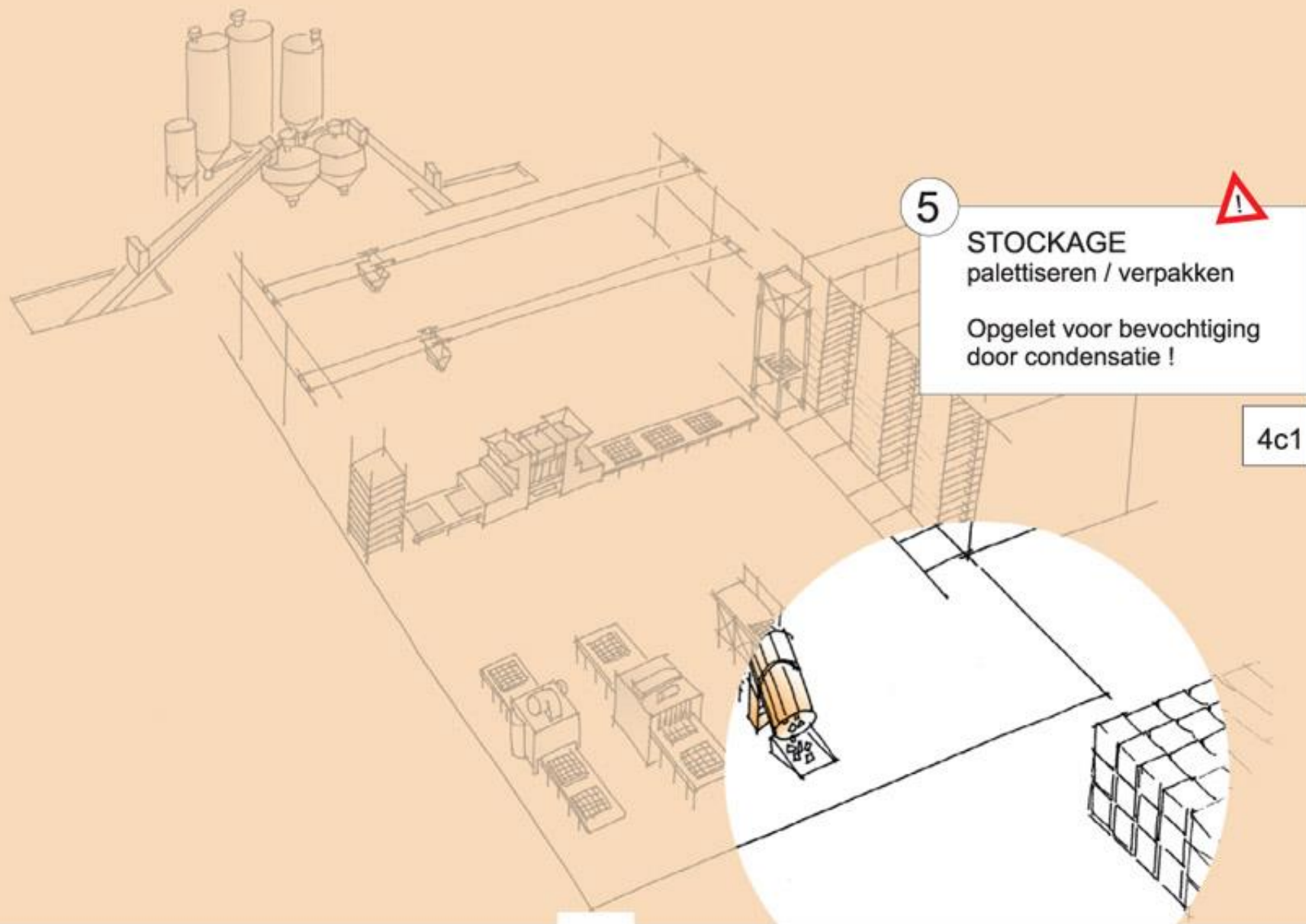
blokken / straatstenen



2b3

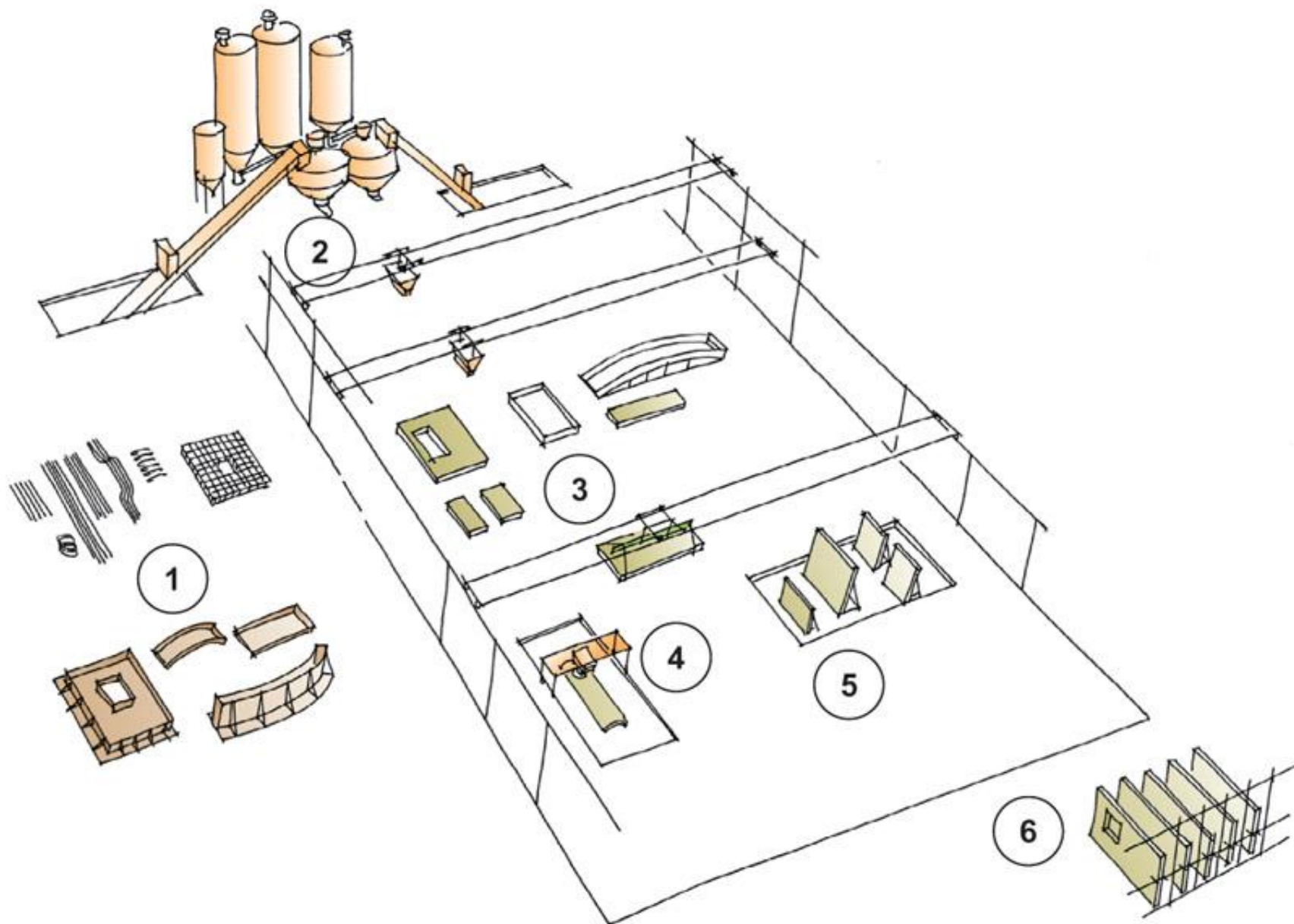
betonfabriek

blokken / straatstenen



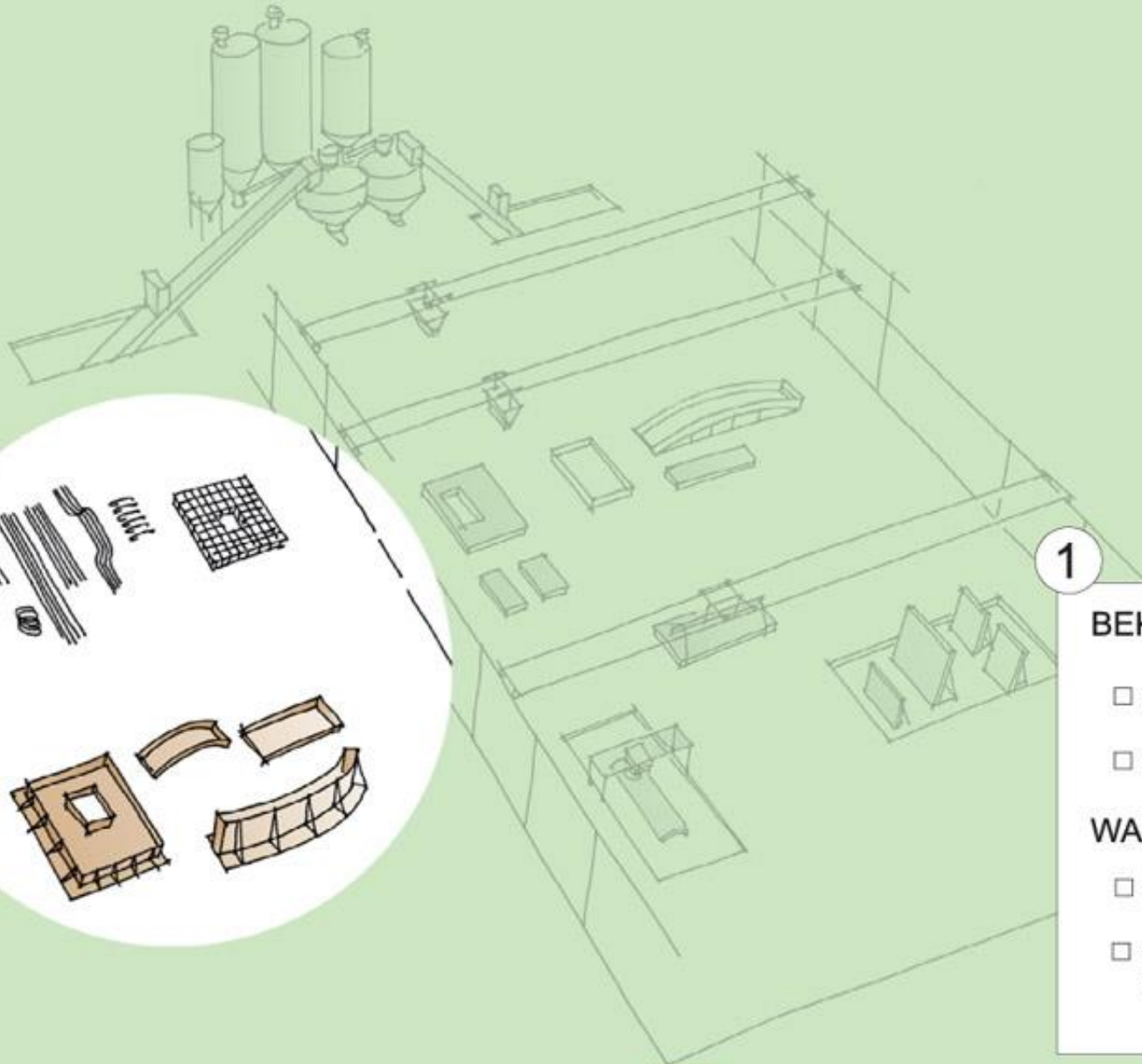
2b3

betonfabriek *sierbeton*



2b3

betonfabriek *sierbeton*



1



BEKISTING

