

Vrijkomende Agrarische Bebouwing

Hoe kan de gemeente Barneveld de keten voor de regio Foodvalley en de regio Amersfoort, om te komen van sloopmaterialen tot hoogwaardige bouwmaterialen, sluitend krijgen?



(MullerKaas, 2018)



David Jansen	1729935
Tom Matlung	1703887
Kimberley Riedstra	1695586
Lennert de Rooij	1720335
Mark van Vliet	1705646
Waad Wadea	1663265

Docent:	Marieke Venselaar
Cursuscode:	TBBE-VSCIST-18_2019
Cursusnaam:	Circulaire Stad
Datum:	28-10-2019

Hoofdverslag Blok A

Voorwoord

Voor u ligt het adviesrapport 'Vrijkomende agrarische bebouwing regio Foodvalley en regio Amersfoort.' Dit rapport is geschreven in het kader van de specialisatie Circulaire Stad aan de opleiding Built Environment aan de Hogeschool Utrecht in opdracht van Buro BOOT. Als groep zijn wij hier de afgelopen 8 weken mee bezig geweest.

Bij dezen willen wij graag onze docent, Marieke Venselaar, aan de Hogeschool Utrecht bedanken voor het meerdere malen verschaffen van waardevolle en uitgebreide feedback. Deze feedback zorgde ervoor dat we het rapport op een hoger niveau konden opleveren. Dit was een uiterst fijne ervaring die wij nog niet vaak zijn tegengekomen op de Hogeschool Utrecht, bedankt!

Tot slot willen wij graag onze contactpersoon bij Buro BOOT, Willemijn Drok, bedanken voor haar waardevolle kennis betreft het onderwerp en de bestaande materiaalinventarisaties vanuit BOOT. Dit was doorslaggevend voor het onderzoek.

Wij wensen u veel leesplezier toe.

David Jansen
Tom Matlung
Kimberley Riedstra
Lennert de Rooij
Mark van Vliet
Waad Wadea

Utrecht, 24 oktober 2019

Samenvatting

Tot 2030 zal op de VAB-locaties in de regio Foodvalley en de regio Amersfoort ruim 1.3 miljoen m² aan agrarische bebouwing vrijkomen. Voor 2030 geldt vanuit de Rijksoverheid een landelijke doelstelling om 50% minder primaire grondstoffen te gebruiken. Door circulair gebruik van de vrijkomende materialen uit de VAB's, kan aan deze doelstelling een mooie bijdrage geleverd worden. Buro BOOT, gespecialiseerd in circulair sloopmanagement, vroeg de groep studenten van de Hogeschool Utrecht om een inventarisatie te maken van de vrijkomende materialen uit de VAB's in de regio Foodvalley en de regio Amersfoort. Ook is Buro BOOT geïnteresseerd naar de circulaire mogelijkheden van deze vrijkomende materialen.

In dit onderzoek is gekeken naar de vrijkomende materialen uit rundvee- varkens- kippen- schapen/geiten en paardenstallen. Eerst is gekeken naar hoeveel m³ element vrijkomt uit de verschillende stallen. Vervolgens is de vrijkomende bebouwing in vier bouwperiodes verdeeld om het materiaal per element te bepalen. Per bouwperiode zit namelijk verschil in materiaalgebruik. Uit de berekening komt dat uit de VAB's ruim 685 duizend m³ materiaal vrijkomt. Hiervan is beton met 56% van het totaal het meest vrijkomende materiaal. 28% van het totaal is metselwerk, 8% isolatiemateriaal, 5% houtsoorten, 2% dakbedekking en 1% staal.

Betreft de circulaire mogelijkheden is voor elk vrijkomend materiaal eerst gekeken naar de kwaliteit van het materiaal, de gewenste kwaliteit en de levensduur van het materiaal. Over het algemeen moet elk materiaal intact zijn, schoon zijn, zo min mogelijk contact met water hebben gehad en mag het materiaal niet met asbest vervuild zijn.

Voor elk materiaal zijn circulaire mogelijkheden bedacht die gecategoriseerd zijn volgens de 10 R'en. Dit wordt ook wel de ladder van circulariteit genoemd, waarin de eerste R het meest circulair is en de tiende R het minst. Reuse, repurpose en recycle zijn de meest voorkomende niveaus voor circulair hergebruik van de vrijkomende materialen.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding.....	5
1.2	Leeswijzer.....	6
1.3	Huidige situatie.....	7
1.4	Gewenste situatie.....	7
1.5	Probleemstelling.....	7
1.6	Doelstelling.....	7
1.7	Vraagstelling.....	8
1.8	Op te leveren producten.....	8
1.9	Scope (afbakening).....	8
2.	Inventarisatie.....	9
2.1	Deelvragen.....	9
2.2	Uitgewerkte gegevens.....	20
2.3	Conclusie.....	23
3.	Circulair hergebruik van vrijkomende materialen.....	24
3.1	Beton.....	25
3.2	Metselwerk.....	27
3.3	Algemeen isolatiemateriaal.....	28
3.4	Hardhout.....	29
3.5	Dakbedekking.....	30
3.6	Staal.....	31
3.7	Conclusie circulair gebruik vrijkomende materialen.....	33
4.	Conclusie.....	34
5.	Discussie.....	35
6.	Bibliografie.....	36
7.	Bijlagen.....	39
Bijlage 1	Exceltabel wat totaal vrijkomt.....	39
Bijlage 2	Prognose VAB 2012 – 2030 per gemeente in m ²	41
Bijlage 3	Toelichtingen uitwerkmethoden.....	42
Bijlage 4	Uitgewerkte stappen.....	43
Bijlage 5	Foto's stallenbezoek.....	45
Bijlage 6	Bronnen diagrammen.....	46
Bijlage 7	Diagrammen vergroot.....	47

Woordenlijst

<i>Afval in een circulaire economie:</i>	Het motto van een circulaire economie is ‘afval bestaat niet’. Wat hier onder valt is het volgende: 1. Gebruikte grondstoffen die worden geconsumeerd en weggegooid. 2. Producten met waardeketens (die nog mogelijk zijn voor hergebruik). 3. Producten die niet volledig worden gebruikt. 4. Gebruikte producten met grondstoffen van waarde (Ritter & Bet, 2016).
<i>Circulaire economie:</i>	Een economisch en industrieel systeem waarbij de herbruikbaarheid van producten en grondstoffen, en het Herstellend Vermogen van natuurlijke hulpbronnen, als uitgangspunt neemt. Daarnaast minimaliseert het de waarde vernietiging en wordt er gestreefd naar waarde creatie in iedere schakel van het systeem (Ritter & Bet, 2016).
<i>Downcycling:</i>	“Een term die wijst op het herhaaldelijk recycleren van een materiaal waarbij de volgende versie steeds iets minder kwalitatief is dan de vorige.” (Encyclo.nl, 2007)..
<i>Infographic:</i>	“Bij een infographic zijn tekst en afbeeldingen één geïntegreerd geheel. Infographics worden gebruikt om op snelle en duidelijke wijze informatie over te brengen. Het inzetten van infographics wordt ook wel aangeduid als datavisualisatie.” (marketingtermen.nl, 2019).
<i>Melkquotum:</i>	(Door de EU) vastgestelde hoeveelheid (koe)melk die een melkveehouderij mag produceren zonder strafheffingen te hoeven betalen (Ensie.nl, 2019).
<i>Upcycling</i>	“Bij Upcyclen worden materialen verwerkt tot een nieuw product, waarbij de kwaliteit van het materiaal niet wordt gedegradeerd. Het materiaal wordt dus niet afgebroken.” (Tjon-en-fa, 2017)
<i>VAB:</i>	Vrijkomende agrarische bebouwing
<i>Virgin materialen:</i>	Nieuwe materialen. Materialen die voor het eerst gebruikt worden bij het produceren van een product.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor de specialisatie Circulaire Stad zijn wij, studentenadviesteam De Groene Toppers, benaderd door Ingenieursbureau BOOT om een overzicht van de verwachte vrijkomende (bouw)materialen in de regio Foodvalley en de regio Amersfoort te maken voor de komende jaren tot 2030. Dit overzicht bevat een analyse waarin staat hoe vrijkomende materialen hergebruikt kunnen worden.

BOOT is een ingenieursbureau dat advies geeft over onder andere circulair slopen. BOOT is gespecialiseerd in sloopmanagement en streeft naar een circulair economisch systeem. BOOT ziet de sloop van een gebouw als de start van een noodzakelijke duurzame gebiedsontwikkeling. BOOT probeert opdrachtgevers te laten zien dat duurzaam slopen vaak goedkoper is dan traditionele sloop. De gemeente Barneveld heeft de opdracht gegeven aan BOOT. De gemeente Barneveld is een van de grotere gemeenten waar veel agrarische bebouwing vrijkomt. Zij zoeken hier graag een oplossing voor (Drok, 2019). De regio Foodvalley, de regio Amersfoort en de VAB-eigenaren zijn de betrokken partijen.

Ongeveer 86% van de totale ruimte in Nederland is landelijk gebied, met als hoofdgebruiker de agrarische sector. Op dit landelijk gebied staat circa 122 miljoen m² bebouwing in agrarisch gebruik. Hiervan zal tot aan 2030 op de VAB-locaties 30 miljoen m² aan bedrijfsgebouwen vrijkomen (Gies T. , et al., Landelijk gebied en Leegstand, 2016). In de agrarische sector vinden momenteel grote transformaties plaats. Zo wordt verwacht dat mede door de recente landelijke ontwikkelingen in de agrarische sector, zoals de wetgeving rondom fosfaatrechten, de afschaffing van het melkquotum en schaalvergroting, veel agrarische bedrijven hun bedrijfsvoering zullen stoppen. Met als gevolg dat veel agrarische erven en stallen hun agrarische functie verliezen (CBS, 2011). Hierdoor ontstaat een enorme opgave voor herbestemming of sanering van de agrarische bebouwing. De sloop van de stallen kan voor de agrariër een economisch dilemma zijn. Wanneer de agrariër stopt met zijn bedrijf, kost het vaak veel geld om de stal te slopen. Omdat de stal voor de agrariër niet in de weg staat, is het voor de agrariër voordeliger om de stal te laten staan. Echter zit nog wel een hoop waarde in de stallen. Een hoop materialen en installaties uit de stallen kunnen circulair hergebruikt worden door verschillende doelgroepen die in hoofdstuk 3 van dit project worden benoemd.

In de regio Foodvalley en de regio Amersfoort zijn bijna 4000 boerenbedrijven aanwezig. Het gaat vooral om veehouderijen, zoals koeien, varkens en kippen. Door recentelijke ontwikkelingen wil een deel verduurzamen en een deel stoppen. Uit een studie van het Kadaster en Universiteit Wageningen volgt dat tussen 2000 en 2015 30% van de agrarische bedrijven in de provincie Utrecht gestopt zijn (Both, et al., 2017). Naar verwachting zal tussen 2015 en 2030 nogmaals ruim 30% van de overgebleven agrarische bedrijven verdwijnen (Gies E. , Nieuwenhuizen, Smidt, & Beun, 2014). Dit heeft grote gevolgen voor de leefbaarheid, het landschapsbeeld en de economie van het platteland. Zo veranderd de leefbaarheid van de stallen door de sloop of de nieuw gegeven functie, het landschapsbeeld gaat achteruit door oude vervallen stallen. Economische gevolgen zijn dat de grond niet gebruikt wordt voor de landbouw of andere gebruiksdoelen.

In Figuur 1 is een prognose te zien van de vrijkomende agrarische bebouwing (VAB) tussen 2012 en 2030.



Figuur 1 Vrijkomende agrarische gebouwen (Gies E. , Nieuwenhuizen, Smidt, & Beun, 2014)

1.2 Leeswijzer

Om te komen tot een antwoord op de hoofdvraag is een logische opbouw van de hoofdstukken en paragrafen gekozen: In dit hoofdstuk (hoofdstuk 0) wordt een algemeen beeld gegeven van de opdracht en de redenen tot het uitvoeren van dit onderzoek. Dit hoofdstuk is gebaseerd op het plan van aanpak voor dit onderzoek.

Vervolgens wordt in hoofdstuk 2 de materialeninventarisatie gemaakt. Dit gaat aan de hand van een aantal deelvragen die stapsgewijs worden beantwoord. Na elke deelvraag wordt kort een samenvatting, conclusie en vervolg gegeven. In dit vervolg wordt beschreven hoe de bevonden resultaten worden gebruikt om de hoofdvraag of volgende deelvragen te beantwoorden. Hoofdstuk 2 eindigt met de beantwoording van de vraag: 'hoeveel materiaal komt er vrij?'.

In hoofdstuk 3 wordt vervolgens gekeken wat kan worden gedaan met het vrijgekomen materiaal. Eerst wordt beschreven hoe de kwaliteit van belang is voor het kunnen gebruiken van het materiaal. Daarna worden een aantal opties voor het hergebruiken van het soort materialen beschreven. De kwaliteit en opties samen zijn het uitgangspunt voor de conclusie over hoe het materiaal circulair gebruikt kan worden.

Uiteindelijk wordt in hoofdstuk 4 een terugblik gegeven op de beantwoorde deelvragen en een slotantwoord gegeven op de hoofdvraag. Ook wordt hier de manier van onderzoek doen bediscussieert.

1.3 Huidige situatie

Wanneer gesloopt wordt gaat dit gepaard met “downcycling”. Materialen krijgen een minder waardevolle positie. Daarnaast worden veel nieuwe (virgin) materialen gebruikt bij nieuwbouw- en uitbreidingsprojecten. Dit is in strijd met de ambitie van de Rijksoverheid om in 2030 voor 50% circulair te zijn (Rijksoverheid, 2019). De materiaal- en grondstofketen is niet gesloten en is hieronder te zien:

Sloopaannemer → stort

Ondanks dat in de regio al materialen aanwezig zijn, wordt er vaak voor gekozen om nieuwe materialen te gebruiken die vanuit de hele wereld naar de regio Foodvalley worden getransporteerd. Hierdoor komt veel meer CO₂ vrij voor de verplaatsing en productie van nieuwe materialen, dan wanneer gebruik wordt gemaakt van de aanwezige materialen.

De stallen van die bedrijven zijn leeg komen te staan. Hierdoor worden ze doelwit van onder andere veroudering en daardoor waardeverlies van de bouwmaterialen. Daarnaast zijn gemeenten bang dat de leegstaande schuren kwetsbaar worden voor drugscriminaliteit. Wanneer de stallen worden gesloopt zijn deze beide risico's verholpen. Het vrijkomende materiaal van deze stallen kan mogelijk gebruikt worden voor nieuwe doeleinden.

1.4 Gewenste situatie

De situatie waarnaar gestreefd wordt, is een situatie waar de materiaal- en grondstofketen gesloten is. Dat wil zeggen dat de sloop van vrijkomende agrarische bebouwing duurzaam verloopt en dat het sloopmateriaal zo lokaal mogelijk hergebruikt wordt. De gewenste materiaal- en grondstofketen staat hieronder:

Slopen van bebouwing (→ opschonen van materialen) → hergebruik voor nieuwe doeleinden

1.5 Probleemstelling

De gemeente Barneveld en Buro BOOT hebben geen duidelijk beeld hoeveel materiaal er vrijkomt bij de sloop van vrijkomende agrarische bebouwing. Daarnaast is onbekend welke kwaliteit de vrijkomende materialen hebben.

1.6 Doelstelling

Dit project heeft als doel de sloop van vrijkomende agrarische bebouwing voor zowel de boeren als de aannemers (sloop en bouw) economisch aantrekkelijk en duurzaam te maken. Dit kan door sloopmateriaal van stallen lokaal te upgraden en geschikt te maken voor de bouw van nieuwe stallen of andere gebouwen. Zodoende worden nieuwe economische dragers voor stoppende boeren gecreëerd en een bijdrage geleverd aan de vermindering van de CO₂ uitstoot en de afvalberg. Het doel van BOOT is om circulaire ketens voor bouwmaterialen te ontwikkelen.

1.7 Vraagstelling

De volgende hoofdvraag komt hieruit: Hoe kan de gemeente Barneveld de keten voor de regio Foodvalley en de regio Amersfoort, om te komen van sloopmaterialen tot hoogwaardige bouwmaterialen, sluitend krijgen? Om deze vraag te kunnen beantwoorden is het onderzoek opgedeeld in twee delen. In deel 1 (hoofdstuk 2) wordt een inventarisatie gemaakt van de stallen, met als doel om uit te zoeken hoeveel materialen er in totaal vrijkomen. Dit onderzoek wordt gedaan aan de hand van de volgende deelvragen:

- Welke verschillende types stallen zijn er?
- Welke bouwperiodes zijn er?
- Welke materialen komen vrij?
- Hoeveel materialen komen vrij?

In deel 2 (hoofdstuk 3) wordt gekeken naar wat de “afvalmaterialen” van de gesloopte stallen kunnen betekenen voor andere (bouw)projecten. In dit onderdeel wordt weer gewerkt aan de hand van deelvragen:

- Welke kwaliteit hebben de vrijgekomen materialen?
- Welke materialen komen uit de verschillende type stallen?
- Hoe kan de kwaliteit van de vrijgekomen materialen gewaarborgd worden?
- Wat voor referenties zijn aanwezig voor soortgelijke projecten?
- Hoe kunnen de afvalstoffen/grondstoffen opgewaardeerd worden naar bruikbaar bouw materiaal voor nieuwe stallen?

1.8 Op te leveren producten

Dit onderzoek levert twee producten op.

1. Een inventarisatie van de vrijkomende materialen van lege stallen tot en met 2030.
2. Een evaluatie van de kwaliteit van de materialen en ideeën over hoe deze materialen hergebruikt kunnen worden.

1.9 Scope (afbakening)

Gekozen is om te werken vanuit bouwelementen. De elementen die in de berekening worden meegenomen zijn:

- Vloer (zonder rooster)
- Vloer (roosters)
- Kelder
- De schil (dak en wanden)
- Isolatie
- Metselwerk

In dit rapport kijken we niet naar woonhuizen en werktuigopslagen. Voor de hoeveelheid stallen zullen schattingen gemaakt moeten worden. Aanwezige prognoses gaan over de verwachte hoeveelheid stoppende bedrijven per gemeente. Dit zou BOOT graag opgedeeld willen zien per bouwperiode en per type bedrijf.

2. Inventarisatie

Dit deel richt zich op het bepalen van de hoeveelheid vrijkomende materialen zodat er inzicht verkregen wordt in de materiaalstromen. Om de inventarisatie van materialen op een gestructureerde manier aan te pakken zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. Welke type stallen staan leeg/komt leeg te staan tot en met 2030?
2. Hoeveel agrarische bebouwing staat leeg/komt leeg te staan tot 2030?
3. Uit welke materialen bestaat de stal?
4. Hoeveel materialen komen vrij?
5. Uit welke bouwperioden komt de vrijkomende bebouwing?
6. Hoeveel materialen komt per bouwperiode vrij?

Nadat deze vragen zijn beantwoord wordt een conclusie getrokken.