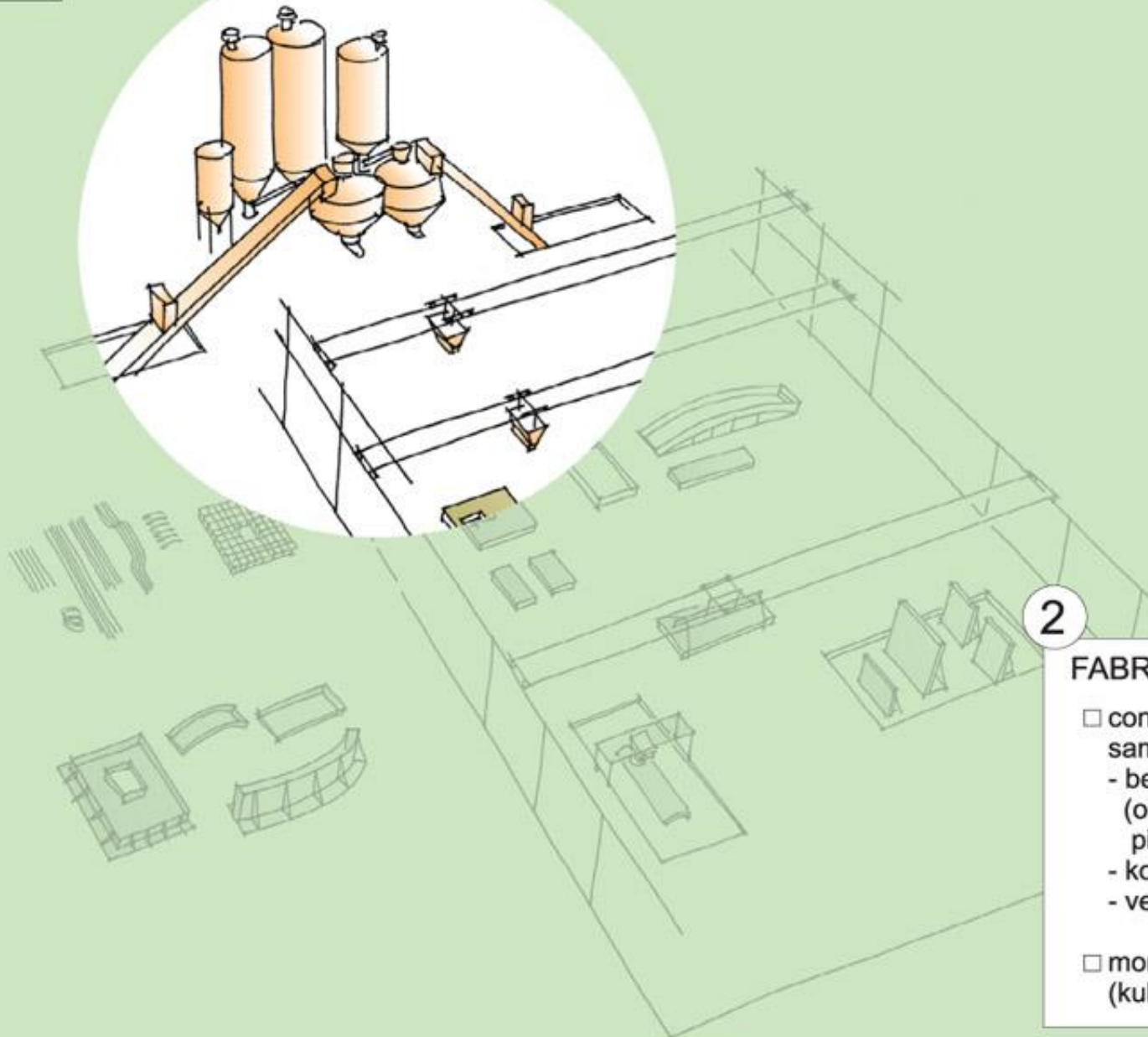
- ☐ netheid
- ☐ ontkistingsproduct

WAPENING

- ☐ vetvrij
- ☐ nooit lassen in geval van voorspanning

2b3

betonfabriek *sierbeton*



2

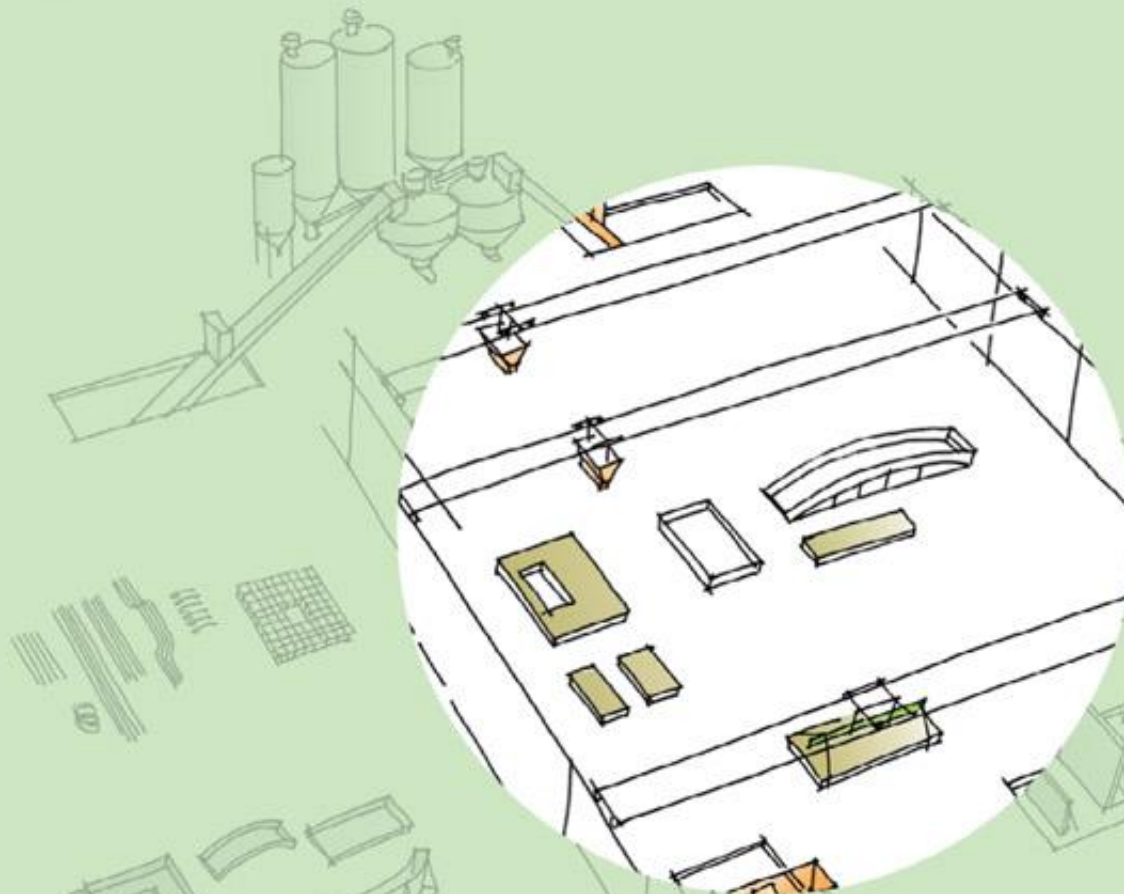
FABRICAGE BETON

- ☐ controle van de samenstelling:
 - bestanddelen (o.a. gekleurde granulaten, pigmenten...)
 - korrelverdeling
 - verwerkbaarheid
- ☐ monsterneming (kubus/cilinder)



2b3

betonfabriek *sierbeton*



3

VERWERKING BETON

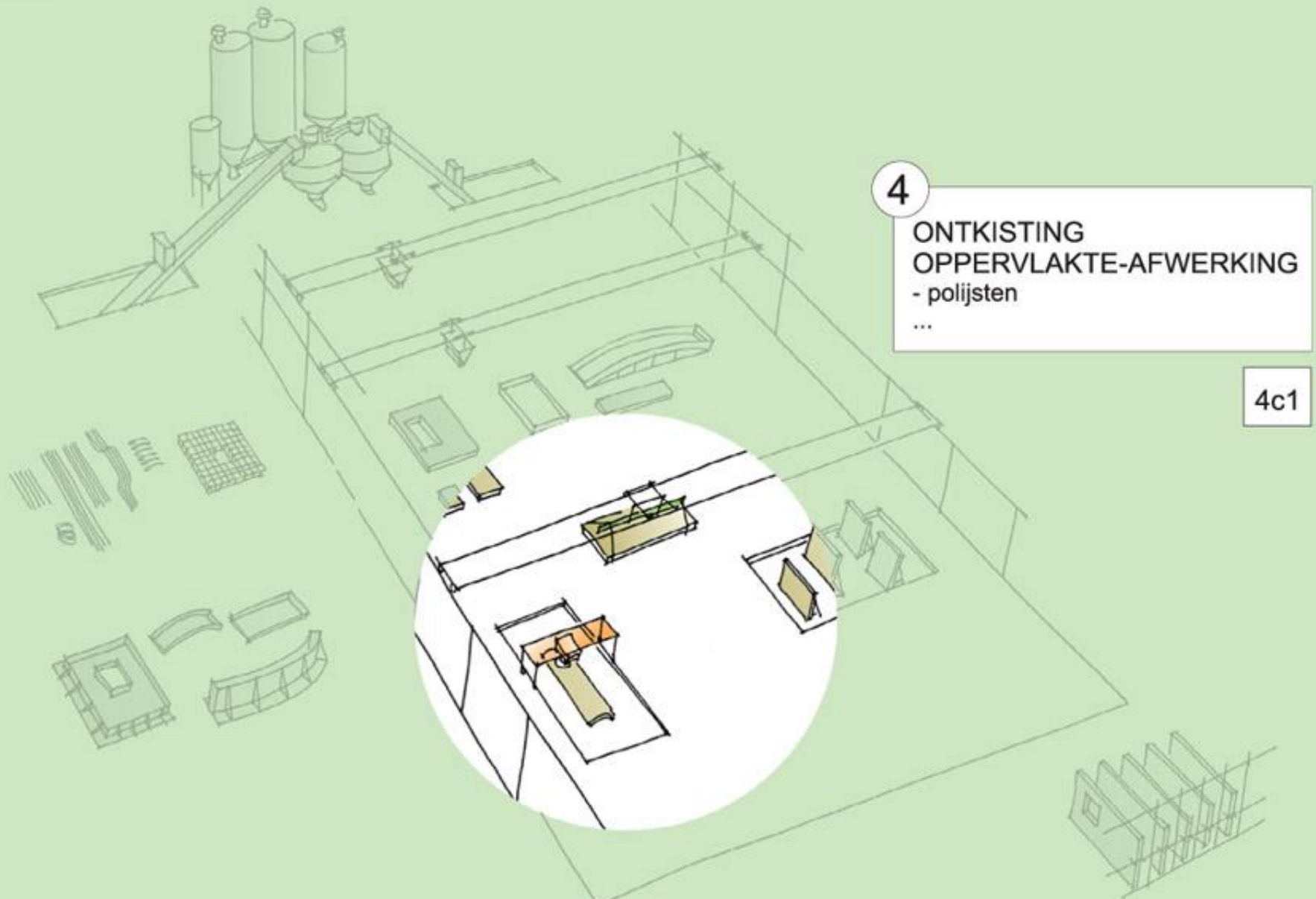
- ☐ verdichten
- ☐ details, etiketteren...
- ☐ beschermen tegen uitdroging