2.1 Deelvragen

2.1.1 Welke type stallen staan leeg/komt leeg te staan tot en met 2030?

Aan de hand van de beschikbare informatie op Statline (StatLine, 2019) zijn de volgende stalsoorten geclassificeerd. Deze stalsoorten zijn gebaseerd op verschillende typen dieren. In Statline wordt een onderverdeling tussen graas- en hokdieren gemaakt. Deze onderverdeling is te zien in Tabel 1.

Het materiaal verschilt per stalsoort. Daarom worden de verschillende stalsoorten uitgewerkt en betrokken in de berekening om te komen tot een aantal kubieke meters.

Tabel 1 Verschil tussen dieren

Graasdieren	Hokdieren
Rundvee	Fokvarkens
Schapen	Mestvarkens
Geiten	Kippen
Paarden en Pony's	Kalkoenen
	Slachteenden
	Konijnen
	Edelpelsdieren

Deze dieren zijn samengevoegd tot 5 soorten waarvan de stallen worden onderzocht:

1. Rundvee
2. Schapen en geiten
3. Paarden en pony's
4. Varkens
5. Kippen

Schapen en geiten worden gecombineerd. Deze hebben namelijk eenzelfde soort stal. De kalkoenen, slachteenden, konijnen en edelpelsdieren worden buiten de beschouwing gelaten, omdat dit een klein percentage aan dieren is en hiervoor geen referenties te vinden zijn.

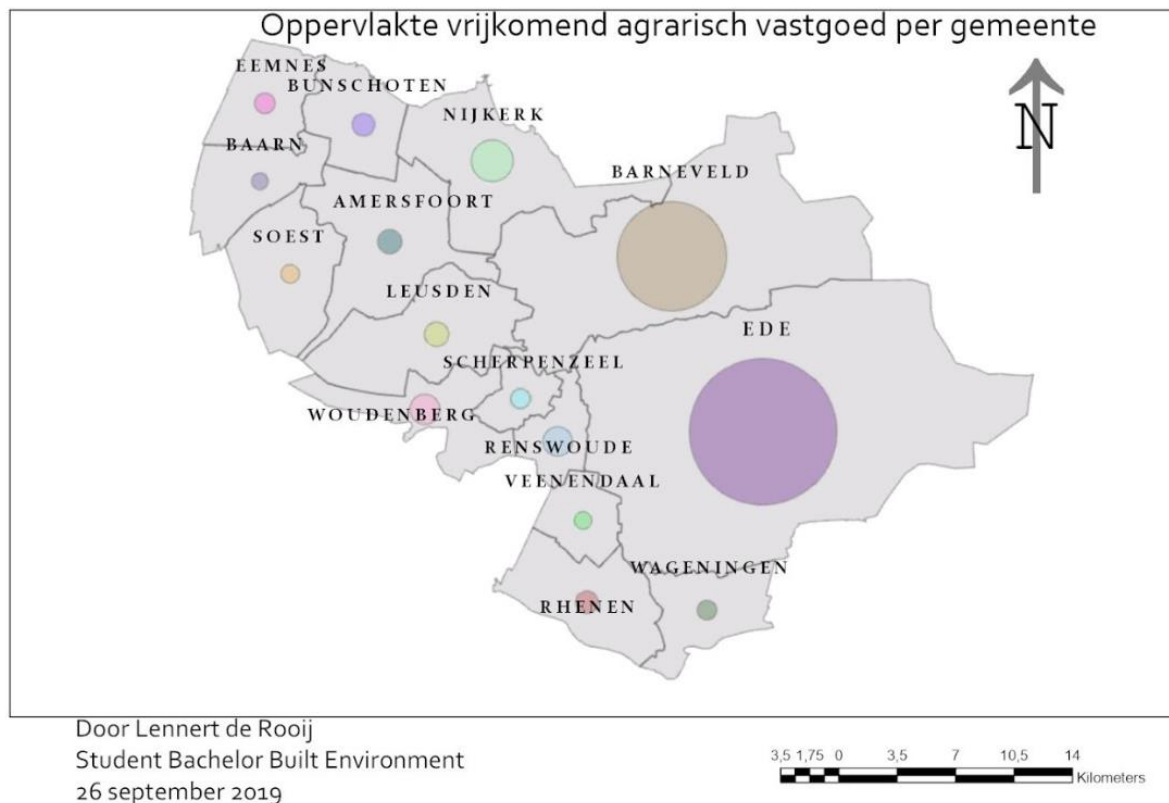
Samenvatting	Conclusie	Vervolg
De diersoorten zijn bepaald, hieruit is een keuze gemaakt om te kiezen voor een aantal diersoorten en de anderen buiten beschouwing te laten.	Er wordt gekeken naar rundvee, schapen en geiten, paarden en pony's, varkens en kippen.	De typen stallen worden gebruikt om referenties te zoeken en de soorten en hoeveelheid materialen te bepalen (deelvraag 3 en 4).

2.1.2 Hoeveel agrarische bebouwing staat leeg/komt leeg te staan tot 2030?

Figuur 2 laat de prognoses van vrijkomende agrarische bebouwing tussen 2012 en 2030 zien. In dit figuur is te zien hoeveel vierkante meters bedrijfsgebouwen (exclusief kassen) vrijkomen tot 2030. De gegevens komen uit Tabel 2, waarin deze getallen zijn opgedeeld in blijvende en vrijkomende vierkante meters agrarische bedrijven.

In Tabel 2 is exact te zien hoeveel vierkante meter agrarisch vastgoed aanwezig is en hoeveel hiervan vrijkomt in zowel absolute getallen als in percentages. In Figuur 2 is per gemeente te zien hoeveel vrijkomt. De grootte van de cirkels zijn in verhouding met elkaar. De oppervlakte van de cirkel in Leusden is bijvoorbeeld twee keer zo groot als de cirkel in Eemnes. Wanneer het vrijkomende agrarische bedrijventerrein wordt vergeleken met de oppervlakte van elke gemeente is te zien dat in Renswoude procentueel het meeste leegstaande vierkante meters zijn voorspeld, wat inhoudt dat hier de leegstaande stallen opvallender zullen zijn dan de leegstaande stallen in Baarn, waar nauwelijks stallen vrijkomen.

In totaal komt 1.354.358 m² aan agrarisch vastgoed vrij in deze regio. Het materiaal uit dit agrarisch vastgoed heeft mogelijk waarde en het zou zonde zijn om dat allemaal te laten verloederen.



Figuur 2 Kaart VAB regio Amersfoort en regio Foodvalley

Tabel 2 Vrijkomend tegenover bestaand (StatLine, 2019)

Gemeente	Totaal bedrijfsgebouw (m ²)	Bedrijfsgebouw vrijkomend (m ²)	Percentage VAB's (%)
Amersfoort	97.656	32.668	33,5
Baarn	30.516	132	0,4
Barneveld	1.346.391	397.201	29,5
Bunschoten	89.505	23.859	26,7
Ede	1.564.898	556.797	35,6
Eemnes	56.175	16.391	29,2
Leusden	158.614	33.609	21,2
Nijkerk	331.571	109.705	33,1
Renswoude	183.816	54.577	29,7
Rhenen	138.053	23.807	17,2
Scherpenzeel	101.347	14.857	14,7
Soest	40.405	10.973	27,2
Veenendaal	18.022	5.208	28,9
Wageningen	44.886	15.357	34,2
Woudenberg	223.505	59.217	26,5
Totaal	4.425.360	1.354.358	

Samenvatting	Conclusie	Vervolg
Aan de hand van verkregen informatie van Buro BOOT is bepaald hoeveel procent van het agrarisch vastgoed vrijkomt. Dit gegeven is per gemeente in een kaart verwerkt.	Er komt totaal 30,6% agrarische bebouwing vrij over alle gemeentes van de regio's Foodvalley en Amersfoort.	Het percentage vrijkomende agrarische bebouwing (VAB) wordt gebruikt in deelvraag 5 voor de vraag hoeveel materialen vrijkomen.

2.1.3 Uit welke materialen bestaat de stal?

Uit paragraaf 2.1.2 blijkt dat ruim 1,3 miljoen vierkante meter agrarisch vastgoed leeg komt te staan. Hiervan zijn de materialen nog onbekend. Om tot een correcte materiaalstroom te komen zal bepaald moeten worden welke materialen vrijkomen bij het slopen van de verschillende stallen. De stallen zijn in Tabel 3 verdeeld in de vijf varianten die in paragraaf 2.1.1 zijn bepaald: rundvee, schapen/geiten, paarden/pony's, varkens en kippen. Door de stallen te onderscheiden in gebruiksfunctie zal een duidelijker verschil in materiaalstromen naar voren komen. Elk dier heeft namelijk zijn eigen nodige materialen.

Zoals in de scope (Hoofdstuk 1.9) benoemd is wordt geen rekening gehouden met de woonhuizen en werktuigopslag. Waar wel rekening mee wordt gehouden is de grootte van het volume van de materialen. In dit onderzoek wordt alleen gekeken naar de grootste volumes aan materialen. Onder deze grootste volumes van de elementen gelden daken, dakbalken, isolatie, constructies, vloeren, roosters, kelders en metselwerk. Deze materialen zijn bepaald door een aantal onderzoeken op locatie, van Buro BOOT. Installaties worden in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. Deze worden doorverkocht door de boer zelf.

De volgende onderzoeken zijn gebruikt voor de bepaling van materialen van de verschillende soorten stallen:

- Rundvee: Onderzoek op de Amersfoortseweg 271, Uden (Bovenkamp van de & Drok, Rapport materialen- en stoffeninventarisatie amersfoortseweg 271 Uddel, 2019)/
- Varkens: Onderzoek op de Gelkenhorsterweg 3, Barneveld (Bovenkamp van de & Drok, Rapport materialen- en stoffeninventarisatie varkensstal gelkenhorsterweg 3 te barneveld, 2019).
- Kippen: Onderzoek op de Ruitenbeekweg 25, Lunteren (Bovekamp van de & Drok, 2019).
- Paarden/Pony's: Praktijkonderzoek Mark van Vliet en Kimberley Riedstra.

Tabel 3 Ontbrekende elementen per stalsoort

	Paarden/pony's	Varkens	Kippen
Isolatie			Ontbreekt
Staalconstructie			Ontbreekt
Houten roosters		Ontbreekt	
Kelder	Ontbreekt		Ontbreekt

In Tabel 3 zijn de ontbrekende elementen van de stallen te zien. Dat er in deze stallen bepaalde elementen zijn weggelaten komt doordat deze niet zijn aangetroffen in het locatie onderzoek van Buro BOOT (Bovekamp van de & Drok, 2019). Daarom is de aanname dat deze ook niet in soortgelijke stallen aanwezig zijn.

Bij de Schapen/Geiten en Paarden en Pony's stallen is de aanname gedaan dat deze gelijk zijn aan die van de Rundvee stal, omdat voor deze twee typen stallen geen referentie materiaal gevonden is. De enige wijziging die is doorgevoerd is het bewust laten ontbreken van een kelder bij paardenstallen. Dit is geconcludeerd na een praktijkonderzoek door Mark van Vliet en Kimberley Riedstra.

Samenvatting	Conclusie	Vervolg
Door het bestuderen van een aantal praktijkonderzoeken van Buro BOOT is bepaald welke soort materialen er vrijkomt bij de sloop van vijf soorten stallen.	Per soort stal is een inventarisatie gemaakt en deze is met een aantal aannames aangevuld. De grootste volumes aan materiaal zijn hierin meegenomen.	Dit deel zal worden gebruikt bij het bepalen van de hoeveelheid materiaal en de bouwperiodes in deel 4 en 6.

2.1.4 Hoeveel materialen komen vrij?

Om een beeld te krijgen van de vrijkomende materialen moet met de beschikbare informatie en een aantal aannamen duidelijk worden gemaakt hoeveel materiaal vrijkomt. Verschillende methoden zijn vergeleken in Bijlage 3. Aan de hand van de volgende methode (het onderstaande stappenplan) is uiteindelijk een vrijkomende hoeveelheid materiaal berekend.

Stappenplan

1. Eerst is gekeken naar **hoeveel ruimte** een dier nodig heeft volgens de richtlijnen
2. Vervolgens is gekeken **hoeveel oppervlakte** de gekozen voorbeeldstal heeft.
3. Daarna is bepaald **hoeveel dieren** in de voorbeeldstal kunnen leven.
4. Aan de hand van het reeds gedane onderzoek van Buro BOOT is bepaald **hoeveel materialen** vrijkomen bij de voorbeeldstal.
5. Deze **materialen** (in m³) worden gedeeld door het **aantal dieren** in de voorbeeldstal (materiaal per dier).
6. Hierna wordt het **totaal aantal dieren** van die soort vermenigvuldigd met de hoeveelheid materiaal per dier.
7. Uiteindelijk wordt van elke diergroep de **hoeveelheid materialen** opgeteld en komt het uiteindelijke antwoord.

Uitwerken stappenplan

Hieronder zijn de stappen uit het stappenplan uitgewerkt in alleen tekst. In deze tekst wordt naar tabellen verwezen. Deze tabellen staan in Bijlage 4.

Stap 1: Ruimte per dier

Met behulp van benoemde bronnen in Tabel 11 is per diersoort een aanname gedaan over benodigde oppervlakte die 1 dier nodig heeft. Deze waarde is per dier verschillend door de verschillen in grootte, bewegingsruimte en regelgeving.

Stap 2: Oppervlakte gekozen voorbeeldstal

De oppervlakte van de voorbeeldstal is bepaald via referentieprojecten die benoemd zijn in paragraaf 2.1.3.

Stap 3: Dieren die op het perceel leven

De oppervlakte van de voorbeeldstal uit het referentieproject is gedeeld door de oppervlakte die een dier nodig heeft. Hiermee is een aanname gemaakt hoeveel dieren in de voorbeeldstal leven. De uitkomsten van deze stap zijn te zien in Tabel 12.

Stap 4: Vrijkomende materialen

Aan de hand van eerdere onderzoeken van Buro BOOT is per soort stal bepaald hoeveel materialen vrijkomen. Voor paard/pony en schaap/geit is de aanname gedaan dat deze stallen lijken op koeienstallen. Voor paard/pony stallen is geen kelder meegerekend. De uitkomsten zijn te zien in Tabel 13.

Stap 5: Materialen per dier

Door de hoeveelheid materialen (in m³) te delen door het aantal dieren komt per dier een eigen hoeveelheid van elk materiaal uit. Dit is een waarde die vervolgens makkelijk kan worden doorgerekend naar het totaal aantal dieren.

Voorbeeld van een berekening:

Bij een rundveestal komt 3.1 m³ vrij aan dakbedekking. In stap 3 hebben we het aantal dieren per stal berekend, voor rundvee zijn dat er 52. Per koe is dus 0.06 m³ dakbedekking in de stal. De waarde 3.1 m³ lijkt erg klein, maar een golfplaat is maar 2 cm dik en zo komt nog steeds 155 m² aan dakbedekking vrij.

In bijlage 1 staat het materiaal per dier tegenover tegen het totaal aantal dieren. Aan de hand van een vermenigvuldiging van deze twee gegevens is een aanname gedaan van de totale vrijkomende hoeveelheid materiaal per materiaalsoort.

Stap 6: Totaal materiaal

In Bijlage 1 is het volledige Excelbestand van de berekening van vrijkomende materialen per stalsoort te zien. Hierin is het materiaal per dier vermenigvuldigd met het totaal aantal dieren in de regio Foodvalley en Amersfoort (StatLine, 2019). De uitkomst hiervan is het totaal vrijkomende materiaal per stalsoort.

Stap 7: Totaal vrijkomend materiaal.

In Tabel 4 is het totaal aantal vrijkomend materiaal weergegeven. Dit is het resultaat van de in stap 6 verkregen informatie die per stal is opgeteld. Hiermee wordt een aanname gedaan van de totale vrijkomende hoeveelheden materialen per materiaalsoort.

Tabel 4 Totaal vrijkomend per element

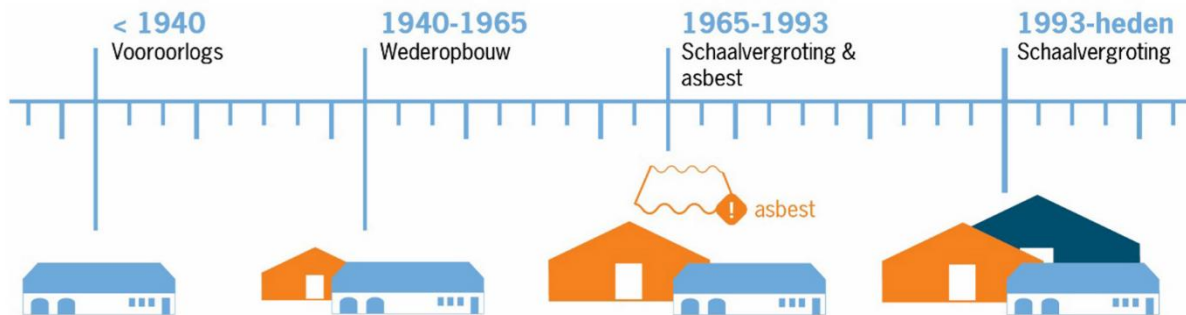
Soort	Vrijkomend
Dak	11.710 m ³
Dakbalken	17.714 m ³
Isolatie	56.493 m ³
Staalconstructie	14.305 m ³
Vloer voergang	92.881 m ³
Houten roosters	23.614 m ³
Kelder	282.473 m ³
Metselwerk	188.889 m ³

Samenvatting	Conclusie	Vervolg
In zeven stappen is de berekening gemaakt van de totaal vrijkomende materialen.	Kelders, metselwerk en vloergangen zijn de grootste waarden en zullen in hoofdstuk 3 uitgebreider besproken moeten worden dan de andere materialen.	Dit deel zal gebruikt worden om in hoofdstuk 3 een beter beeld te hebben van welke materialen welke hoeveelheid vrijkomt. Ook zal het bijdragen aan de bepaling van de soorten materialen per bouwperiode.

2.1.5 Uit welke bouwperiodes komt de vrijkomende bebouwing?

De bouwperiode zegt veel over de materialen die vrijkomen. Gebruikte materialen zijn namelijk afhankelijk van wat in een bepaalde periode beschikbaar is. Met deze gegevens wordt, bij de berekening van de totale en vrijkomende bouwmaterialen rekening gehouden.

Nederland kent vier kenmerkende bouwperiodes betreft agrarische bebouwing (Gies T. , Nieuwenhuizen, Naeff, Vleemigh, & Paulissen, Landelijk gebied en Leegstand, 2016). Figuur 3 laat deze periodes zien. Binnen de berekening van de vrijkomende materialen per bouwperiode wordt de volgende aanname gedaan: alle agrarische bebouwing verkeert nog in zijn originele staat.