3b4

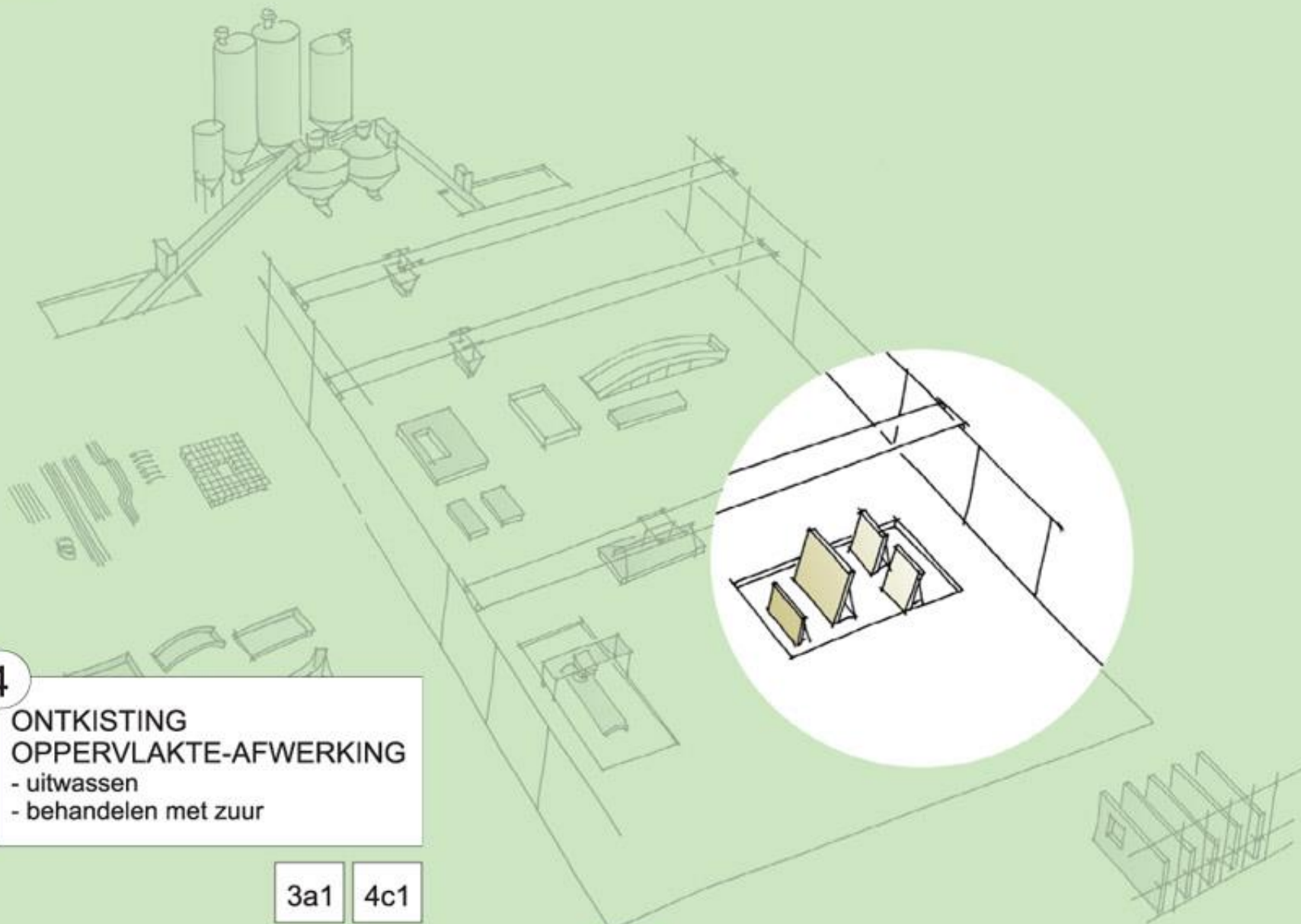
2b3

betonfabriek *sierbeton*



2b3

betonfabriek *sierbeton*



4

ONTKISTING OPPERVLAKTE-AFWERKING

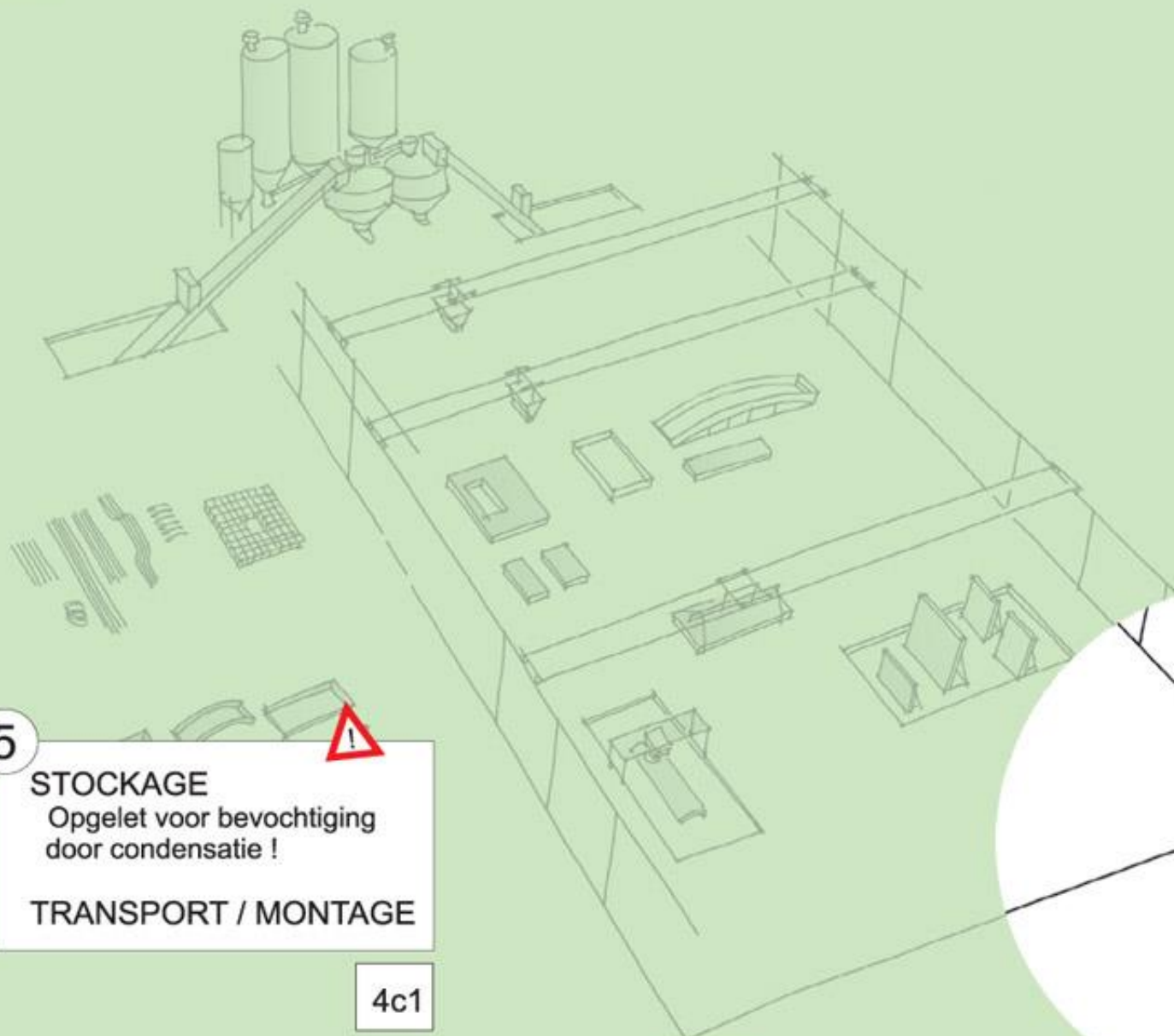
- uitwassen
- behandelen met zuur

3a1

4c1

2b3

betonfabriek *sierbeton*



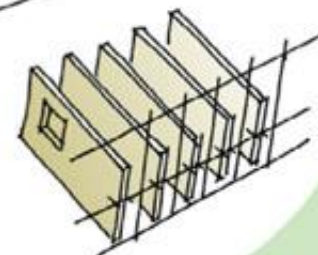
5

STOCKAGE

Opgelet voor bevochtiging
door condensatie !