Figuur 3 Bouwperiodes agrarische bebouwing (Gies T. , Nieuwenhuizen, Naeff, Vleemigh, & Paulissen, Landelijk gebied en Leegstand, 2016, p. 15)

De vooroorlogse periode < 1940

Veel boerderijen uit de vooroorlogs periode zijn van herenboeren geweest. Deze boeren hadden voldoende kapitaal om personeel in dienst te nemen en grote versierde boerderijen te bouwen. Figuur 4 laat zo'n herenboerderij zien. Over het algemeen werd de grond voor 1940 binnen het landelijk gebied grotendeels gebruikt voor agrarische doeleinden. Kenmerkend aan deze periode is dat woon en bedrijfsgedeelten vaak in hetzelfde gebouw zitten of aan elkaar verbonden zijn (Agrarisch erfgoed, 2011).

Bij het inventariseren van materialen uit vrijkomende stallen binnen deze periode moet rekeningen gehouden worden met:

- Een hardhouten constructie.
- Hardhouten roosters.
- Dakpannen als dakbedekking.

Tabel 5 geeft de aannames voor het materiaal gebruik per element van de stal binnen deze bouwperiode aan.

Tabel 5 Aannames gebruikt materiaal in de vooroorlogse periode < 1940

Element van de stal	Materiaal soort
Kelder	Beton
Wanden	Metselwerk met mortel
Vloer	Beton
Isolatie	Isolatiemateriaal
Roosters	Hardhout
Dakbalken	Hout
Constructie	Hardhout
Dakpanelen	Dakpannen



Figuur 4 Een herenboerderij (solcon.nl, 2011)

De wederopbouwperiode 1940 - 1965

Na de oorlog was alles gericht op het op orde brengen van de voedselvoorziening. Agrarische bedrijven werden gezinsbedrijven en de verwoeste bedrijven werden herbouwd in lokale stijlen. De woonomgeving was in deze periode nog steeds verbonden met het bedrijfsgebied, echter werden wel losstaande agrarische gebouwen bijgebouwd. De bouwstijl was sober (Gies T. , Nieuwenhuizen, Naeff, Vleemingh, & Paulissen, Landelijk gebied en Leegstand, 2016).

Bij het inventariseren van materialen uit vrijkomende stallen moet rekeningen gehouden worden met:

- Transitie hardhout naar stalen constructie.
- Hardhouten roosters in plaats van betonnen roosters.
- Dakpannen in plaats van golfplaten.

Tabel 6 geeft de aannames voor het materiaal gebruik per element van de stal binnen deze bouwperiode aan.

Tabel 6 Aannames gebruikt materiaal in de wederopbouw 1940 - 1965

Element van de stal	Materiaal soort
Kelder	Beton
Wanden	Metselwerk met mortel
Vloer	Beton
Isolatie	Isolatiemateriaal
Roosters	Hardhout
Dakbalken	Hout
Constructie	Hardhout (75%) Staal (25%)
Dakpanelen	Dakpannen

Schaalvergrotingsperiode met asbest 1965 - 1993

Streekgebonden bouwen deden ze in deze periode niet meer, alles moest zo goedkoop mogelijk. Een groot nadeel hiervan was dat er bijna zonder uitzondering gebruik werd gemaakt van asbesthoudende golfplaten (Wageningse University Research, 2016). Rijksoverheid heeft vanaf 1 juli 1993 het gebruik van asbest verboden. Op 31 December 2024 moet elk agrarisch gebouw ontdaan zijn van asbest. Figuur 5 geeft een voorbeeld van een stal met asbestplaten uit deze periode. Bij het inventariseren van materialen uit vrijkomende stallen moet rekeningen gehouden worden met:

- Transitie hardhout naar stalen constructie.
- Gebruik van betonnen roosters in plaats van de houten roosters uit eerdere bouwperiodes.
- Enorme interesse in het nog onschuldige, maar goedkope asbest.

Tabel 7 geeft de aannames voor het materiaal gebruik per element van de stal binnen deze bouwperiode aan.



Figuur 5 Stal met asbestpanelen (Gebr. Middelveld BV, 2015)

Tabel 7 Aannames gebruikt materiaal in de schaalvergroting + asbest periode 1965 - 1993

Element van de stal	Materiaal soort
Kelder	Beton
Wanden	Metselwerk met mortel
Vloer	Beton
Isolatie	Isolatiemateriaal
Roosters	Beton
Dakbalken	Hout
Constructie	Hardhout (50%) Staal (50%)
Dakpanelen	Asbest golfplaten

Schaalvergroting 1993 - heden

Tot op heden wordt fors ingezet op verduurzaming van de agrarische sector. Bebouwing wordt hierdoor steeds groter en moderner. Ook komen hier steeds meer nevenvestigingen bij. Deze bebouwing is asbestvrij. Woon en bedrijfsdelen zijn niet meer met elkaar verbonden (Gies T. , Nieuwenhuizen, Naeff, Vleemingh, & Paulissen, Landelijk gebied en Leegstand, 2016). Bij het inventariseren van materialen uit vrijkomende stallen moet rekeningen gehouden worden met:

- Volledig stalen constructies.
- De dakpanelen zijn asbestvrije golfplaten geworden.

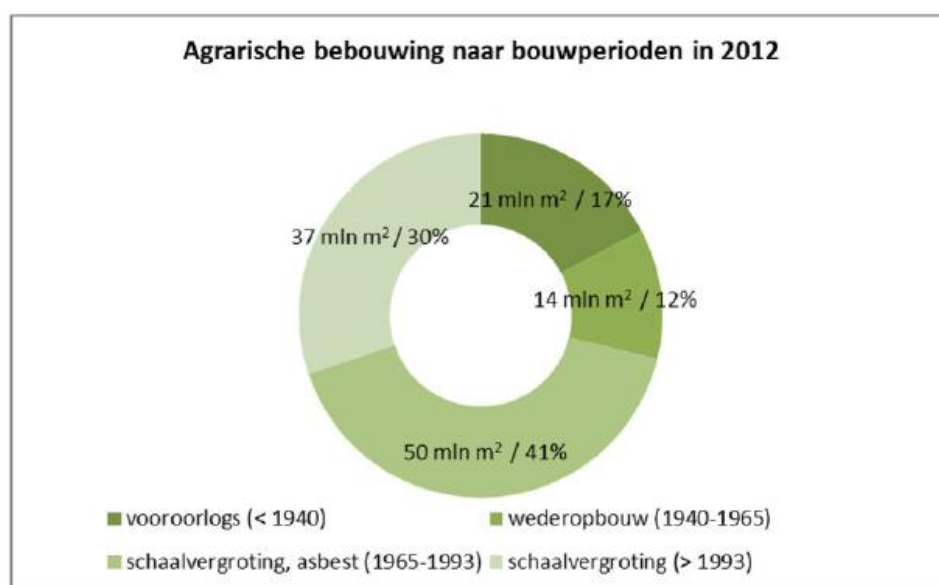
Tabel 8 geeft de aannames voor het materiaal gebruik per element van de stal binnen deze bouwperiode aan.

Tabel 8 Aannames gebruikt materiaal in de schaalvergroting 1993 – heden

Element van de stal	Materiaal soort
Kelder	Beton
Wanden	Metselwerk met mortel
Vloer	Beton
Isolatie	Isolatiemateriaal
Roosters	Beton
Dakbalken	Hout
Constructie	Staal
Dakpanelen	Asbestvrije golfplaten

Bouwperiodes regio Foodvalley en regio Amersfoort

Voor de bouwperiodes van de agrarische bebouwing in de regio Foodvalley en de regio Amersfoort wordt gekeken naar de totale omgang van agrarische bebouwing over heel Nederland. De percentages die daaruit voortkomen worden later in het rapport bij de materiaalinventarisatie aangehouden. Figuur 6 geeft de totale omvang agrarische bebouwing per bouwperiode in 2012 weer. Het grootste aantal bebouwing is gebouwd in de periode schaalvergroting en asbest. De percentages uit Figuur 6 worden gebruikt om de totale hoeveelheid materialen van vrijkomende agrarische bebouwing per bouwperiode te berekenen.



Figuur 6 Totale omvang agrarische bebouwing in Nederland uitgesplitst naar de kenmerkende bouwperiodes. (Gies T., Nieuwenhuizen, Naeff, Vleemigh, & Paulissen, Landelijk gebied en Leegstand, 2016, p. 20)

Samenvatting	Conclusie	Vervolg
Aan de hand van literatuuronderzoek is bepaald dat er 4 bouwperiodes zijn in Nederland. Deze periodes verschillen in hoeveelheid vrijkomende materialen.	In de periode 'schaalvergroting, asbest' zijn, van de vier periodes, het meeste stallen gebouwd (41%). Hierdoor moet goed worden opgelet op de vrijkomende asbest en weten we hoe de verhoudingen in vrijkomende materialen liggen.	Dit deel zal in paragraaf 2.1.6 gebruikt worden om het aantal materialen per bouwperiode te berekenen. Hiermee wordt een beter beeld gecreëerd van de verschillen in materialen per periode.

2.1.6 Hoeveel materialen komen per bouwperiode vrij?

Per bouwperiode is een analyse gemaakt van de vrijkomende materialen en in welke categorie deze vallen. Hieruit worden in hoofdstuk 3 suggesties gedaan over hoe deze circulair gebruikt kunnen worden.

Opstellen diagrammen

Voor elk van de vier gedefinieerde bouwperiodes wordt een eigen diagram gemaakt. De bouwperiodes zijn nogmaals uitgelegd in Tabel 9. Elk diagram bevat de gegevens van de verschillende dierenstallen.

Tabel 9 Uitleg verschillende bouwperiodes

Naam	Periode	Percentage
Vooroorlogs	Voor 1945	17%
Wederopbouw	1945 tot 1965	12%
Schaalvergroting en asbest	1965 tot 1993	41%
Schaalvergroting	1993 tot heden	30%

Voor elk van de vier gedefinieerde bouwperiodes is een eigen infographic gemaakt. Elke infographic laat de volgende data zien:

- De totale hoeveelheid vrijkomend materiaal in m³.
- De totale hoeveelheid vrijkomend materiaal in m³ per materiaal soort.
- De totale hoeveelheid vrijkomend materiaal in m³ per stalsoort.
- Het vrijkomend materiaal in m³ per element van de stal en stalsoort.
- Het vrijkomend materiaal in m³ per type materiaal en element van de stal.

Aannamen

Om de diagrammen duidelijk te houden zijn verschillende aannamen gedaan. Daarnaast zijn deze aannamen belangrijk om onnodige details buiten de diagrammen te houden. Op het schaalniveau van deze analyse zijn deze kleine details namelijk verwaarloosbaar. In Bijlage 6 (Tabel 15) is te zien welke bronnen zijn geraadpleegd om aan de verschillende getallen te komen. Andere getallen die niet zijn benoemd komen uit (school)rapporten of zijn gebaseerd op eigen ervaringen, eerdere excursies of eigen kennis. Voor de berekening van het vrijkomend materiaal per bouwperiode zijn de volgende aannamen gemaakt:

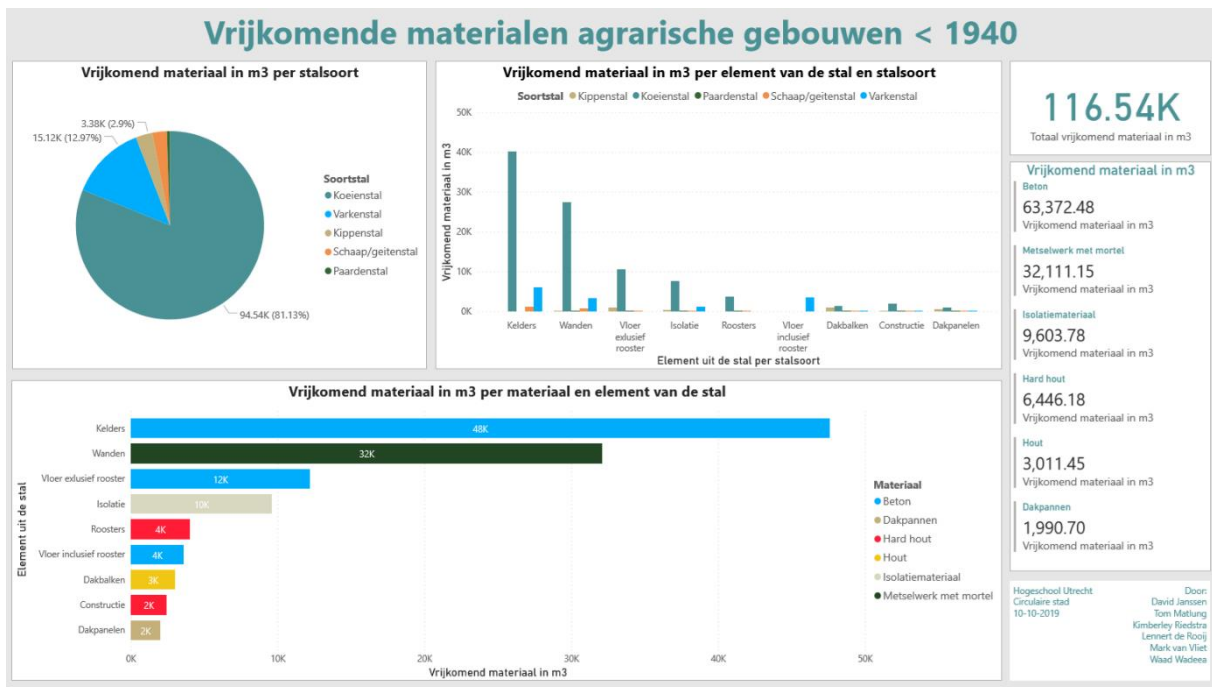
- In de berekening is de opbouw van de verschillende stallen gelijk aan elkaar.
- We kijken alleen naar de grootste elementen uit de verschillende stallen. Dit zijn:
 - Kelder
 - Wanden
 - Vloeren (zonder roosters)
 - Isolatie
 - Roosters
 - Dakbalken
 - Constructie
 - Dakpanelen
- De materiaalsoorten van de type elementen verschillen per bouwperiode.
- Het gebouw verkeert nog in zijn originele staat.
- Installaties uit de stallen worden niet meegenomen in de analyse, deze worden in zijn geheel doorverkocht.

2.2 Uitgewerkte gegevens

Per periode is een infographic opgesteld met informatie over de vrijkomende materialen. Per bouwperiode wordt verteld waar de verschillen zitten. Voor elke bouwperiode geldt dat de kelders de grootste bronnen van vrijkomend materiaal zijn. Daarnaast komt ruim 80% van al het vrijkomend materiaal uit de koeienstallen. Alle diagrammen zijn vergroot te zien in Bijlage 7.

2.2.1 Vooroorlogse periode

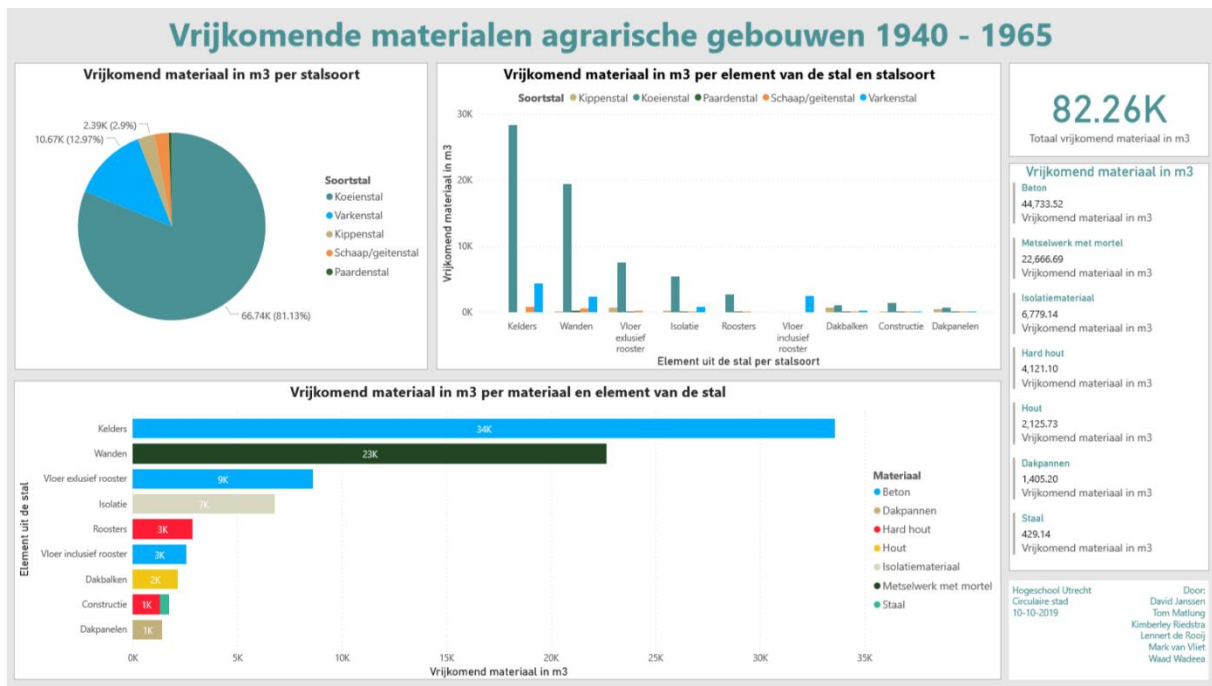
Figuur 7 laat de infographic van de vooroorlogse periode zien. Kenmerkend aan deze periode is dat er nog geen gebruik werd gemaakt van staal bij de bouw van de stal.



Figuur 7 Infographic vrijkomende materialen agrarische bebouwing uit de vooroorlogse periode < 1940

2.2.2 Wederopbouw

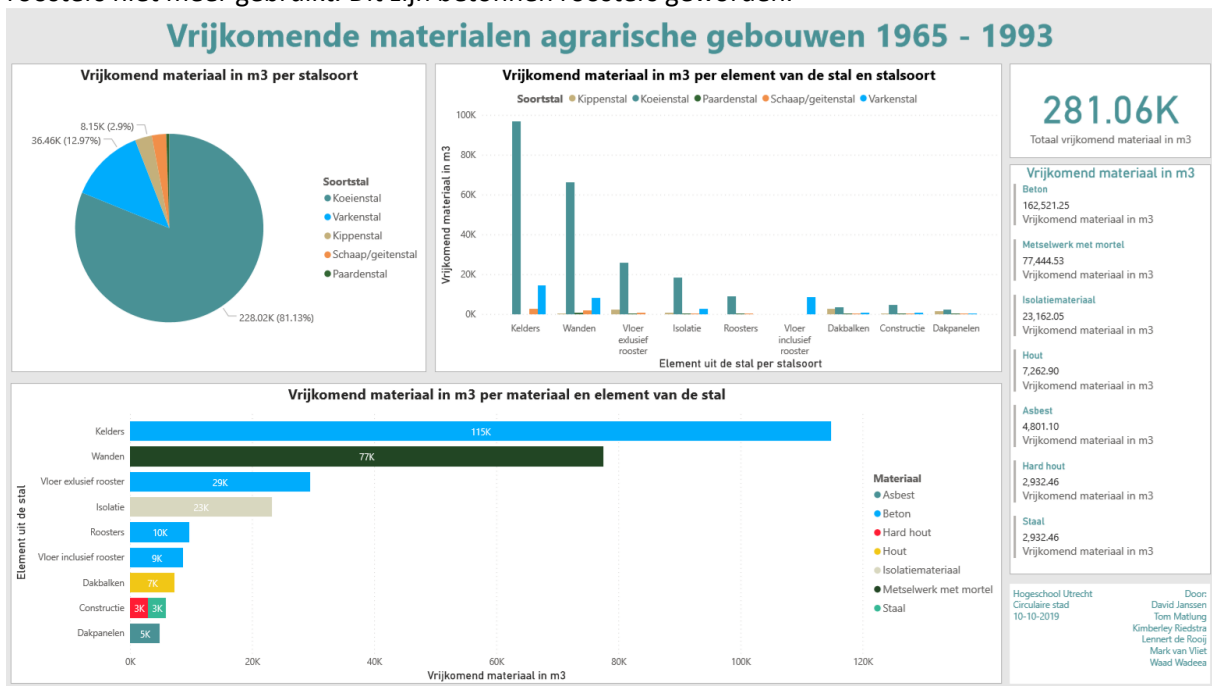
Figuur 8 laat de infographic van de periode wederopbouw zien. In deze periode is het gebruik van stalen constructies geïntroduceerd.