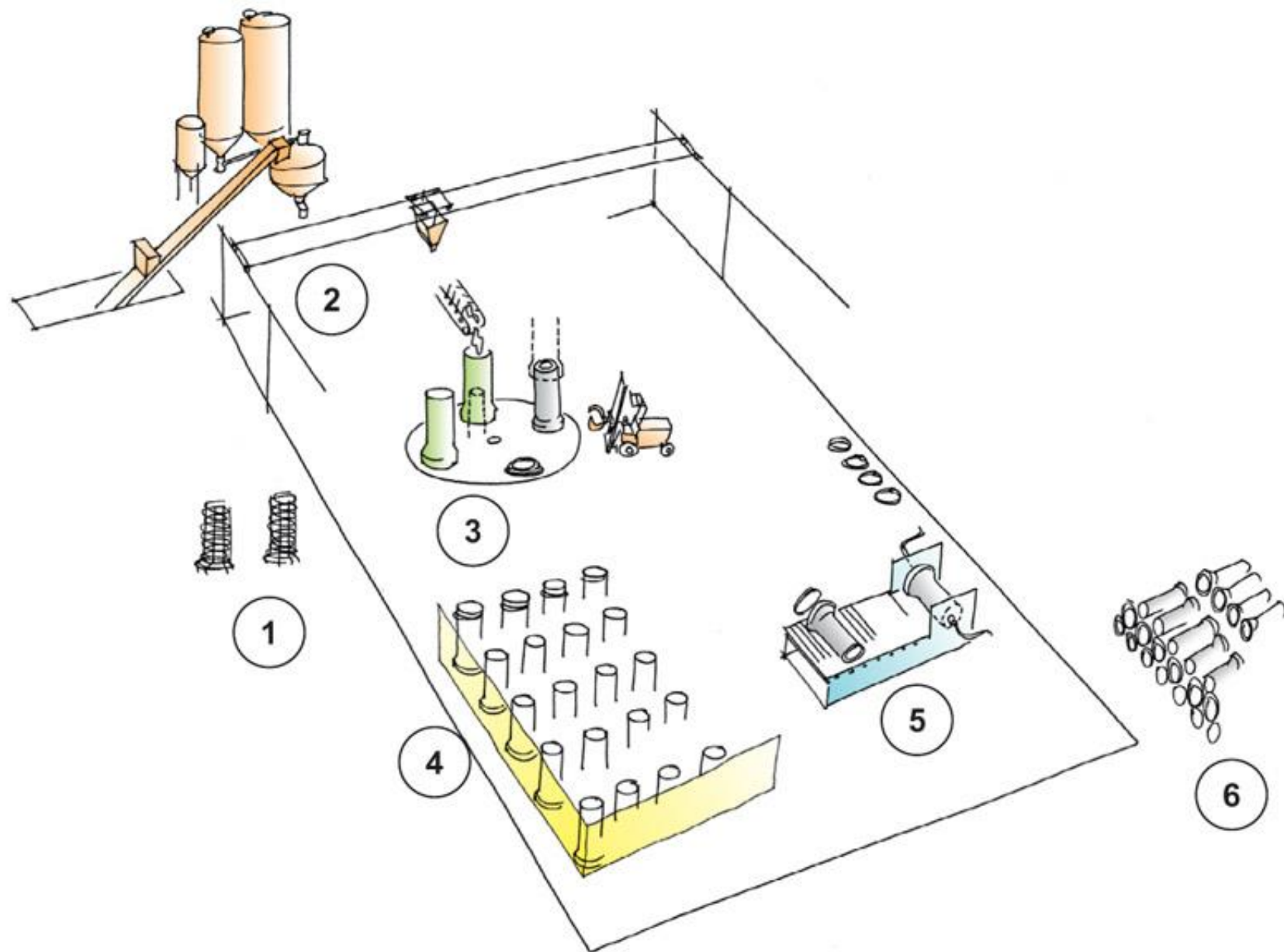
TRANSPORT / MONTAGE

4c1



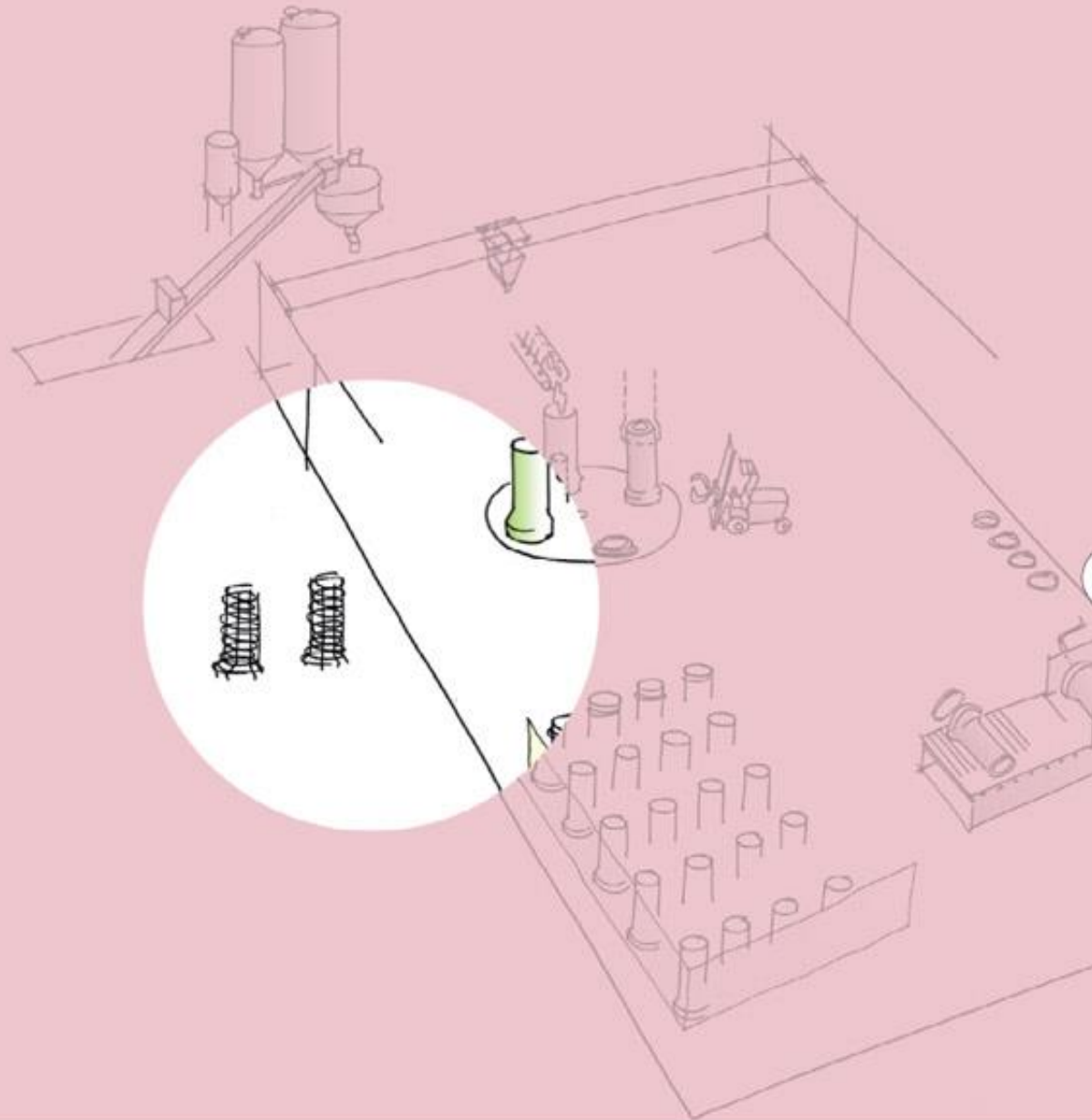
2b3

betonfabriek *buizen*



2b3

betonfabriek *buizen*



1

MALLEN

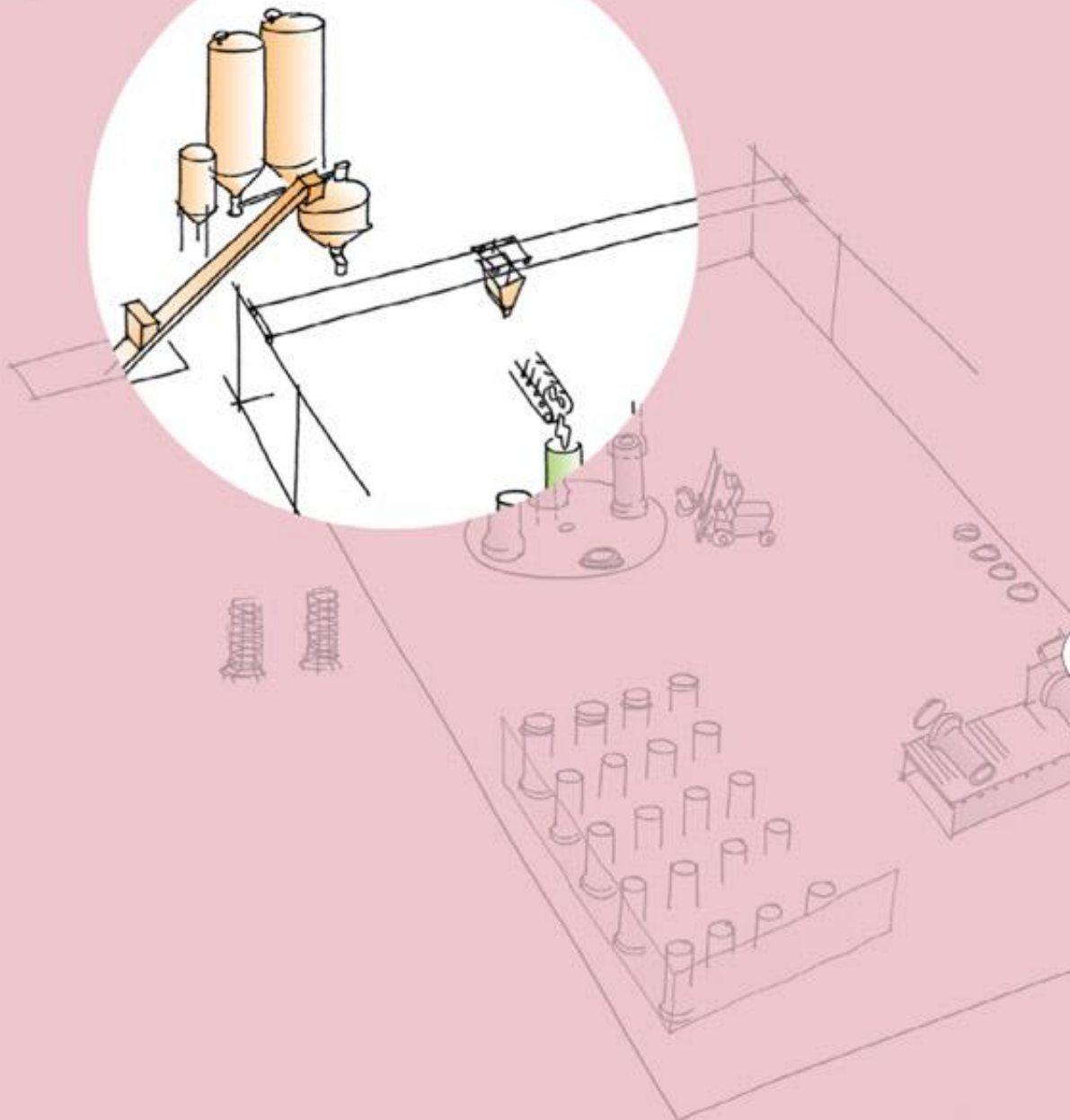
- ☐ netheid
- ☐ ontkistingsproduct

WAPENING

- ☐ vetvrij
- ☐ nooit lassen in geval van voorspanning