Figuur 8 Infographic vrijkomende materialen agrarische bebouwing uit de wederopbouwperiode 1940 – 1965

2.2.3 Schaalvergroting + asbest

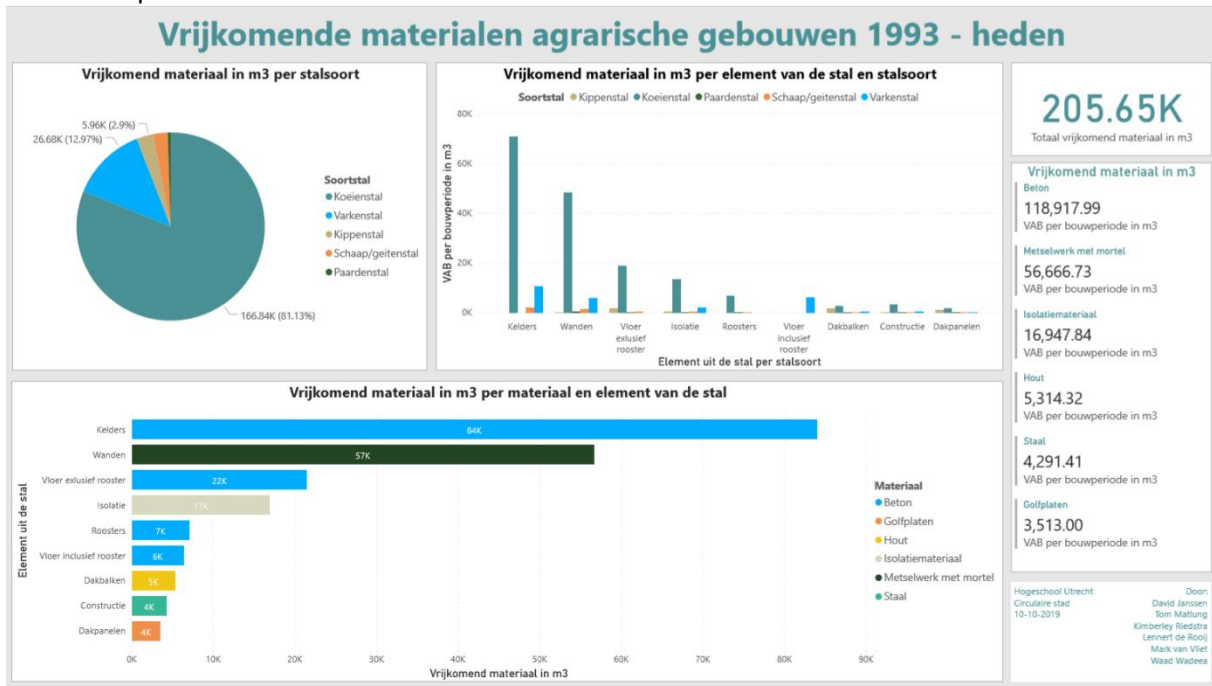
Figuur 9 laat de infographic van de periode schaalvergroting + asbest zien. Kenmerkend aan deze periode is dat in plaats van dakpannen, asbestgolfplaten werden gebruikt. Daarnaast is de transitie van hardhouten constructies naar stalen constructies verder verlopen. Ook worden hardhouten roosters niet meer gebruikt. Dit zijn betonnen roosters geworden.



Figuur 9 Infographic vrijkomende materialen agrarische bebouwing uit de schaalvergroting + asbest periode 1965 - 1993

2.2.4 Schaalvergroting

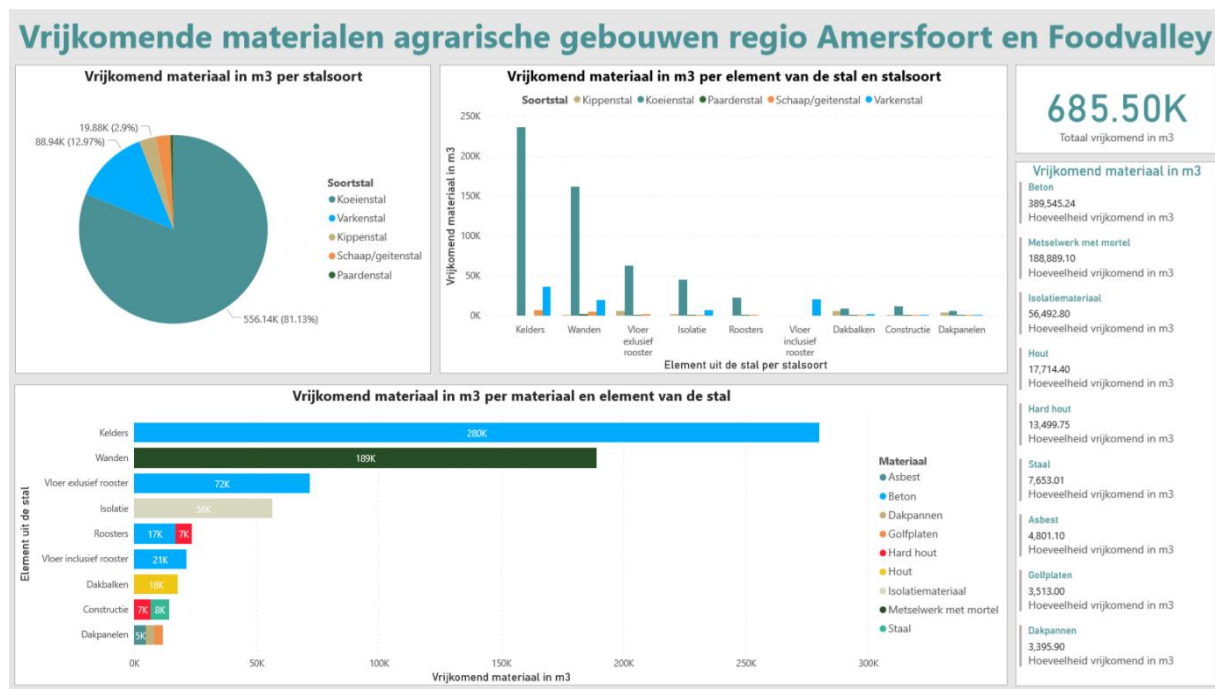
Figuur 10 laat de infographic van de periode schaalvergroting zien. Kenmerkend aan deze periode is dat hardhout niet meer voor de constructie wordt gebruikt. Ook de asbestgolfplaten zijn in deze periode verdwenen, nu wordt gebruik gemaakt van asbestvrije golfplaten. Het gebruik van hout is sinds deze periode verdwenen.



Figuur 10 Infographic vrijkomende materialen agrarische bebouwing uit de schaalvergroting periode 1993 - heden

2.3 Conclusie

Opvallend is het grote aantal vrijkomend beton en metselwerk. Deze materialen zitten voornamelijk in de elementen kelder, vloer en wanden. Dit komt uiteraard door de aanwezigheid van gierkelders bij koeienstallen. Dit zijn materialen die in stallen veelvuldig aanwezig zijn en daarom zal er extra aandacht moeten worden besteed aan deze materialen. In de m³ van metselwerk is ook het mortel meegenomen. Dit is belangrijk om in hoofdstuk 3 goed mee te nemen. Het grootste aantal materialen komt vrij uit koeienstallen. Deze stallen zijn vaak ook in omvang groter, dat verklaart waarom er meer materialen vrijkomen. Uit paardenstallen komt relatief het minste materiaal vrij. Dit komt doordat deze stallen niet voor grote hoeveelheden vee zijn, maar voor een paar paarden. Meer oplossingen betekent meer m³ die circulair kan worden hergebruikt. In hoofdstuk 3 worden deze oplossingen besproken. In Figuur 11 zijn de totaalgrafieken te zien. Deze totalen gaan over de berekeningen vrijkomende materialen in kubieke meters.



Figuur 11 Totaal vrijkomende materialen

3. Circulair hergebruik van vrijkomende materialen

In hoofdstuk 2 is berekend hoeveel materialen vrijkomen. Hieruit volgen de vragen welke kwaliteit aan deze vrijkomende materialen zitten en wat de mogelijkheden hiermee zijn. Hier wordt per materiaal antwoord gegeven op de volgende vragen:

- Welke kwaliteit hebben de vrijgekomen materialen?
- Hoe kan de kwaliteit van de vrijgekomen materialen gewaarborgd worden?
- Hoe kunnen de afvalstoffen/grondstoffen opgewaardeerd worden naar bruikbaar bouw materiaal voor nieuwe stallen?
- Voor welke doelgroep is deze vorm van circulair hergebruik?

Nadat de bovengenoemde vragen zijn beantwoord per materiaal, wordt een conclusie getrokken. In dit hoofdstuk wordt ook besproken over het toepassen van de 10 R van de circulaire economie. De 10 R van de circulaire economie zijn:

1. Rethink
2. Redesign
3. Reduce
4. Reuse
5. Repair
6. Refurbish
7. Remanufacture
8. Repurpose
9. Recycle
10. Recover

Op basis van de kwaliteit en levensduur van de materialen wordt een aantal R per materiaal toegepast en worden ook ideeën gegeven voor een mogelijke volgende bestemming. Dit wordt gedaan door verschillende referentieprojecten te bekijken. Nadat alle materialen zijn uitgewerkt, wordt een conclusie getrokken over het resultaat van dit hoofdstuk.

3.1 Beton

Beton is met een volume van 389.545 m³ het meest voorkomende vrijkomende materiaal. Dit is 56,8% van het totaal vrijkomend materiaal. Beton is een niet-natuurlijk steenachtig materiaal, dat als bouw materiaal wordt gebruikt. Beton ontstaat door water te mengen met een bindmiddel (vaak cement) en granulaat (zand, grind of steenslag). Bij de juiste verhoudingen worden de holtes tussen het grind vrijwel geheel gevuld met zandkorrels waarbij het cement de verschillende korrels aan elkaar plakt. Na uitharding kan de hardheid en duurzaamheid van natuurlijk gesteente worden geëvenaard. Cement heeft de eigenschap dat het door toevoeging van water hard wordt. Beton is, in vergelijking met veel andere bouwmaterialen, een goedkope keuze. Daarnaast is beton makkelijk te gebruiken en zijn er veel mogelijke toepassingen in verschillende bouwprojecten. Per jaar wordt in geïndustrialiseerde landen een kubieke meter beton per persoon verbruikt.

3.1.1 Kwaliteit

Kwalitatief goed beton is een mengsel waarin de korrelgroottes van de verschillende soorten zand en grind, in de juiste hoeveelheden, elkaar zodanig aanvullen dat het mengsel uithardt tot een steenachtig en duurzaam materiaal. De kwaliteit van beton is afhankelijk van de gebruikte materialen om het beton te produceren. De kwaliteit van het beton in de stallen is waarschijnlijk nog redelijk hoog. Het meeste beton is niet nat geworden en is daardoor niet aangetast door begroeiing. Wanneer het beton toch nat is of nat is geweest, is de kwaliteit afhankelijk van de begroeiing. Beton is, in vergelijking met andere bouwmaterialen, een erg bros materiaal met een hoge druksterkte. Dat wil zeggen dat de treksterkte van een betonnen kubus slechts (ongeveer) 1/10 van de druksterkte is. Beton voor constructies moet in Nederland een KOMO-certificaat hebben en in België een BENOR-certificaat en wordt vrijwel uitsluitend geleverd door gespecialiseerde betoncentrales, waardoor een constante samenstelling en kwaliteit van het beton kan worden gewaarborgd. Het grootste voordeel van beton is dat het flexibel toe te passen is. Voordat het uithardt, kan het in vele mogelijke vormen gegoten worden. Normaal beton weegt ongeveer 2400 kilogram per m³, echter speciale betonsoorten kunnen hier sterk van afwijken (joostdevree.nl, 2009). Aangemaakt beton heeft een beperkte tijd waarbinnen het verwerkt moet worden, vaak is er een verwerkingstijd van maximaal een uur.

3.1.2 Mogelijkheden

Vanaf 2030 moet al het beton hergebruikt worden (van Santen, 2018). Op dit moment wordt beton grotendeels gerecycled, maar direct hergebruik wordt bijna niet gedaan (De RuwBouw Groep, 2016). Beton wordt gemaakt van grind, zand en cement. Veel van het beton dat tegenwoordig vrijkomt wordt gebruikt als puingranulaat voor bouwwegen. Ook wordt dit puingranulaat gebruikt als fundering onder wegen. Hoewel op deze manier het oude beton een nieuwe functie krijgt, wordt het niet optimaal gebruikt. Mocht er beton overblijven dan kan het, met elke kwaliteit, gebruikt worden als fundering onder wegen.

Remanufacture: Beton uitsnijden in grote blokken en deze gebruiken voor barricades voor drukke winkelstraten, grote markten (denk aan kerstmarkten), demonstraties, etc. Beton wordt volgens ProviNL met een waterstraal van 2800 bar uitgesneden. (ProviNL, 2011)

Doelgroep voor betonblokken zijn bijvoorbeeld afvalverwerkers als Sita en Suez. Zij kunnen de betonblokken toepassen zoals te zien is in Figuur 12. Gemeente en eventmanagers kunnen de betonblokken gebruiken als barricade zoals te zien is in Figuur 13.



Figuur 12 Betonblokken stapelblokken (Akkebouw, 2014)



Figuur 13 "Legoblok" barricade (Ariel, 2017)

Repurpose: Een ander plan voor het vrijkomende beton is het uitsnijden van grote blokken beton. Ook kunnen verschillende kunstacademies kunst maken van de verschillende betonblokken. Maak een wedstrijd hiervan waarbij de deelnemers mogen verven, beeldhouden en andere takken van kunst mogen uitvoeren. Eventueel kan hier een thema (bijvoorbeeld milieu) aan gekoppeld worden. Hiermee wordt het beton gebruikt voor leerdoeleinden en wordt aandacht gebracht aan het hergebruiken van oude (bouw)materialen.

Recycle: Een oplossing hiervoor is de SmartCrusher. De SmartCrusher is een machine die door trillingen en druk beton terug kan brengen naar zijn oorspronkelijke grondstoffen: grind, zand en cement. Uit recente onderzoeken blijkt dat wanneer van deze grondstoffen nieuw beton wordt gemaakt, dit beton betere eigenschappen bevat dan beton uit 'virgin' grondstoffen (SmartCrusher bv, 2013). Wanneer de SmartCrusher op grote schaal kan worden toegepast is het een grote sprong in het reduceren van CO₂ uitstoot in de bouwsector. Er zijn geen kwaliteitseisen bekend voor de SmartCrusher. Echter kan men ervan uitgaan dat beton zo weinig mogelijk moet zijn aangetast door, of gemengd worden met planten. Sensoren halen deze onzuiverheden wel uit de input maar een overvloed aan beplanting zou invloed kunnen hebben op de output (Bakker, et al., 2015). De doelgroep voor de SmartCrusher zijn bouw- en sloopaannemers. Beiden halen ze economisch profijt uit het hergebruiken van beton.

3.1.3 Conclusie

Voor het hergebruik van beton hebben benoemde oplossingen dezelfde eisen:

- Het beton moet droog zijn
- Het beton moet niet begroeid zijn.

Naar verwachting voldoet het meeste van de 389.545 m³ kubieke meter beton aan deze eisen waardoor het grootste deel van het beton hergebruikt kan worden. Wanneer beton een te lage kwaliteit heeft voor een benoemde oplossing, dan kan het altijd nog als fundering onder wegen worden gestort.

3.2 Metselwerk

Het gebeurt maar zelden dat besloten wordt om een gebouw te slopen vanwege de conditie van het metselwerk. De gemiddelde levensduur van een gebouw in baksteen is meer dan honderd jaar. Vaak voldoet de oude constructie niet meer aan de actuele eisen en wordt daarom gekozen voor renovatie. Bakstenen kunnen na afbraak worden bijgewerkt, hergebruikt of gerecycled. Uit de stallen die gesloopt moeten worden komt in totaal 188.889 m³ metselwerk met mortel vrij. Dit is 28.7% van het totaal vrijkomend materiaal.

3.2.1 Kwaliteit

De bakstenen die uit de gesloopte stalen vrijkomen moeten aan de onderstaande kwaliteitseisen voldoen om deze te kunnen hergebruiken:

- De selectie bevat geen stukken kleiner dan een halve steen
- De stenen zijn ontdaan van grove mortelresten
- De stenen mogen oneffen zijn, maar moeten tenminste één goede strek, kop en vlakke kant hebben.

De NEN 2489 maakt onderscheid in 3 toepassingsgebied:

- Binnenmuur (klasse A)
- Buitenmuur (klasse B)
- Zwaarbelaste binnen- en buitenmuren (Klasse C)

In onze stallen komt klasse B vrij, klasse B moet voldoen aan de volgende kwaliteitseisen om hergebruikt te kunnen worden, zie Figuur 14.

Kwaliteitseisen voor metselbaksteen naar toepassingsgebied

Toepassingsgebied	Kwaliteitseisen										
	fysisch			mechanisch			chemisch				
	maten en toleranties mm 2)	specifieke wateropzuiging	wateropneming	vorstbestandheid	druksterkte		splijttreksterkte	sulfaatgehalte (-SO ₄ ²⁻)	Lipinski getal		
g/(dm ² .min) boven-grens		% (V/V) boven-grens	N/mm ² min.gem. waarde onder-grens		N/mm ² onder-grens	% (m/m) boven-grens	% (m/m) boven-grens				
Buitenmuren											
B1	buitenmuren waaraan geen speciale eisen worden gesteld		B ₀ ≥87 tabel 2 B ₀ ≥97	—	—	*	12,5	7,5	0,3	0,24	0,08
B2	buitenmuren voldoende aan verhoogde eisen o.a.	normale condities		—	—	*	17,5	10	0,5	0,18	0,06
B3	in verband met stabiliteit (b.v. muurhoogte>10 m)	verzwaarde condities		—	—	*	25	15	0,8	0,12	0,04

Figuur 14 Gegevens van materialen (EKBouwadvies, 2006)

3.2.2 Mogelijkheden

Reuse: Bakstenen zijn bruikbaar na het verwijderen van de mortelresten, deze kunnen gebruikt worden voor restauratie en nieuwbouw. Het gaat hier om de bakstenen die voldoen aan de boven genoemde kwaliteitseisen.

Recycle: De eerste stap in het recyclen van metselwerk met mortel is het 3 uur lang verhitten van metselwerk op 540 graden Celsius. Het cement tussen de bakstenen breekt bij deze temperatuur. Met deze stap kan er 45% van de bakstenen terug gewonnen worden. Vervolgens wordt het overgebleven metselwerk en mortel vermaalt tot stukken van 4mm.

In metselwerk zit zo'n 5% ijzerdeeltjes, met behulp van een sterke magneet is het hierdoor mogelijk om het metselwerk van het mortel te scheiden. De stukjes metselwerk kunnen vervolgens worden gebruikt om nieuwe bakstenen te creëren, het mortel wat overblijft wordt in de mortelindustrie gerecycled (Koen van Dijk, 2004).

De bakstenen die niet voldoen aan de kwaliteitseisen worden ook gerecycled. Na het recycleren kunnen de bakstenen gebruikt worden als:

- Vul- en stabilisatiemateriaal voor infrastructurele werken.
- Aggregaten voor gestort en geprefabriceerd beton en mortel.
- Aggregaten voor bakstenen van calciumsilicaat.
- Rode "gemalen baksteen" als gravel op tennisbanen.
- Plantensubstraten.

(Vandersanden Group, 2012)

Doelgroepen voor de bakstenen zijn bouwbedrijven die bezig zijn met restauratie, ze kunnen tweedehands bakstenen gebruiken. Tweedehands bakstenen kunnen ook gebruikt worden voor nieuwbouw die uitzonderlijke karakter en uitstraling willen hebben. Bakstenen gaan meer dan honderd jaar mee, en de productie is niet schadelijk voor het milieu. Hierdoor worden de bedrijven die met duurzaam bouwen bezig zijn, ook als doelgroep gezien.

3.2.3 Conclusie

Na het slopen van de stallen komt in totaal 188.889 m³ metselwerk met mortel vrij. De mortel moet eerst verwijderd worden voordat de bakstenen hergebruikt of gerecycled worden. Na het verwijderen van de mortel wordt gekeken naar de kwaliteitseisen van de bakstenen. Op basis van de kwaliteit wordt besloten of de bakstenen direct hergebruikt of gerecycled worden.

3.3 Algemeen isolatiemateriaal

In de inventarisatie komt ruim 56.492 m³ vrij, dit is 8.2% van het totaal vrijkomend materiaal. PIR-isolatie wordt als referentie gebruikt, omdat de isolatie volledig voldoet aan de specifieke eisen binnen de landbouw (Budgetisolatie.nl, sd). PIR neemt namelijk door de gesloten cellenstructuur geen vocht op en is slecht brandbaar. PIR platen zijn harde schuimstof platen die qua structuur lijken op PUR. PIR heeft een isolatiewaarde van 0,023-0,026 W/Mk (isolatie-info.nl, sd). Daarnaast is PIR erg licht en makkelijk te verwerken. Echter worden bij de productie van PIR-chemicaliën gebruikt die schadelijk zijn voor het milieu. PIR heeft een zeer lange levensduur en is daarom geschikt voor hergebruik (Werkspot.nl, sd).

3.3.1 Kwaliteit

De kwaliteit van isolatie hangt voornamelijk af van de locatie van het isolatiemateriaal. Bij isolatie onder de daken is de isolatie in de meeste gevallen asbestverdacht. Dit zal samen met het asbest gesaneerd moeten worden (Edo Gies, 2015). Ook moet er gekeken worden of de isolatieplaten goed afgedekt zitten en of de isolatieplaten niet verkleefd zitten aan de dakbedekking. Isolatieplaten tussen de scheidingswanden moeten gereinigd worden op mogelijke vervuiling.

3.3.2 Mogelijkheden

Reuse: Hergebruik van volledige PIR platen is mogelijk zolang de platen goed zijn afgedekt of verwerkt zijn in een spouw. De isolatieplaten worden dan verwijderd en als volledige isolatieplaten op een andere locatie hergebruikt (Cobouw, 2019). Het bedrijf EPIC ondervond dat hergebruik van PIR-isolatieplaten vooral toegepast werd bij industriële en agrarische bebouwing, bij deze bebouwing is de esthetiek niet van vitaal belang (EPIC, n.d.).

Recycle: In april 2017 ondervond BRUFMA, brancheorganisatie voor PIR/PUR-fabrikanten in het Verenigd Koninkrijk, dat PIR een hoop kansen heeft betreft recyclen. Zo levert PIR een geluiddempende werking als vulmateriaal in scheidingswanden. Ook levert PIR na het fijnmalen en het toevoegen aan beton producten een hogere thermische effectiviteit voor beton (Kingspan, 2017). Daarnaast kan de aluminiumfolie van de isolatieplaten worden hergebruikt voor andere producten waarin aluminiumfolie verwerkt is.

3.3.3 Conclusie

Na het slopen van de stallen komt totaal 56.492 m³ isolatie vrij. De kwaliteit van de isolatie hangt voornamelijk af van de locatie. Volledig hergebruik van de isolatieplaten is mogelijk zolang de kwaliteit goed is. Het toevoegen van fijngemalen PIR aan andere materialen levert kansen in geluiddemping en het verhogen van de thermische effectiviteit.

3.4 Hardhout

Voor het onderdeel hardhout wordt hardhout en hout samengevoegd, omdat onderscheid maken in de verschillende soorten hout een invloed heeft op de mogelijkheden van hergebruik. Wanneer hout en hardhout bij elkaar opgeteld wordt komt er 31.214 m³ vrij. Hout vormt 4,7% van het totaal vrijkomende materialen. Hout is een natuurlijk product en heeft een vocht opnemend vermogen. Het nadeel hiervan is dat het hout kan opzwellen en weer kan krimpen. Wanneer veel vocht aanwezig is, zwelt het hout op en bij drogere periodes krimpt het hout. Chemicaliën hebben weinig invloed op hout. Echter volgens Centrum Hout hebben sterke zuren wel invloed op de cellulose dat aanwezig is in het hout. De cellulose wordt dan afgebroken tot suikers (Centrum Hout, 2013). Dit heeft te maken met de poreusheid van hout.

3.4.1 Kwaliteit

Doordat dit hardhout uit de vooroorlogse periode komt is het hout oud en zal het hout niet meer in topconditie zijn. Voor kwaliteit zal gekeken worden naar houtrot, houtworm et cetera. Daarnaast zal gelet worden op vochtplekken. “Nat hout is corrosief in contact met ijzer. Blauwzwarte verkleuringen zijn het gevolg van de reactie tussen ijzer en het looizuur (tannine) in het hout.” (Houtinfo.nl, 2019). Ook wordt er gekeken of het hout in contact is geweest met cement of beton. Wanneer hout hiermee in contact is geweest vertraagt dit het uithardingsproces van het hout. Hierdoor heeft het hout een mindere kwaliteit dan wanneer het geen contact heeft gehad met cement of beton. “Voor Europees eiken geeft de KVH 1980 (Kwaliteitseisen voor hout) twee normen: NEN 5476 (Houtsoort Europees eiken, ongekantrecht) en NEN 5477 (Houtsoort Europees eiken, gekantrecht); bij de laatste gaat het om eiken timmerhout.” (Centrum Hout, 2002). Om de huidige kwaliteit te waarborgen zal het hout zorgvuldig gedemonteerd moeten worden, daarnaast mag het hout niet nat/ vochtig worden. “Van hout dat voor constructieve toepassing wordt gebruikt moet de sterkte bekend zijn. De sterkte van hout drukt men uit in Europese sterkteklassen volgens EN 338.” (Centrum Hout, 2013).

3.4.2 Mogelijkheden

Remanufacture: “De komende jaren moeten duizenden houten bruggen uit de jaren 80 worden vervangen omdat delen ervan niet meer goed zijn. Wij kunnen uit 3 oude houten bruggen voldoende geschikt materiaal halen om weer 1 nieuwe circulaire houten brug te maken.” (Bruggenarchitectuur.nl, 2016).

In plaats van 3 houten bruggen te gebruiken kan het hout uit de houten constructie van de stallen gebruikt worden. Doelgroep voor de houten bruggen kunnen gemeenten, Rijkswaterstaat, maar ook Floriade 2022 zijn. Floriade 2022 is bezig met het project Growing Green City waar het bouwen van circulaire bruggen onderdeel van is. Deze oplossing gebruikt veel van het vrijkomende hout.

Repurpose: Een ander idee is om het hout te gebruiken om nieuwe dakramen, kozijnen, deuren, etc. van te maken. Zo beschrijft Bouwwereld een renovatieproject in Eindhoven waar de dakramen gemaakt zijn van 100 jaar oud sloophout. (Bouwwereld.nl, 2018)

Doelgroep hiervoor zal grotendeels het bedrijf Velux zijn. Velux zamelt ouder hout in en bewerkt deze tot deze voldoen aan de kwaliteitseisen van Velux. Daarna wordt van het hout weer kozijnen en dakramen gemaakt. Deze oplossing gebruikt veel minder hout dan de eerste oplossing. Dit komt doordat deze oplossing kleinschaliger is.

3.4.3 Conclusie

Voor de mogelijkheden voor het hergebruiken van hout wordt hardhout en hout samengevoegd. Voor het hout zullen testen uitgevoerd worden om het vochtgehalte te bepalen. Dit heeft veel invloed op het volume van het hout. Het vrijkomende hout zal grotendeels gebruikt worden om de jaren 80 houten bruggen te vervangen door nieuwe houten bruggen. Het resterende vrijkomende hout zal gebruikt worden om houten dakramen, kozijnen, deuren et cetera te realiseren.

3.5 Dakbedekking

Onder dakbedekking vallen de in hoofdstuk 2 uitgewerkte materialen; asbest, golfplaten en dakpannen. Aan asbest komt 4801 m³ (0.7%) vrij, golfplaten 3513 m³ (0.5%) en dakpannen 3396 m³ (0.5%). Dit komt op een totaal van 11710 m³ vrijkomende dakbedekking. Dit is 1.7% van de totale vrijkomende kubieke meters materiaal.

3.5.1 Kwaliteit

Bij dakpannen moet gelet worden op het soort dakpan. Betonnen dakpannen hebben een kortere levensduur dan keramische dakpannen. Oude dakpannen kunnen wel geïmpregneerd worden om zo de levensduur te bevorderen (Oude dakpannen, 2019). Bij betonnen dakpannen gelden dezelfde kwaliteitseisen als bij beton (zie 3.1.1).

Over de kwaliteit van asbest valt weinig te zeggen. Deze asbestgolfplaten worden nog altijd direct naar de stort gebracht sinds asbest verboden werd in 1993 (Verboden toepassen asbest, 2019). Deze platen zullen altijd intact naar de stort worden gebracht om te voorkomen dat de schadelijke stoffen in de lucht of in de longen van mensen terecht komt. Maar er zijn nieuwe mogelijkheden die in 3.5.2 worden besproken.

Aan het eind van de levensduur van golfplaten (de niet-asbest bevattende golfplaten) is het mogelijk om deze volledig te recyclen. Hiervoor hoeft de kwaliteit niet hoog te zijn (Golfplaat PVC, 2019). Voor directe recycling, waarbij de platen compleet worden hergebruikt, is een hogere kwaliteit nodig. De platen zullen hiervoor volledig intact moeten zijn zodat ze niet lekken en bestand zijn tegen sneeuwbelasting.

3.5.2 Mogelijkheden

Dakpannen heb je in verschillende soorten en maten. Dakpannen op agrarische bebouwing komt veel voor in de vooroorlogse en de wederopbouw bouwperiode.

Reuse: Luijtgarden is een bedrijf dat gespecialiseerd is in het hergebruik van dakpannen. Na een visuele inspectie van Luijtgarden wordt bepaald of de dakpannen nog 10 jaar mee gaan. Wanneer dit het geval is worden deze bewaard en hergebruikt op andere daken.

Reuse: Golfplaten kunnen hergebruikt worden als dakbedekking op schuren en loodsen. Dit vereist alleen het demonteren, vervoeren en monteren van de platen. Bij slechtere kwaliteit kunnen de platen worden gerecycled tot nieuwe platen (Golfplaat PVC, 2019).

Repurpose: De afgekeurde dakpannen worden gebruikt in schanskorven, als waterkering in een kanaal of rivier voor de bescherming van de oever. Ook liggen verschillende kansen in het dempen van geluid. Keramische dakpannen en betonnen dakpannen worden dan gemixt om een ideaal leefklimaat te creëren voor insecten. De keramische pannen leveren de geluiddempende werking en de poreuze betonnen pannen worden uitstekende nesten voor insecten. Met behulp van een substraat kunnen planten en bloemen ook makkelijk op groeien.

Repurpose: Alle restanten van de dakpannen die in eerder benoemde ideeën niet verwerkt kunnen worden, worden verwerkt in gravel voor tennisbanen (Leseman, 2019).

Recycle: Daarnaast is het mogelijk om met behulp van de beton smartcrusher van oude betonnen dakpannen nieuwe betonnen dakpannen te maken zonder toevoeging van nieuwe grondstoffen. Doelgroepen zijn bijvoorbeeld aannemers, renovatieprojecten, Rijkswaterstaat, natuurmonumenten en andere geïnteresseerde.

Recycle: Asbestcement golfplaten wordt in de schaalvergroting tot 1993 gebruikt als dakbedekking. De platen staan bestaan voor 90% uit cement en 10% uit asbest. Het bedrijf AsBeter gebruikt een zoutzuur om het asbest uit de golfplaten op te lossen tot herbruikbare reststoffen. Vervolgens worden de golfplaten klein gemaakt waarna het reageert met zoutzuur van Lubrizol. Door de reactie van het zoutzuur met het cement neutraliseert het zuur. De asbestvrije reststoffen worden vervolgens gebruikt in cement, gips en isolatiemateriaal (Kriegsman, 2019).

3.5.3 Conclusie

Dakpannen en niet-asbest bevattende golfplaten zijn goed herbruikbaar. Dit is relatief simpel en goed toepasbaar voor het grootste deel van de vrijkomende platen en dakpannen. Het deel waarvan de kwaliteit te slecht is, kan worden gerecycled tot nieuwe dakpannen en golfplaten. Asbest is tot voor kort lastig te recycleren. Echter heeft het bedrijf AsBeter een inventieve manier gevonden om het asbest te verwerken en het niet giftige deel toe te passen in nieuwe materialen zoals cement, gips en isolatiemateriaal. Dit is mogelijk voor al de vrijkomende asbestcementgolfplaten kunnen gebeuren.

3.6 Staal

Voor staal komt er 7.653 m³ vrij. Dit is 1,12% van de totale vrijkomende materialen. De levensduur van staal heeft een minimum van 40 jaar en kan uitlopen tot 50 jaar (Stalenmasten, 2019). Constructiestaal heeft de kenmerken laag koolstofgehalte, relatief zacht materiaal, zowel koud als warm goed te vormen, goede lasbaarheid zonder bros te worden en een grote rek (Tosec, sd).

3.6.1 Kwaliteit

Voor kwaliteit moet eerst bepaald worden welke staalsoort gebruikt is in de constructie. Er zijn drie soorten staal die het meest gebruikt worden bij stalenconstructies, namelijk S235, S275 en S355. Het MCB- Boek geeft veel informatie over de kwaliteit van staal die gehanteerd moet worden voor de soorten staal. Zo wordt normaalgegleide of normaliserend, thermomechanisch, direct dunband en verdeelde kwaliteit besproken. Ook wordt gekeken naar ongeleerd, blank ongeleerd en gelaste constructiebuizen. Het MCB-Boek bespreekt ook aan welke wetgeving voldaan moet worden (Het MCB boek, 2016). Om de kwaliteit van het staal te waarborgen zal aan deze wetgevingen en kwaliteitseisen voldaan moeten worden.

3.6.2 Mogelijkheden

Voor staal zijn drie keuzes: hergebruik van het geheel, hergebruik van delen en recycleren. Voor het staal wat uit de stalconstructie komt zal aan de hand van de kwaliteit bepaald worden welke van de drie opties gekozen wordt.

Reuse: “In Europa wordt op dit moment al zo’n 50% van alle gebruikte stalen balken weer opnieuw als balk toegepast. Hergebruik van staal krijgt de waardering van zo’n 65% van de opdrachtgevers uit het USP-onderzoek. Daarnaast kan het staal als geheel in een nieuwe constructie hergebruikt worden.

Recycle: 53% staat positief tegenover recycling van staal. Van schroot is in de fabriek opnieuw staal te maken met behoud van kwaliteit of zelfs met verbeterde eigenschappen (upcycling).” (Duurzaamgebouwd.nl, 2011). Doelgroep voor al het vrijkomende staal zijn aannemers, projectontwikkelaars, gemeenten, staalbedrijven en andere geïnteresseerde.

3.6.3 Conclusie

Staal is een klein deel van de vrijkomende materialen. Dit houdt in dat het naar alle waarschijnlijkheid niet mee zal worden genomen in het uiteindelijke advies voor oplossingen. Voor de kwaliteit van staal zal gekeken moeten worden naar het MCB-Boek. Hierin staan de verschillende soorten staal met bijbehorende kwaliteiten en wetten. Als bepaald is voor een stal welk soort staal vrijkomt, zal bepaald kunnen worden welke oplossing toepasbaar is. De oplossingen zijn als volgt: volledige constructie, stalenbalken hergebruiken in een constructie en nieuw staal maken voor andere uiteinden.

3.7 Conclusie circulair gebruik vrijkomende materialen

In dit hoofdstuk is een onderscheid gemaakt in de verschillende bouwmaterialen. Per bouw materiaal zijn de inleiding, kwaliteitsanalyse, oplossingsmogelijkheden en de doelgroepen beschreven. De drie meest vrijkomende materialen zijn beton, metselwerk en isolatiemateriaal. Voor deze drie materialen worden de uitkomsten onder elkaar vermeld. De oplossingen zijn aan de hand van de '10 R'en van circulariteit' vermeld. Na de opsomming van oplossingen zullen de deelconclusies nog vermeld worden.

Beton is met een volume van 389.545 m³ het meest voorkomende vrijkomende materiaal. Dit is 56,8% van het totaal vrijkomend materiaal. Kwalitatief goed beton is een mengsel waarin de korrelgroottes van de verschillende soorten zand en grind, in de juiste hoeveelheden, elkaar zodanig aanvullen dat het mengsel uithardt tot een steenachtig en duurzaam materiaal. Voor beton zijn de volgende oplossingen tot stand gekomen:

- Remanufacture: Beton uitsnijden in grote blokken en deze gebruiken voor barricades
- Repurpose: Uitsnijden van grote blokken beton en kunstacademies kunst laten maken van de verschillende betonblokken. Mensen zo bewust maken van hergebruik van materialen.
- Recycle: De smartcrusher is een machine die door trillingen en druk het beton terug kan brengen naar zijn oorspronkelijke grondstoffen: grind, zand en cement.