2b3

betonfabriek *buizen*

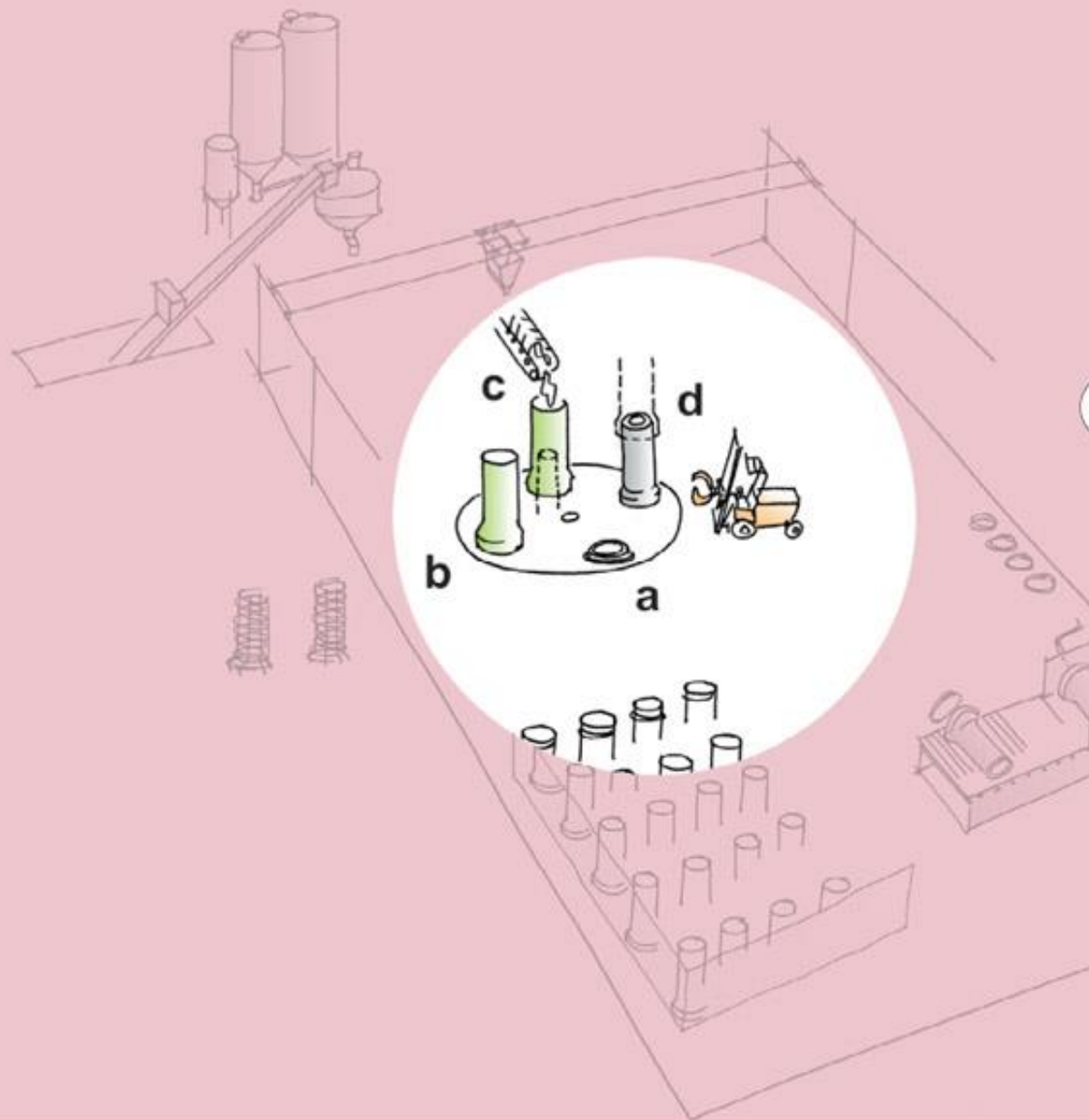


2



FABRICAGE BETON

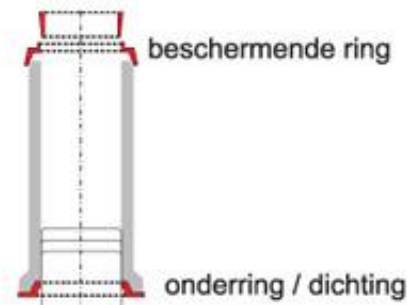
- ☐ controle van de samenstelling:
 - bestanddelen (bijv. speciale cementsoorten, vezels...)
 - korrelverdeling
 - verwerkbaarheid
- ☐ monsterneming (kubus/cilinder)