Uit de stallen die gesloopt moeten worden komt in totaal 188.889 m³ metselwerk met mortel vrij. Dit is 28.7% van het totaal vrijkomend materiaal. Kwalitatief goed metselwerk is ontdaan van grove mortelresten en de stenen moeten tenminste één goede strek, kop en vlakke kant hebben. Voor metselwerk zijn de volgende oplossingen tot stand gekomen:

- Reuse: Bakstenen zijn bruikbaar na het verwijderen van de mortelresten, deze kunnen gebruikt worden voor restauratie en nieuwbouw.
- Recycle: Door de minerale structuur kunnen van de sloop afkomstige bakstenen na het recyclen gebruikt worden.

In de inventarisatie komt ruim 56.492 m³ vrij als isolatiemateriaal, dit is 8.2% van het totaal vrijkomend materiaal. De kwaliteit van isolatie hangt voornamelijk af van de locatie van het isolatiemateriaal. Voor isolatiemateriaal zijn de volgende oplossingen tot stand gekomen:

- Reuse: Hergebruik van volledige PIR platen is mogelijk zolang de platen goed zijn afgedekt of verwerkt zijn in een spouw.
- Recycle: Geluiddempende werking als vulmateriaal in scheidingswanden, hogere thermische effectiviteit voor beton, de aluminiumfolie van de isolatieplaten kan worden hergebruikt voor andere producten waarin aluminiumfolie verwerkt is.

Uit deze oplossingen komt naar voren dat verschillende opties zijn. Hier kan gedacht worden aan Reuse, Remanufacture, Repurpose, en Recycle. Dit betekent dat qua mogelijkheden verschillende grootte van circulariteit mogelijk zijn als gekeken worden naar het eerder benoemde model van de 10 R'en. De overige materialen hebben ieder ook verschillende oplossingen. Hier kan naar gekeken worden als, ondanks een laag percentage aanwezigheid, toch enorme vraag naar is.

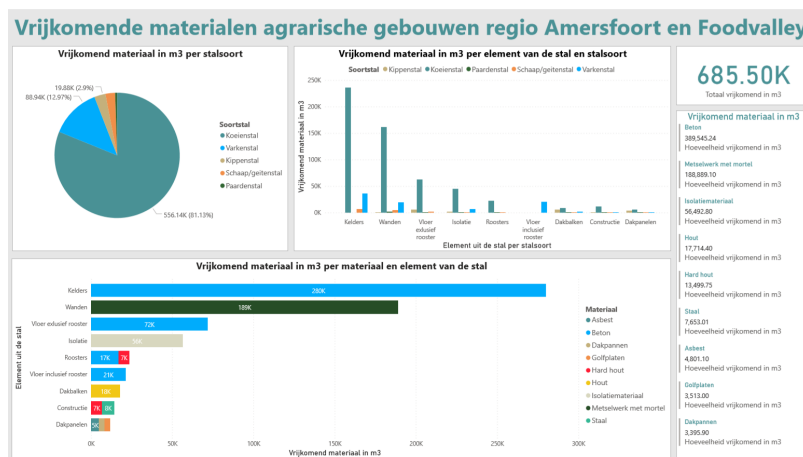
4. Conclusie

In het begin van het rapport is de hoofdvraag “Hoe kan de gemeente Barneveld de keten voor de regio Foodvalley en de regio Amersfoort, om te komen van sloopmaterialen tot hoogwaardige bouwmaterialen, sluitend krijgen?” opgesteld.

In totaal komt 30,6% agrarische bebouwing vrij over alle gemeentes van de regio's Foodvalley en Amersfoort. Bij de sloop van deze bebouwing komen materialen van verschillende elementen vrij. De totale hoeveelheid materiaal per element is te zien in Tabel 10. Hierbij is nog niet te zien om welke materialen het gaat. Om welke materialen het gaat wordt wel duidelijk in Figuur 15, waar een vergelijking is te zien van de totale vrijkomende materialen. Dit figuur is ook vergroot te zien in Bijlage 7 onder het kopje “Totaal”.

Tabel 10 Totale vrijkomende materialen

Element	Vrijkomend
Dak	11.710 m ³
Dakbalken	17.714 m ³
Isolatie	56.493 m ³
Staalconstructie	14.305 m ³
Vloer voergang	92.881 m ³
Houten roosters	23.614 m ³
Kelder	282.473 m ³
Metselwerk	188.889 m ³



Figuur 15 Totale vrijkomende hoeveelheden materialen

In Figuur 15 is te zien dat het meest vrijkomende materiaal beton is met een volume van 389.545 kubieke meter. Hierna komt metselwerk met mortel met een volume 188.889 kubieke meter, wat minder dan de helft is van het volume van het vrijkomende beton. Op de derde plek van meest vrijkomende materiaal staat isolatiemateriaal met een volume van 56.492 kubieke meter. Oplossingen om deze meest voorkomende materialen, die nu nog vallen onder afvalstoffen, terug te brengen naar een bruikbaar materiaal zijn per materiaal verschillend. Voor beton is de SmartCrusher, die het beton kan fijnmalen tot zijn grondstoffen, een ideale oplossing. Beton dat niet geschikt is voor de SmartCrusher kan worden gebruikt als bouwweg, of als fundering onder toekomstige (auto)wegen. Voor metselwerk met mortel moet het mortel verwijderd worden voordat de losse bakstenen gerecycled of hergebruikt kunnen worden. Isolatiemateriaal kan worden hergebruikt wanneer de isolatieplaten intact zijn. Een andere mogelijkheid is om het isolatiemateriaal uit elkaar te halen en het aluminiumfolie en het isolatiemateriaal ieder als eigen product te gebruiken. Echter kan niet elk materiaal worden hergebruikt. Een gedeelte van het hout dat zal vrijkomen zal niet meer de juiste kwaliteit hebben om in de toekomst te worden hergebruikt. Het volledig sluiten van de keten is dus momenteel nog niet mogelijk voor alle materialen met verschillende kwaliteitscriteria, maar de eerste stappen zijn gezet. De vrijkomende materialen uit de VAB's kunnen dus een mooie bijdrage leveren aan het landelijke doel om Nederland in 2030 voor 50% circulair te krijgen.

5. Discussie

Gedurende dit rapport zijn meerdere stappen gezet om tot een goed eindresultaat te komen. Hierbij zijn stappen gezet die de exactheid van het eindresultaat kunnen beïnvloeden. De discussie is opgesteld om inzicht te geven in deze punten.

De eerste globalisering in de rapportage is bij de aanname van de verschillende diersoorten. Hierbij is een selectie gemaakt waar dan naar gekeken gaat worden, waardoor niet alle type stallen meegenomen zijn in de berekening, alleen de meest voorkomende. Daarnaast is de aanname gedaan dat elke type stal uit dezelfde elementen bestaat. We zeggen dat een koeienstal qua bouwelementen gelijk is aan een varkensstal wat misschien niet het geval is. Om dit te tackelen zou elke stal onderzocht moeten worden. Echter is dit erg duur waardoor dit niet aantrekkelijk is om voor elke stal te doen.

Een belangrijk getal in deze rapportage is het getal van de hoeveelheid agrarische bebouwing die vrij zal komen. Het gebruikte getal hiervoor (zowel absolute getallen als het percentage 30,6% van wat nu staat) is overgenomen van een partij, WUR die hier een aanname over heeft gedaan. De beredenering achter deze aanname is niet bekend, waardoor blind wordt vertrouwd dat deze bron weet waar zij het over hebben. Daarnaast is de vrijkomende bebouwing een schatting die aan de hand van economische- en technologische ontwikkelingen zowel hoger als lager kan worden.

Een andere onzuiverheid is het oppervlakte per dier. Dit gegeven is opgezocht online. Hoewel de site betrouwbaar leek waren er allerlei getallen aanwezig, waartussen gekozen moest worden. Hierbij zijn onder andere gemiddelden genomen, waardoor het aangenomen getal waarschijnlijk verschilt van de waarde die in werkelijkheid het geval is.

Het gegevens van de hoeveelheid dieren die in de stallen aanwezig zijn is een momentopname en kan per dag verschillen. De waarde zou de dag erna verdubbeld (door nieuwe levering), maar ook gehalveerd kunnen zijn (dieren naar het slachthuis). Maar gemiddeld over een jaar zullen deze waarden aardig kloppen. Tijdens de berekening vrijkomende materialen gaan we bij stap 3 uit dat de stallen op de maximale huisvesting capaciteit zitten, dit is in de praktijk niet zo, stallen worden vaak gebouwd op groei en zitten niet in een klap vol.

Bij de berekening die is gebruikt voor de totale vrijkomende materialen is gebruik gemaakt van een referentiestal, hier zitten ook enkele nadelen aan. De referentiestal kan een unieke stal zijn waardoor deze volledig afwijkt van de rest van de stallen, waardoor de materialenstroom volledig verschilt van de realiteit.

In de materialenstroom wordt voor element “constructie” onderscheid gemaakt tussen een stalen constructie en een houten constructie. Echter wordt voor beiden hetzelfde gegeven gebruikt als m³ per dier. Het probleem hierin is dat een HEA-profiel aanzienlijk minder kubieke meter is dan een volledige houten constructie.

Al met al zijn er verschillende aannames die de resultaten in het onderzoek hebben beïnvloed. Echter had zonder deze aannames, met de huidige informatie, het onderzoek niet kunnen worden uitgevoerd. Een vervolgonderzoek zou specifieker per stal berekeningen kunnen uitvoeren waardoor er een heel precies getal van vrijkomende materialen berekend kan worden. Dit kost enorm veel tijd en daarom is dit onderzoek niet op die manier uitgevoerd.

Een ander vervolgonderzoek kan het kijken naar CO₂ besparing zijn. Een oplossing om iets circulair te maken hoeft niet ook weinig CO₂ uit te stoten. De beste oplossing zorgt voor een lage CO₂ uitstoot en een gesloten circulaire keten.

6. Bibliografie

- Agrarisch erfgoed. (2011, mei 17). *Boerderijtypen*. Opgeroepen op oktober 18, 2019, van Agrarisch erfgoed Nederland: <https://www.agrarischerfgoed.nl/boerderijtypen-2/#.XamVw25uKHs>
- Akkerbouw. (2014, december 5). *BETONBLOKKEN STAPELBLOKKEN a € 33,00 Kopen _ Akkerbouw*. (Akkerbouw) Opgeroepen op oktober 12, 2019, van Akkerbouw: <https://agrarisch.aanbodpagina.nl/betonblokken-stapelblokken-legoblokken-betonplaten>
- Ariel. (2017, december 1). *Kerstfeest door de jaren heen. - Pagina 9 - FFI Nederlandstalig*. Opgeroepen op oktober 12, 2019, van FFI Nederlandstalig: <https://dutch.faithfreedom.org/forum/viewtopic.php?f=31&p=439442>
- Bakker, M., Hu, M., Nusselder, S., Maqbool, A., Deen, R., Blake, G., . . . Taufiq Fauzi, R. (2015, februari 4). *IPG-concrete-final-report(1)*. Opgeroepen op oktober 25, 2019, van <https://www.slimbreker.nl>: [https://www.slimbreker.nl/downloads/IPG-concrete-final-report\(1\).pdf](https://www.slimbreker.nl/downloads/IPG-concrete-final-report(1).pdf)
- Blaricum Vroeger en Nu. (2008, augustus 26). *Boerderijen en Hooibergen _ Blaricum Vroeger en Nu*. Opgeroepen op oktober 9, 2019, van Blaricum Vroeger en Nu: <https://ggrootveld.wordpress.com/boerderijen-en-hooibergen/>
- Both, M., Edo, G., Kuiper, P., Vogelzang, T., Rijk, P., Jager, J., . . . Prins, L. (2017, juni 27). *De VAB-opgave in de provincie Noord-Holland_ Aard en omvang nader in beeld gebracht — Research@WUR*. Opgeroepen op oktober 3, 2019, van Research@WUR: <https://research.wur.nl/en/publications/de-vab-opgave-in-de-provincie-noord-holland-aard-en-omvang-nader->
- Bouwwereld.nl. (2018, september 11). *Dakramen gemaakt van 100 jaar oud hout*. Opgeroepen op oktober 2019, van Bouwwereld.nl: <https://www.bouwwereld.nl/duurzaamheid/dakramen-gemaakt-van-100-jaar-oud-hout/>
- Bovekamp van de, R., & Drok, W. (2019, 9 2). Rapport materiaalinventarisatie diverse stallen ruitersbeekweg 25, Lunteren.
- Bovenkamp van de, R., & Drok, W. (2019, 8 30). Rapport materialen- en stoffeninventarisatie amersfoortseweg 271 Uddel.
- Bovenkamp van de, R., & Drok, W. (2019, 8 30). Rapport materialen- en stoffeninventarisatie varkensstal gelkenhorsterweg 3 te barneveld.
- Bruggenarchitectuur.nl. (2016). *Circulaire brug hergebruikt hout*. Opgeroepen op oktober 2019, van Bruggenarchitectuur: <https://www.bruggenarchitectuur.nl/projecten/fietsbrug/circulaire-brug-hergebruikt-hout/>
- Budgetisolatie.nl. (sd). *Isolatie voor industriële en agrarische gebouwen*. Opgeroepen op oktober 24, 2019, van Budgetisolatie.nl: <https://www.budgetisolatie.nl/isolatiemateriaal/isolatie-agrarisch-en-gebouwen/>
- CBS. (2011, november 23). *Gemeente grote en stedelijkheid*. Opgeroepen op oktober 2, 2019, van CBS.nl: <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/classificaties/overig/gemeentegrootte-en-stedelijkheid>
- Centrum Hout. (2002). *Bomen over Europees en Noord-Amerikaans eiken*. Almere: Centrum Hout Almere. Opgeroepen op oktober 2019, van http://www.houtdatabase.nl/bomen_over/2002-5_Bomen_over_Eur_en_Noord-A_eiken.pdf
- Centrum Hout. (2013, december). *Hout Fysische Eigenschappen*. Opgeroepen op oktober 2019, van Houtinfo.nl: https://www.houtinfo.nl/sites/default/files/Hout_Fysische_eigenschappen_dec2013_0.pdf
- Cobouw. (2019, juni 27). *Geslaagde zoektocht naar de ideale isolatieplaat*. Opgeroepen op oktober 24, 2019, van Cobouw.nl: https://www.cobouw.nl/bouwbreed/partner/2019/06/geslaagde-zoektocht-naar-de-ideale-isolatieplaat-101273907?utm_source=Vakmedianet&utm_medium=email&utm_campaign=20190628-cobouw-std&tid=TIDP915004XBFF6B1A95209420CACEAAF9A1BF9C31DYI4
- De RuwBouw Groep. (2016, mei 10). *Beton is duurzaam – De RuwBouw Groep*. (De RuwBouw Groep) Opgeroepen op oktober 14, 2019, van De RuwBouw Groep: <https://www.ruwbouw.nl/themas/duurzaamheid/beton-is-duurzaam/>
- Drok, W. (2019, oktober 24). Wie is de opdrachtgever van BOOT. (K. Riedstra, Interviewer)
- Duurzaamgebouwd.nl. (2011, oktober 10). *Duurzaam Gebouwd*. Opgeroepen op oktober 2019, van Staal scoort op recycling en hergebruik: <https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20111010-staal-scoort-op-recycling-en-hergebruik>
- Edo Gies, R. S. (2015). *Nadere analyse vrijkomende agrarische*. Wageningen University Research. Opgeroepen op oktober 24, 2019, van <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/351117>

- EKBouwadvies. (2006, juni 16). *EKBouwadvies*. (EKBouwadvies) Opgeroepen op oktober 11, 2019, van Tabellen_baksteen: <http://www.ekbouwadvies.nl/tabellen/baksteen.asp>
- Encyclo.nl. (2007). *downcycling*. Opgeroepen op oktober 2019, van Encyclo.nl: <https://www.encyclo.nl/begrip/Downcycling>
- Ensie.nl. (2019). Opgehaald van Ensie.nl/melkquotum: <https://www.ensie.nl/wiktionary/melkquotum>
- EPIC. (sd). *End of life options*. Opgeroepen op oktober 24, 2019, van EPIC.uk.com: <https://www.epic.uk.com/energy-sustainability/end-of-life/end-of-life-options/>
- Gebr. Middelveld BV. (2015, augustus 27). *middelveld.nl*. Opgeroepen op september 2019, van middelveld.nl: <https://www.middelveld.nl/asbestsanering/agrarisch>
- Gies, E., Nieuwenhuizen, W., Smidt, R., & Beun, N. (2014, maart). *Rapport 'Vrijkomende agrarische bebouwing in het landelijk gebied' – Rapport – Rijksoverheid.nl*. Opgeroepen op september 8, 2019, van Rijksoverheid.nl: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2014/06/27/vrijkomende-agrarische-bebouwing-in-het-landelijk-gebied>
- Gies, T., Nieuwenhuizen, W., Naeff, H., Vleemingh, I., & Paulissen, M. (2016). *Landelijk gebied en Leegstand*. Wageningen : Wageningen Environmental Research. Opgeroepen op september 2019
- Gies, T., Nieuwenhuizen, W., Naeff, H., Vleemingh, I., Paulissen, M., Ros, P., . . . Dijkstra, K. (2016). *Landelijk gebied en Leegstand*. Opgeroepen op oktober 3, 2019, van Landelijk gebied en Leegstand.
- Golfplaat PVC. (2019, 10). Opgehaald van Van Boven: <https://www.van-boven.com/pvc-golfplaat.html>
- Het MCB boek. (2016). Valkenswaard: MCB. Opgehaald van <https://www.mcb.eu/medias/MCB-Boek-2016-11edruk.pdf?context=bWFzdGVyfHJvb3R8NDY1NTE0MHxhcHBsaWNhdGlvi9wZGZ8c3lzLW1hc3Rlci9yb290L2hjNC9oNjYvODgwMzAyMjE0MzUxOC9NQ0JfQm9la18yMDE2XzExZWRYdWsucGRmfGQ4NTZmZGJmYzkyZDk2NzYxOWNkZWUzNDAxYmVjODRhNjEyNjc4NjhjMTQ0MTN>
- Het Virtuele Land. (2018, maart 13). *Beerput, mestkelder, mestsilo · Het bruine goud. Mest en bemesting op de Vlaamse velden. · Het Virtuele Land - Centrum Agrarische Geschiedenis*. Opgeroepen op oktober 9, 2019, van Het Virtuele Land - Centrum Agrarische Geschiedenis: https://www.hetvirtueleland.be/exhibits/show/mest_en_bemesting/slot_grendel/beerput_mestkelde_r_mestsilo
- Houtinfo.nl. (2019, oktober). *Houtsoort: Eiken, Europees*. Opgehaald van Houtinfo.nl: <https://www.houtinfo.nl/node/278>
- isolatie-info.nl. (sd). *PIR Isolatieplaten*. Opgeroepen op oktober 24, 2019, van isolatie-info.nl: <https://www.isolatie-info.nl/isolatieplaten/pir-isolatieplaten>
- joostdevree.nl. (2009, februari 7). *Betonconstructies*. Opgeroepen op oktober 18, 2019, van joostdevree.nl: <http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/betonconstructies.htm>
- Kingspan. (2017, mei 19). *Hergebruik afval belangrijk onderdeel van circulaire economie*. Opgeroepen op oktober 24, 2019, van Kingspan.nl: <https://www.kingspan.com/blx/nl-be/producten/geisoleerde-dak-en-gevelsystemen/geisoleerde-panelen/nieuws/2017/hergebruik-afval-belangrijk-onderdeel-van-circulai>
- Koen van Dijk. (2004, april 8). *Metselwerk en bakstenen worden voortaan volledig gerecycled dankzij een Delftse methode*. Opgeroepen op oktober 27, 2019, van Journalistic platform TU Delft: <https://www.delta.tudelft.nl/article/groot-deel-bouwpuin-kan-gerecycled-worden>
- Kriegsman, I. (2019, oktober 3). *AsBeter wint Rabo Duurzame Innovatieprijs _ Kennisbank BWTinfo.nl*. (BWTinfo) Opgeroepen op oktober 12, 2019, van Kennisbank BWTinfo.nl: <https://www.bwtinfo.nl/nieuws/2019/10/asbeter-wintraboduurzameinnovatieprijs>
- Leseman, D. (2019, juni 24). *Dakpannenspecialist Luijtgarden slaat circulaire weg in - Het Ondernemersbelang*. (Het Ondernemersbelang) Opgeroepen op oktober 12, 2019, van Het Ondernemersbelang: <https://www.ondernemersbelang.nl/kennisbank/dakpannenspecialist-luijtgarden-slaat-circulaire-weg-in/>
- marketingterms.nl. (2019). Opgehaald van marketingterms.nl: <https://www.marketingterms.nl/begrip/infographic>
- MullerKaas. (2018). Boerenkaas Archieven. *Boerenkaas Archieven*. Muller Kaas. Opgeroepen op oktober 15, 2019, van <https://www.mullerkaas.nl/product-categorie/boerenkaas/>
- Oude dakpannen. (2019, 10). Opgehaald van Dakinformatie.nl: <https://dakinformatie.nl/oude-dakpannen/>
- ProviNL (Regisseur). (2011). *betonblok snijden* [Film]. Opgehaald van <https://www.youtube.com/watch?v=DRd5HzxFCZ0>
- Rijksoverheid. (2019, februari 8). *Kabinet _ 'Helft minder grondstoffen gebruiken in 2030' _ Nieuwsbericht _ Rijksoverheid.nl*. Opgeroepen op september 26, 2019, van Rijksoverheid.nl: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2019/02/08/kabinet-%E2%80%98helpt-minder-grondstoffen-gebruiken-in-2030%E2%80%99>

- Ritter, M., & Bet, B. (2016). *Circulaire economie Wat? Waarom? Hoe?* Meppel: Ten Brink B.V. .
- SmartCrusher bv. (2013, september 15). *Why Smartcrushers - SmartCrusher bv - Concrete recycling - c2c*. (SmartCrusher bv) Opgeroepen op oktober 18, 2019, van SmartCrusher bv: <https://www.slimbreker.nl/why-smartcrushers.html>
- solcon.nl. (2011, oktober 29). *Lange Afstand Wandelen*. Opgeroepen op september 30, 2019, van home.solcon.nl: <http://home.solcon.nl/mndenharder/Wadenwierdenpad/Wadenwierdenpad20.htm>
- Stalenmasten. (2019). *Staal en conserveringen*. (H.A.Renken, Redacteur, & PMF Stalenmasten) Opgeroepen op Oktober 24, 2019, van Stalenmasten: <https://www.stalenmasten.nl/conserveringen/>
- StatLine. (2019, september 13). *StatLine - Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar gemeente*. Opgeroepen op september 26, 2019, van StatLine: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80781ned/table?fromstatweb>
- Tjon-en-fa, N. (2017, april 10). *recyclen-upcycle-downcycle*. (Fairfrog) Opgeroepen op oktober 2019, van Fairfrog.nl: <https://fairfrog.nl/recyclen-upcycle-downcycle/>
- Tosec. (sd). *Plaat wiki*. (Tosec) Opgeroepen op Oktober 24, 2019, van Tosec.nl: <https://www.tosec.nl/contact/>
- van Santen, H. (2018, juli 10). *Akkoord_ vanaf 2030 alle beton hergebruiken - NRC*. (NRC) Opgeroepen op oktober 11, 2019, van NRC: <https://www.nrc.nl/nieuws/2018/07/10/akkoord-vanaf-2030-alle-beton-hergebruiken-a1609491>
- Vandersanden Group. (2012, augustus 25). *Bakstenen zijn duurzaam en ecologisch verantwoord _ Vandersanden Group*. (Vandersanden Group) Opgeroepen op oktober 9, 2019, van Vandersanden Group: <https://www.vandersandengroup.nl/group/nl-nl/eco/bakstenen-duurzaam-en-ecologisch-verantwoord>
- Verboden toepassen asbest*. (2019, 10). Opgehaald van Kenniscentrum InfoMil: <https://www.infomil.nl/vaste-onderdelen/uitgebreid-zoeken/@113933/wanneer-toepassen/>
- Wageningse University Research. (2016). *Leegstand agrarisch vastgoed Noord-Brabant*. Opgeroepen op oktober 19, 2019, van <https://edepot.wur.nl/379681>
- Werkspot.nl. (sd). *Toepassing en kosten PIR isolatie*. Opgeroepen op oktober 24, 2019, van Werkspot.nl: <https://www.werkspot.nl/pir-isolatie/prijzen-kosten>

7. Bijlagen

Bijlage 1 Exceltabel wat totaal vrijkomt

Koe			
Soort	Per dier in m ²	Totaal in m ²	Vrijkomend in m ³
Dak	0,05974	20371,6	6111,5
Dakbalken	0,086719	29571,6	8871,5
Dupanel	0,443229	151143,8	45343,1
Staalconstructie	0,115625	39428,8	11828,6
Vloer voergang	0,616667	210287,0	63086,1
Houten roosters	0,221615	75571,9	22671,6
Kelder	2,3125	788576,4	236572,9
Metselwerk	1,580208	538860,5	161658,2
Ramen en deuren	0,009635	3285,7	985,7

Varken			
Soort	Per dier in m ²	Totaal in m ²	Vrijkomend in m ³
Dak	0,007145	3739,5	1121,9
Dakbalken	0,012466	6524,3	1957,3
Dupanel	0,043784	22914,5	6874,3
Staalconstructie	0,010642	5569,5	1670,8
Vloer voergang	0,135	70652,9	21195,9
Houten roosters	0	0,0	0,0
Kelder	0,229713	120221,4	36066,4
Metselwerk	0,127703	66833,8	20050,2
Ramen en deuren	0,004561	2386,9	716,1

Pluimvee			
Soort	Per dier in m ²	Totaal in m ²	Vrijkomend in m ³
Dak	0,001349	14075,3	4222,6
Dakbalken	0,002082	21723,1	6516,9
Dupanel	0,010105	7968,8	2390,6
Staalconstructie	0,001326	1045,3	313,6
Vloer voergang	0,025263	19921,9	5976,6
Houten roosters	0	0,0	0,0
Kelder	0	0,0	0,0
Metselwerk	0,001949	1537,2	461,2
Ramen en deuren	0,00039	307,4	92,2

Paard/pony			
Soort	Per dier in m ²	Totaal in m ²	Vrijkomend in m ³
Dak	0,060547	221,7	66,5
Dakbalken	0,087891	321,8	96,5
Dupanel	0,449219	1644,6	493,4
Staalconstructie	0,117188	429,0	128,7
Vloer voergang	0,625	2288,1	686,4
Houten roosters	0,224609	822,3	246,7
Kelder	0	0,0	0,0
Metselwerk	1,601563	5863,3	1759,0
Ramen en deuren	0,029297	107,3	32,2

Schaap/geit			
Soort	Per dier in m ²	Totaal in m ²	Vrijkomend in m ³
Dak	0,009284	625,1	187,5
Dakbalken	0,013477	907,4	272,2
Dupanel	0,06888	4637,8	1391,4
Staalconstructie	0,017969	1209,9	363,0
Vloer voergang	0,095833	6452,7	1935,8
Houten roosters	0,03444	2318,9	695,7
Kelder	0,359375	24197,4	7259,2
Metselwerk	0,245573	16534,9	4960,5
Ramen en deuren	0,004492	302,5	90,7

Totaal	
Soort	Vrijkomend in m ³
Dak	11709,9
Dakbalken	17714,5
Dupanel	56492,8
Staalconstructie	14304,7
Vloer voergang	92880,8
Houten roosters	23613,9
Kelder	279898,6
Metselwerk	188888,9
Ramen en deuren	1916,9

Bijlage 2 Prognose VAB 2012 – 2030 per gemeente in m²

Prognose|vrijkomende agrarische bebouwing 2012 - 2030 per gemeente in m²

en als percentage huidige m² uitgesplitst naar woonhuizen en bedrijfsgebouwen (exclusief glastuinbouw)

GEMEENTE	Bedrijfsgebouwen		Woonhuizen		Totaal		Gebouwen totaal		Percentage vrijkomend		
	blijvend	vrijkomend	blijvend	vrijkomend	bedrijfsgebouwen	woonhuizen	vrijkomend	totaal	Totaal	woonhuizen	bedrijfsgebouwen
Amersfoort	64.987	32.668	9.129	8.348	97.656	17.477	41.016	115.132	36%	48%	33%
Baarn	30.383	132	3.635	828	30.516	4.463	960	34.978	3%	19%	0%
Barneveld	949.190	397.201	110.550	70.735	1.346.391	181.285	467.936	1.527.676	31%	39%	30%
Bunnik	108.959	38.626	30.711	10.290	147.585	41.000	48.915	188.585	26%	25%	26%
Bunschoten	65.646	23.859	16.746	8.968	89.505	25.715	32.827	115.219	28%	35%	27%
De Bilt	93.980	56.220	24.362	18.240	150.201	42.602	74.460	192.803	39%	43%	37%
Ede	1.008.101	556.797	144.670	95.179	1.564.898	239.849	651.976	1.804.747	36%	40%	36%
Eemnes	39.785	16.391	12.853	8.936	56.175	21.789	25.327	77.964	32%	41%	29%
Ermelo	126.008	51.943	19.191	10.377	177.952	29.568	62.320	207.519	30%	35%	29%
Houten	109.776	79.276	37.381	27.159	189.053	64.540	106.436	253.593	42%	42%	42%
Leusden	125.005	33.609	20.819	14.748	158.614	35.567	48.357	194.181	25%	41%	21%
Nijkerk	221.865	109.705	26.643	19.964	331.571	46.607	129.669	378.177	34%	43%	33%
Putten	357.360	134.991	48.294	22.043	492.351	70.337	157.034	562.688	28%	31%	27%
Renswoude	129.239	54.577	17.822	5.866	183.816	23.688	60.443	207.503	29%	25%	30%
Rhenen	114.246	23.807	16.735	4.648	138.053	21.383	28.454	159.436	18%	22%	17%
Scherpenzeel	86.490	14.857	8.937	3.660	101.347	12.598	18.517	113.944	16%	29%	15%
Soest	29.432	10.973	5.845	4.490	40.405	10.335	15.463	50.740	30%	43%	27%
Utrechtse Heuvelrug	236.343	70.419	43.716	20.949	306.762	64.665	91.368	371.427	25%	32%	23%
Veenendaal	12.813	5.208	2.027	1.408	18.022	3.435	6.617	21.457	31%	41%	29%
Wageningen	29.529	15.357	8.898	2.861	44.886	11.760	18.219	56.646	32%	24%	34%
Wijk bij Duurstede	117.098	40.299	27.747	15.400	157.397	43.147	55.699	200.545	28%	36%	26%
Woudenberg	164.288	59.217	25.196	14.177	223.505	39.373	73.394	262.878	28%	36%	26%
Zeist	29.954	1.463	13.056	443	31.417	13.499	1.906	44.916	4%	3%	5%
Totaal gebied O-gen	4.250.478	1.827.597	674.962	389.718	6.078.075	1.064.680	2.217.315	7.142.755	31%	37%	30%

Bron: BAG, GIAB, TOP10-NL, eigen bewerking Alterra in kader onderzoek naar leegstand in opdracht van InnovatieNetwerk

<http://tinyurl.com/nd46xge>



Bijlage 3 Toelichtingen uitwerkmethoden

Voordat er werd gerekend moest er een goede rekenmethode worden opgesteld. Om in dit rapport tot juiste getallen te komen zijn verschillende toepasselijke rekenmethodes bedacht, waarna de methodes vanaf verschillende kanten werden bekeken. In deze bijlage zijn de rekenmethoden die het meeste kans maakte, beredeneerd. De laatste uitgewerkte berekening is de berekening die uiteindelijk is toegepast.

Totalen berekenen door de totale oppervlakte vrijkomend agrarisch vastgoed (bekend) te delen door het totaal aantal dieren (bekend). Nadeel hiervan is dat elk dier wordt beschouwd alsof het even groot is: in deze berekening zouden kippen evenveel oppervlakte krijgen als een koe. Hierdoor zijn de materialen die vrijkomen niet in de juiste verhouding.

Totale oppervlakte vrijkomend agrarisch vastgoed (bekend) verdelen over de totale hoeveelheid bedrijven (bekend). Een nadeel hiervan is dat geen rekening wordt gehouden met de hoeveelheid dieren, die juist een indicator geven van de grootte van de stallen, wat weer in verband staat met de vrijkomende materialen. Daarnaast is het gemiddelde oppervlak van een veebedrijf met koeien niet te vergelijken met een veebedrijf met varkens.

Totale oppervlakte vrijkomend agrarisch vastgoed (bekend) verdelen onder de basisbehoefte van elk dier (basisbehoefte op internet gevonden, hoeveelheid dieren bekend). Met deze berekening hou je een oppervlakte over. Dit oppervlakte bestaat uit onder andere looppaden en opslag. Dit kan weer opgedeeld worden op de vorige twee beredeneerde manieren.

Een referentieschuur (verkregen) als gemiddelde schuur beschouwen en deze doorrekenen alsof alleen maar van deze schuren staan. Een nadeel van deze berekening is dat er geen onderscheid kan worden gemaakt onder verschillende bouwperiodes, waardoor materialen in de materialenstroom zullen missen.

De gekozen berekening is beredeneerd in hoofdstuk 0. Bij deze berekening wordt gebruik gemaakt van de referentieschuren (verkregen). Deze worden in de berekening maximaal benut voor dieren. Vervolgens wordt per dier gekeken hoeveel materiaal vrijkomt. Het materiaal dat bij een dier vrijkomt wordt vervolgens vermenigvuldigd met het totaal aantal dieren.

Bijlage 4 Uitgewerkte stappen

Stap 1: Ruimte per dier

Tabel 11 Gebruikte bronnen ruimte per dier

Dier	Ruimte	Bron	Locatie in bron
Kippen	9 per m ²	http://edepot.wur.nl/362939	Parragraaf 5.1.2
Varkens	0.9 per varken	http://edepot.wur.nl/362939	Pagina 14
Paarden	7.5 per paard	http://edepot.wur.nl/157495	Pagina 18
Schaap	1.15 per schaap	http://edepot.wur.nl/15623	Tabel 1
Koe	7.4 per koe	http://www.koeienenkansen.nl/web/file?uuid=ef8e82b6-70dd-4214-a74f-f96ccc0c35df&owner=d6caf42b-e555-4815-bc1e-90f485c1a1a9 (Bestand wordt gedownload na openen link)	Tabel 10.19

Stap 2: Oppervlakte gekozen voorbeeldperceel

		rundvee	Schapen/geiten	Paarden en pony's	Varkens	Pluimvee
Locatie	straat	Amersfoortseweg 271			Gelkenhorsterweg 3	
	plaats	Uddel			Barneveld	
oppervlakte	perceel	82560 m ²	82560 m ²	82560 m ²	31650 m ²	1350 m ²
	opp	384 m ²	384 m ²	384 m ²	592 m ²	357 m ²
Bouwjaar	renovatie	2006				
	oorspronkelijk	1961			1978	1980
Stoffeninventarisatie	dak	3.1 m ³	3.1 m ³	3.1 m ³	4.7 m ³	2.8 m ³
	dakbalken	4.5 m ³	4.5 m ³	4.5 m ³	8.2 m ³	4.1 m ³
	dupanel	23 m ³	23 m ³	23 m ³	28.8 m ³	0 m ³
	staalconstructie	6 m ³	6 m ³	6 m ³	7 m ³	0 m ³
	vloer voergang	32 m ³	32 m ³	32 m ³	88.8 m ³	3 m ³
	houten roosters	11.5 m ³	11.5 m ³	11.5 m ³	m ³	52.7 m ³
	kelder	120 m ³	120 m ³	120 m ³	151.1 m ³	0 m ³
	metselwerk	82 m ³	82 m ³	82 m ³	84 m ³	63.8 m ³
	ramen en deuren	0.5 m ³	0.5 m ³	0.5 m ³	3 m ³	1.5 m ³

Stap 3: Dieren die op het perceel leven

Tabel 12 Aantal dieren in voorbeeldstallen

Dier	Ruimte per dier (m ²)	Oppervlakte bebouwing (m ²)	Dieren in bebouwing
Koe	7,4	384	51,89
Pluimvee	0,11	1425	12.825
Paard/pony	7,5	384	51,20
Schaap/geit	1,15	384	333,91
Varken	0,9	592	657,78

Stap 4: Vrijkomende materialen

Tabel 13 Vrijkomende materialen per stalsoort

Stalsoort:	Rundvee	Schapen/Geiten	Paarden en Pony's	Varkens	Pluimvee
Dak	3.1m ³	3.1 m ³	3.1 m ³	4.7 m ³	2.8 m ³
Dakbalken	4.5 m ³	4.5 m ³	4.5 m ³	8.2 m ³	4.1 m ³
Isolatie	23 m ³	23 m ³	23 m ³	28.8 m ³	0 m ³
Staalconstructie	6 m ³	6 m ³	6 m ³	7 m ³	0 m ³
Vloer voergang	32 m ³	32 m ³	32 m ³	88.8 m ³	3 m ³
Houten roosters	11.5 m ³	11.5 m ³	11.5 m ³	0 m ³	52.7 m ³
Kelder	120 m ³	120 m ³	0 m ³	151 m ³	0 m ³
Metselwerk	82 m ³	82 m ³	82 m ³	84 m ³	63.8 m ³
Ramen en deuren	0.5 m ³	0.5 m ³	0.5 m ³	3 m ³	1.5 m ³