3

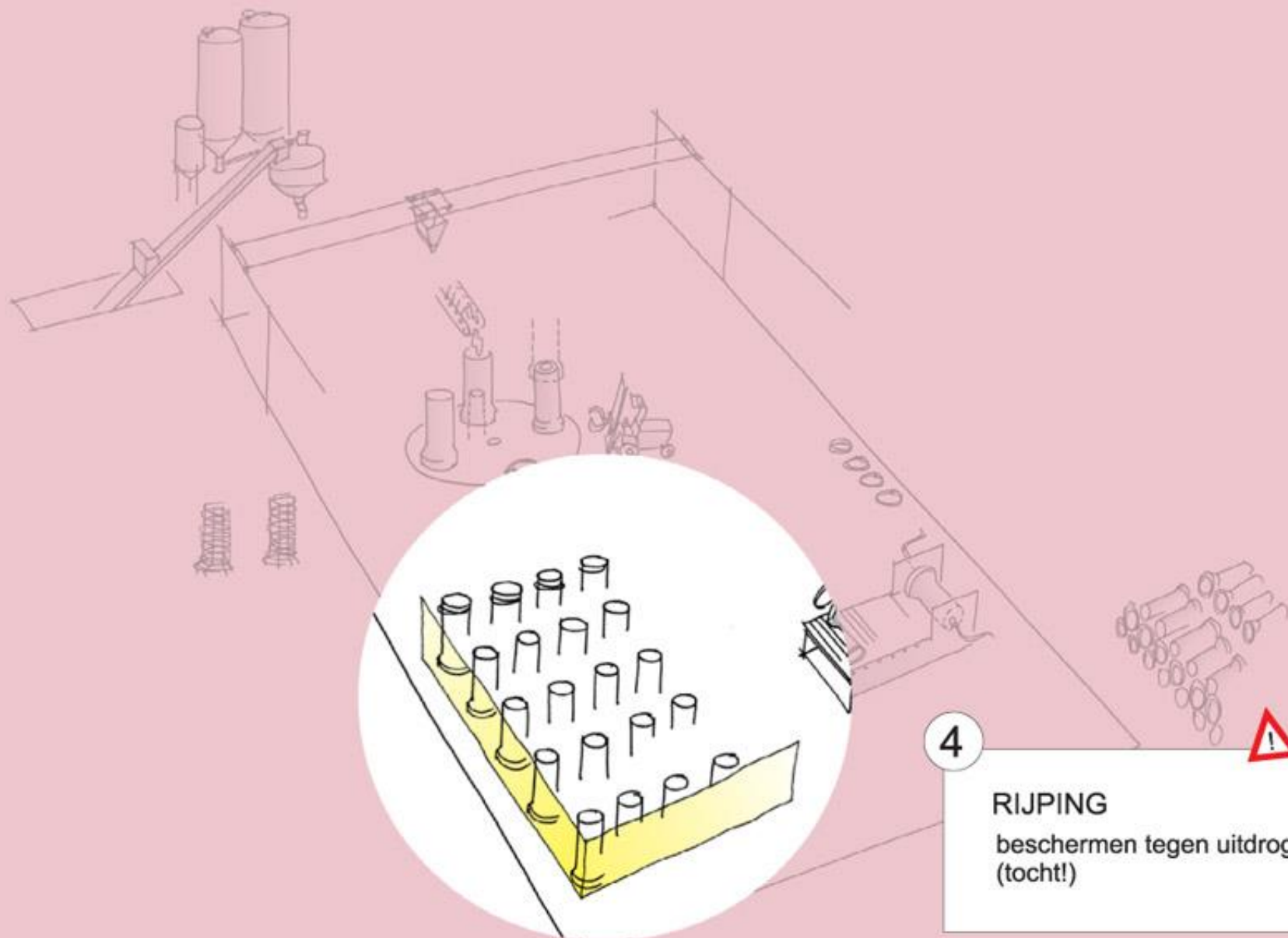
**VERWERKING BETON**

- ☐ verdichtingstechnieken:
persen, walsen,
trillen, centrifugeren
- ☐ vervorming van uiteinden
vermijden (spie/mof)



2b3

betonfabriek *buizen*



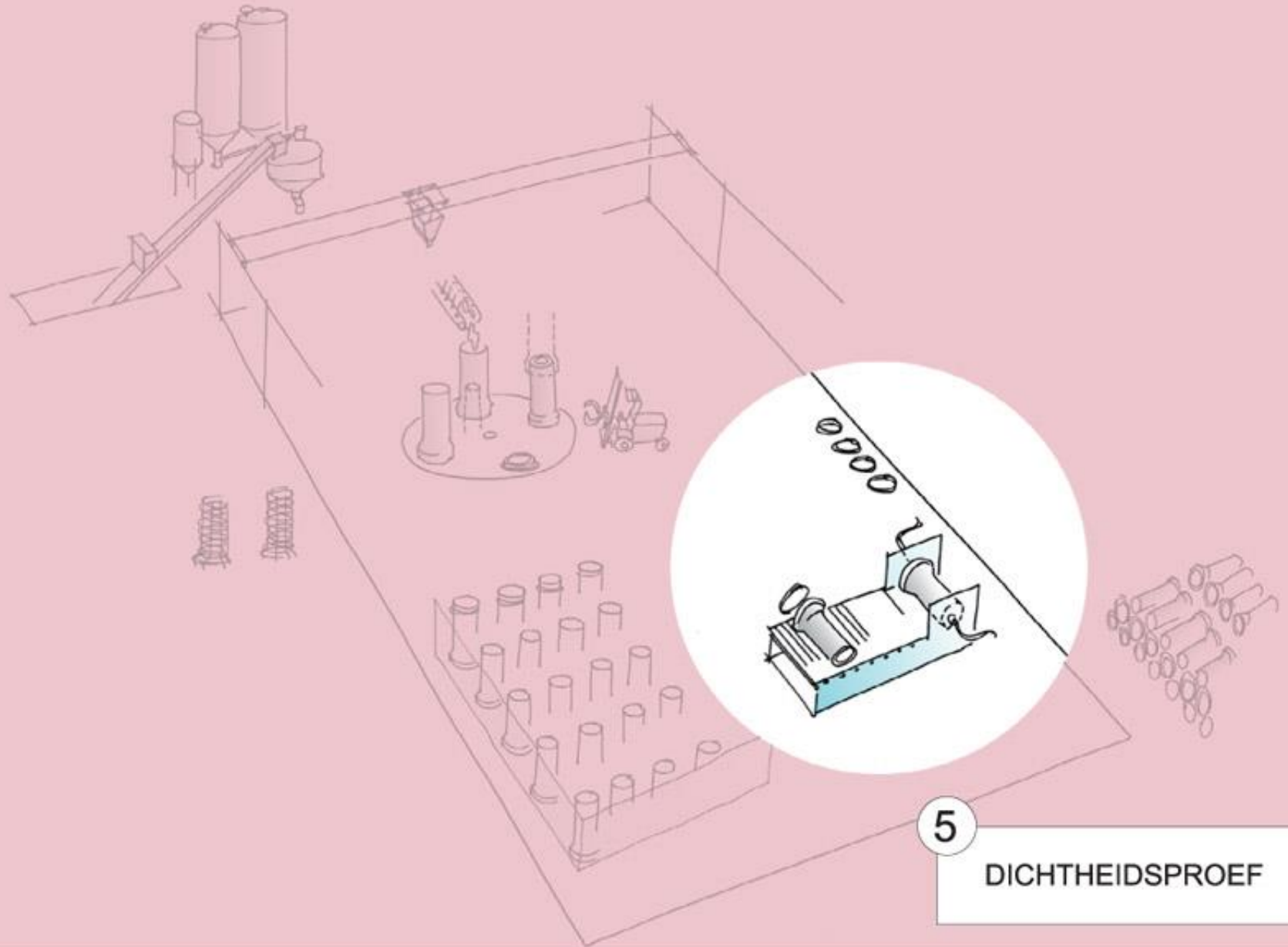
4

RIJPING

beschermen tegen uitdroging
(tocht!)

2b3

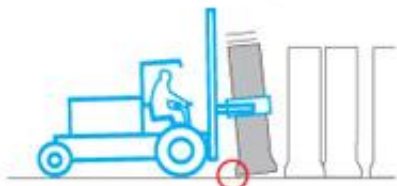
betonfabriek *buizen*



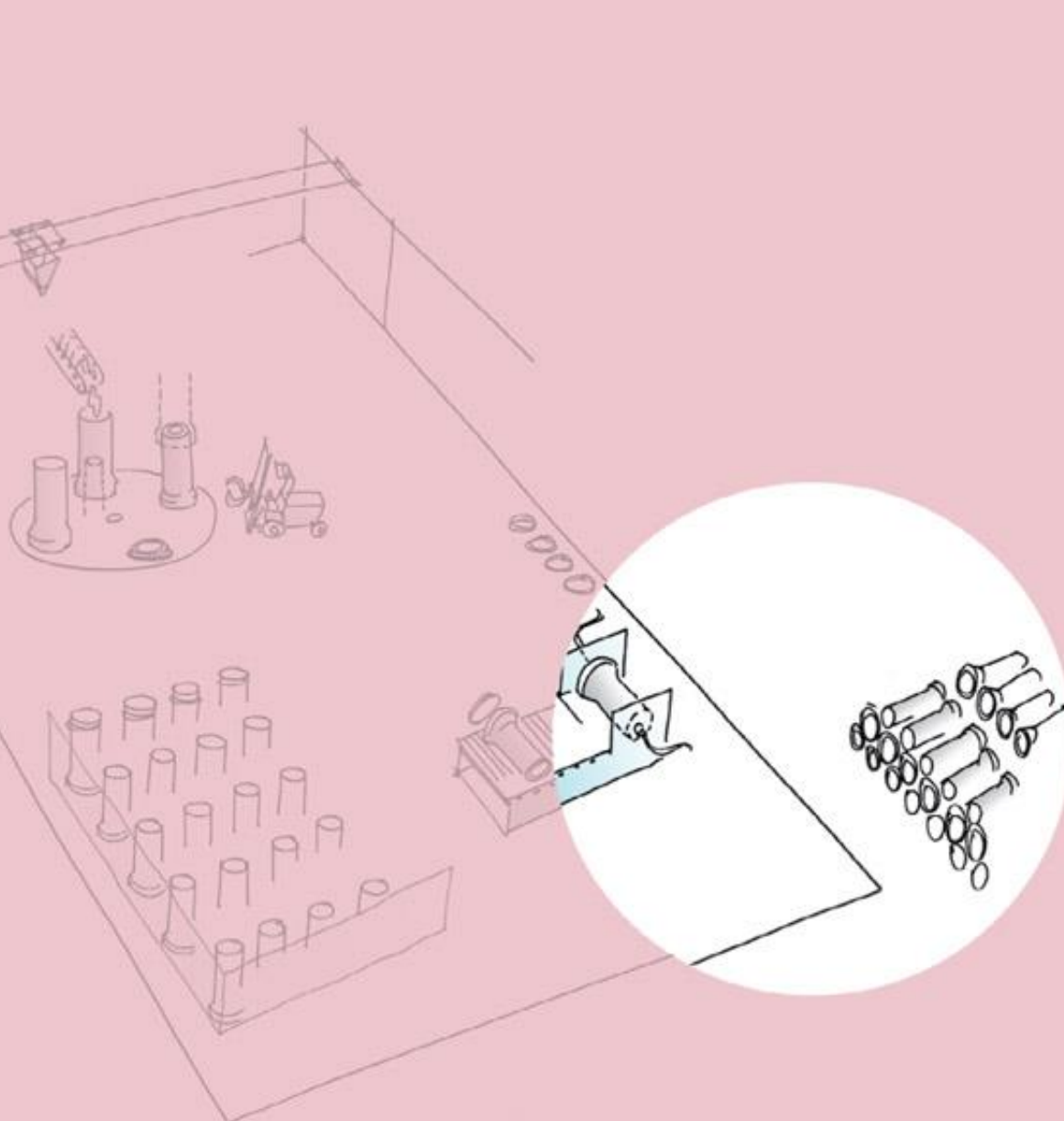
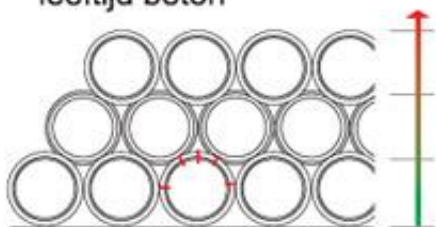
6

STOCKAGE

- ☐ verticaal:
mof niet beschadigen



- ☐ horizontaal :
stapelhoogte in functie
van buisdiameter,
leeftijd beton



2b4 beton maken op de bouwplaats

samenstellingen



voorbeelden van doseringen, enkel voor kleine hoeveelheden !

bestemming van het beton		grove granulaten	aantal volumes voor 1 volume cement			volumes	
			aantal liter (kg) voor 50 kg cement			liter (kg)	
			grove granulaten	Rijnzand	water	vers beton	
BETON- CONSTRUCTIES (gewapend of niet)	extra kwaliteit (beton blootgesteld aan regen en/of vorst)	4/32	2 3/4 volumes 110 liter (180 kg)	1 volume 45 liter (75 kg)	1/2 volume 20 liter	3 1/4 volumes 135 liter	
		4/14 of 6/20	2 1/2 100 (160)	1 45 (75)	1/2 20	3 120	
		2/8	1 3/4 75 (105)	1 45 (75)	1/2 20	2 1/2 105	
	gewone kwaliteit (beton beschut tegen regen en vorst)	4/32	3 130 (205)	1 1/2 60 (100)	2/3 25	3 3/4 160	
		4/14 of 6/20	2 3/4 115 (160)	1 1/2 60 (100)	2/3 25	3 1/3 140	
		2/8	2 85 (120)	1 1/2 60 (100)	2/3 25	3 125	
	FUNDERINGEN	met Rijnzand	4/32 of 6/20 of 2/8	3 3/4 155 (220)	2 80 (130)	3/4 30	4 1/3 180
		met fijn zand		3 1/2 145 (200)	2 85 (110)	3/4 30	4 165



VOCHTIG ZAND zwelt :
in dat geval meer zand gebruiken
en minder water !

1a

1c

2b4 beton maken op de bouwplaats *mengen*

(0 = de betonmolen starten !)

achtereenvolgens in de betonmolen gieten:

1- de helft van het grind + een deel van het water

2- al het cement



nooit beginnen met het cement !

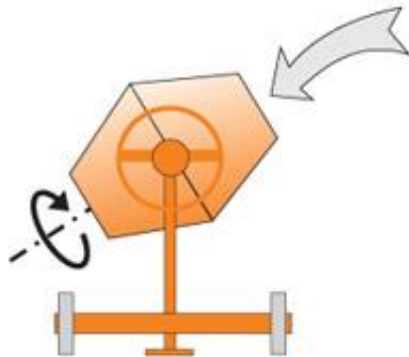
3- het zand + de rest van het grind

4- het water nodig voor een “plastische consistentie”

5- laten mengen gedurende 2 à 3 minuten

6- de betonmolen leeg maken + het beton verwerken

(7- na het werk de betonmolen
zorgvuldig schoonmaken !)



2b4 beton maken op de bouwplaats

consistentie, verwerkbaarheid



te nat...
(gevaar voor ontmenging)

⇒ cement toevoegen



te droog...
(niet goed verwerkbaar,
gevaar voor holtes,
grindnesten)

⇒ water toevoegen



“plastisch”
(goed verwerkbaar,
geen gevaar voor
ontmenging)



water-cementfactor W/C moet liggen tussen 0,4 (topkwaliteit) en 0,6 (funderingsbeton)

Normen & Technische Voorschriften:

NBN EN 206-1:2001 – Beton - Deel 1: Specificaties, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit
Brussel : BIN, 2001

NBN B 15-1:2004 – Aanvulling op NBN EN 206-1
Brussel : BIN, 2004

Specificatie betonnormen in België
Geconsolideerde tekst voorbereid met de steun van het Betonplatform
Brussel : BIN, 2005

Verdere informatie:

Voorschrijven van beton volgens de normen NBN EN 206-1:2001 en NBN B 15-001:2004
Met voorbeelden van betonspecificaties en type-bestektekst
Dossier Cement, bulletin nr. 34
Brussel : FEBELCEM, 2005

Hoe beton voorschrijven?
Technische Fiche
Brussel : FEBELCEM, 2005

www.febelcem.be
www.cric.be
www.fsbp.be
www.febe.be
www.betongroepering.be