Stap 5: Materialen per dier

Tabel 14 Materialen per dier

	dak	per dier	dakbalken	per dier	dupanel	per dier	staalcon	per dier	vloer	per dier	voergang	per dier	houten	per dier	roosters	kelder	per dier	metselwerk	per dier	ramen en	per dier	deuren	per dier
3.1	0.05974		4.5	0.08672	23	0.44323	6	0.11563	32	0.61667	11.5	0.22161	120	2.3125		82	1.58021	0.5	0.00964				
17	0.00135		26.7	0.00208	129.6	0.01011	17	0.00133	324	0.02526	0	0	0	0		25	0.00195	5	0.00039				
3.1	0.06055		4.5	0.08789	23	0.44922	6	0.11719	32	0.625	11.5	0.22461	0	0		82	1.60156	1.5	0.0293				
3.1	0.00928		4.5	0.01348	23	0.06888	6	0.01797	32	0.09583	11.5	0.03444	120	0.35938		82	0.24557	1.5	0.00449				
4.7	0.00715		8.2	0.01247	28.8	0.04378	7	0.01064	88.8	0.135	0	0	151.1	0.22971		84	0.1277	3	0.00456				

Bijlage 5 Foto's stallenbezoek



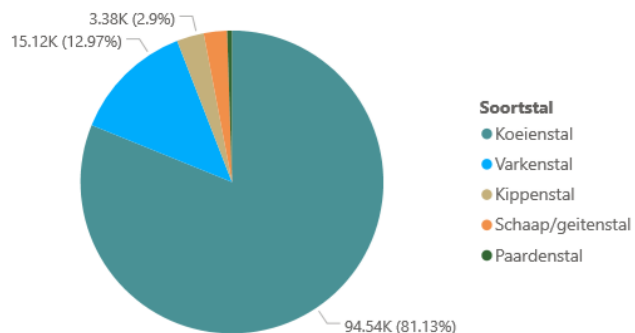
Bijlage 6 Bronnen diagrammen

Tabel 15 Bronnen diagram

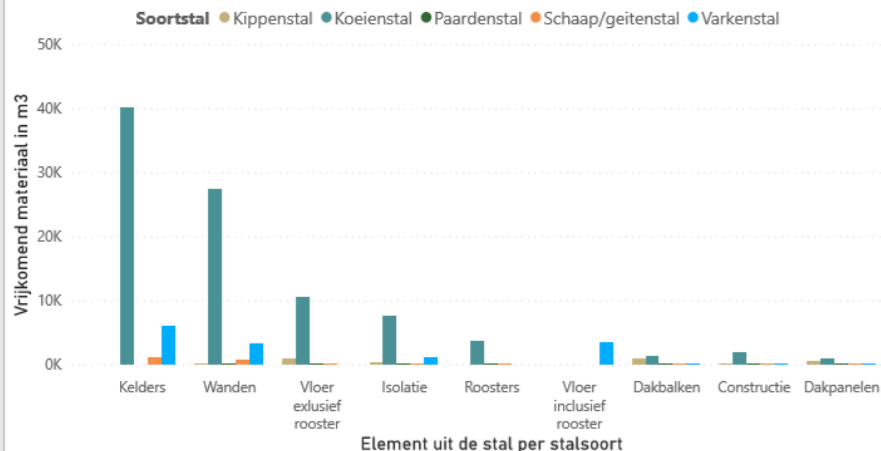
Gegeven	Aangenomen waarde	Bron (APA)
Hardhout in de constructie van vooroorlogse stallen	100%	(Blaricum Vroeger en Nu, 2008)
Beton als keldermateriaal in elke periode	100%	(Het Virtuele Land, 2018)
Verschillende gegevens	Verschillende waarden	Eigen bezoek, zie foto's in Bijlage 5.

Vrijkomende materialen agrarische gebouwen < 1940

Vrijkomend materiaal in m3 per stalsoort



Vrijkomend materiaal in m3 per element van de stal en stalsoort



116.54K

Totaal vrijkomend materiaal in m3

Vrijkomend materiaal in m3

Beton

63,372.48

Vrijkomend materiaal in m3

Metselwerk met mortel

32,111.15

Vrijkomend materiaal in m3

Isolatiemateriaal

9,603.78

Vrijkomend materiaal in m3

Hard hout

6,446.18

Vrijkomend materiaal in m3

Hout

3,011.45

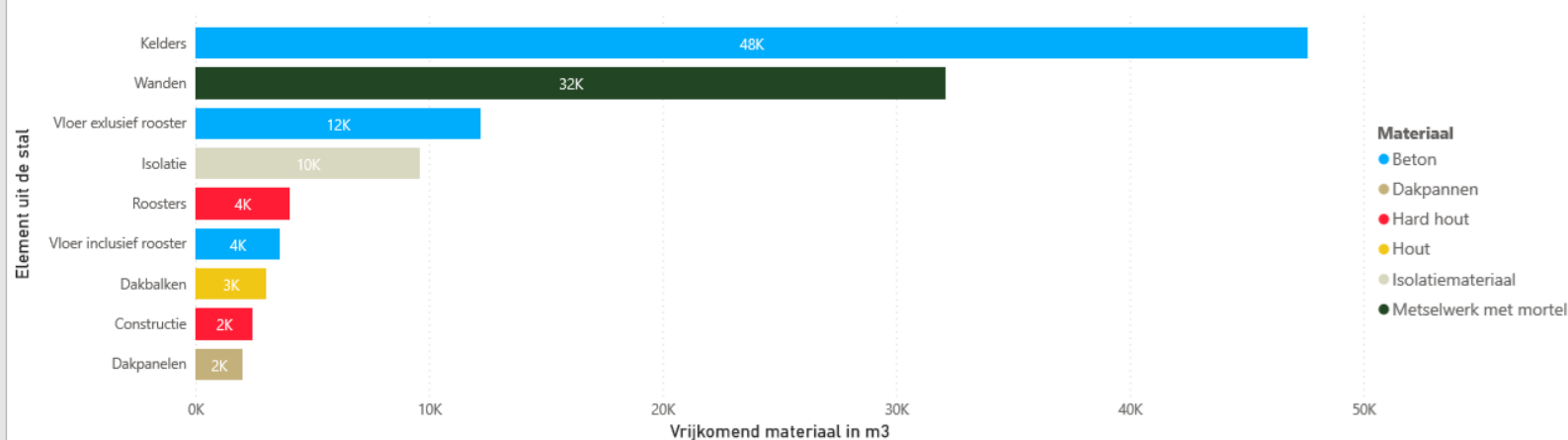
Vrijkomend materiaal in m3

Dakpannen

1,990.70

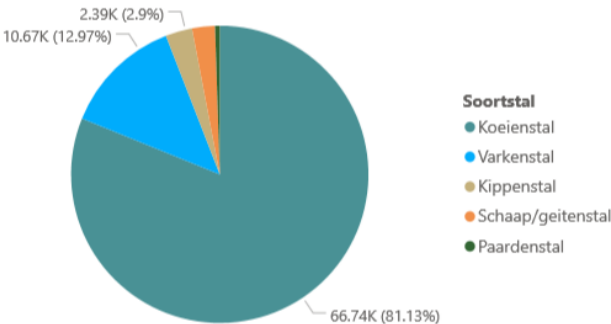
Vrijkomend materiaal in m3

Vrijkomend materiaal in m3 per materiaal en element van de stal

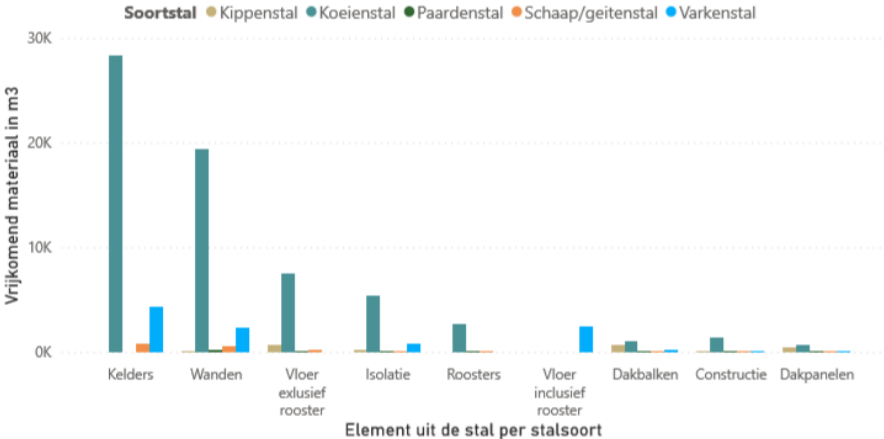


Vrijkomende materialen agrarische gebouwen 1940 - 1965

Vrijkomend materiaal in m3 per stalsoort



Vrijkomend materiaal in m3 per element van de stal en stalsoort



82.26K

Totaal vrijkomend materiaal in m3

Vrijkomend materiaal in m3

Beton
44,733.52
Vrijkomend materiaal in m3

Metselwerk met mortel
22,666.69
Vrijkomend materiaal in m3

Isolatiemateriaal
6,779.14
Vrijkomend materiaal in m3

Hard hout
4,121.10
Vrijkomend materiaal in m3

Hout
2,125.73
Vrijkomend materiaal in m3

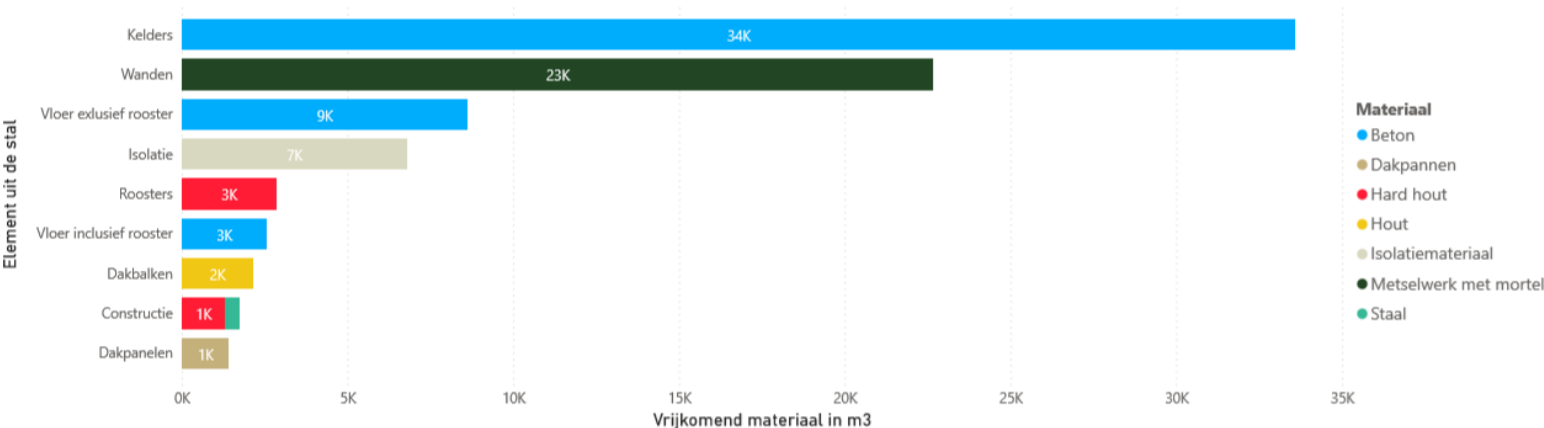
Dakpannen
1,405.20
Vrijkomend materiaal in m3

Staal
429.14
Vrijkomend materiaal in m3

Hogeschool Utrecht
Circulaire stad
10-10-2019

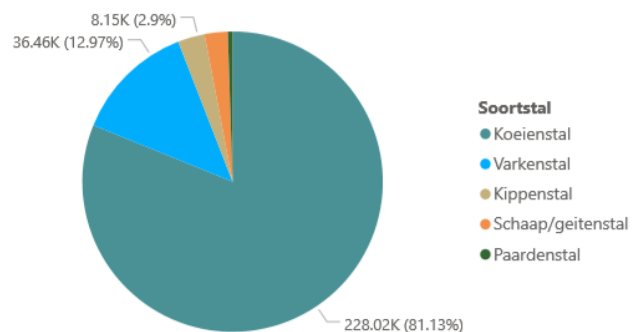
Door:
David Janssen
Tom Matlung
Kimberley Riedstra
Lennert de Rooij
Mark van Vliet
Waad Wadea

Vrijkomend materiaal in m3 per materiaal en element van de stal

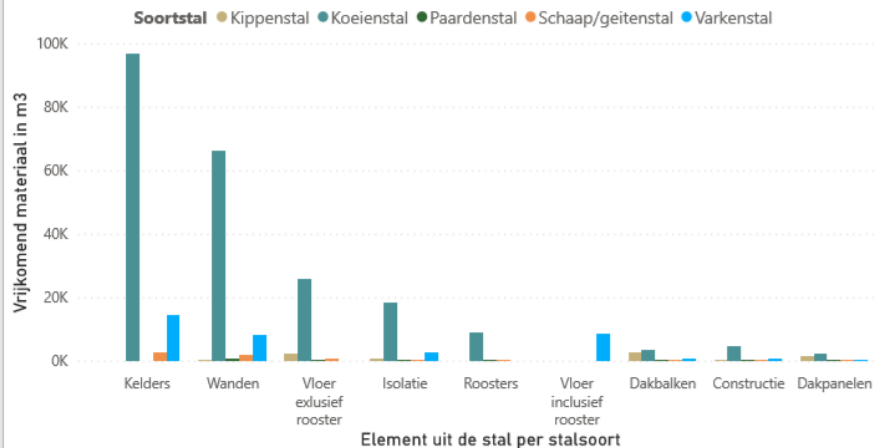


Vrijkomende materialen agrarische gebouwen 1965 - 1993

Vrijkomend materiaal in m3 per stalsoort



Vrijkomend materiaal in m3 per element van de stal en stalsoort



281.06K

Totaal vrijkomend materiaal in m3

Vrijkomend materiaal in m3

Beton
162,521.25
Vrijkomend materiaal in m3

Metselwerk met mortel
77,444.53
Vrijkomend materiaal in m3

Isolatiemateriaal
23,162.05
Vrijkomend materiaal in m3

Hout
7,262.90
Vrijkomend materiaal in m3

Asbest
4,801.10
Vrijkomend materiaal in m3

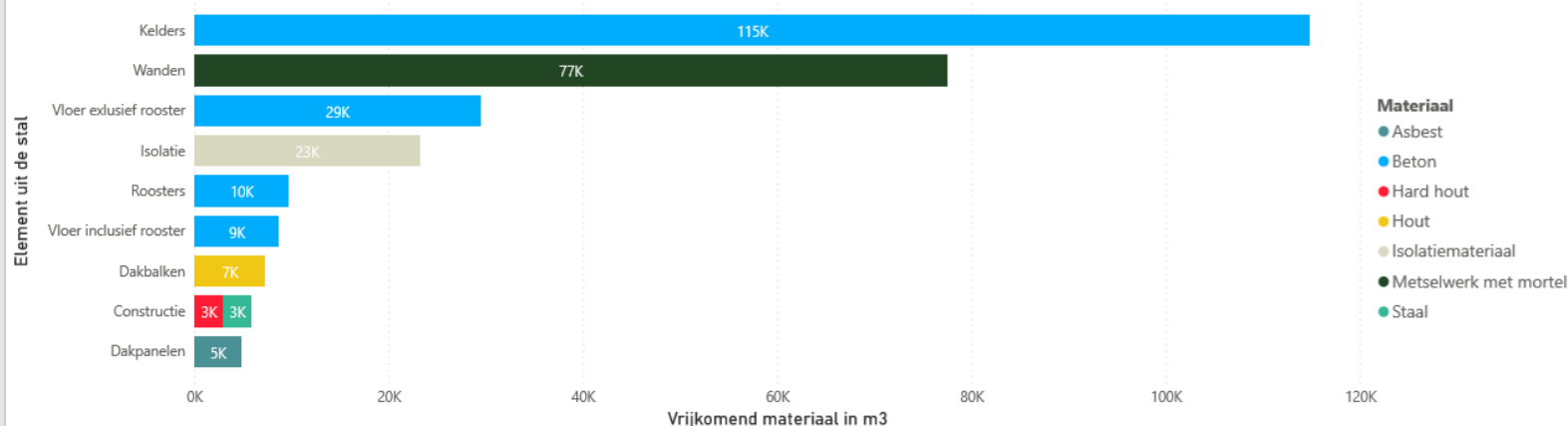
Hard hout
2,932.46
Vrijkomend materiaal in m3

Staal
2,932.46
Vrijkomend materiaal in m3

Hogeschool Utrecht
Circulaire stad
10-10-2019

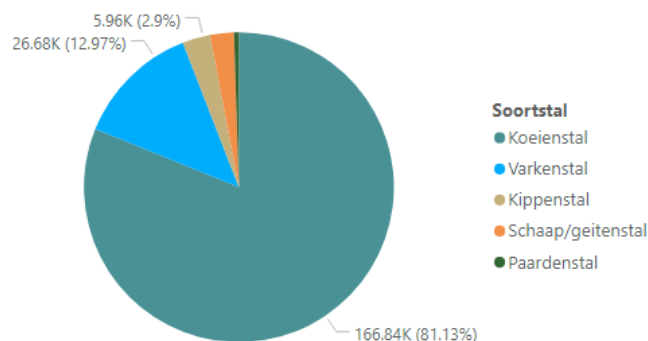
Door:
David Janssen
Tom Matlung
Kimberley Riedstra
Lennert de Rooij
Mark van Vliet
Waad Wadea

Vrijkomend materiaal in m3 per materiaal en element van de stal

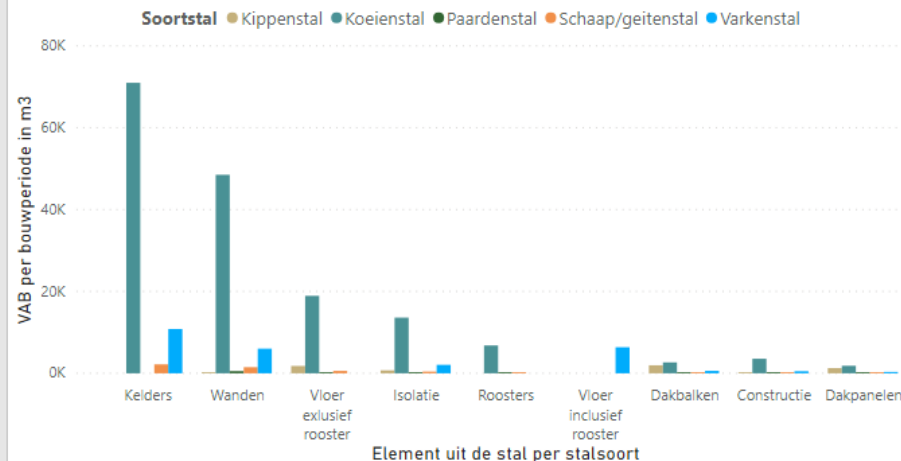


Vrijkomende materialen agrarische gebouwen 1993 - heden

Vrijkomend materiaal in m3 per stalsoort



Vrijkomend materiaal in m3 per element van de stal en stalsoort



205.65K

Totaal vrijkomend materiaal in m3

Vrijkomend materiaal in m3

Beton

118,917.99

VAB per bouwperiode in m3

Metselwerk met mortel

56,666.73

VAB per bouwperiode in m3

Isolatiemateriaal

16,947.84

VAB per bouwperiode in m3

Hout

5,314.32

VAB per bouwperiode in m3

Staal

4,291.41

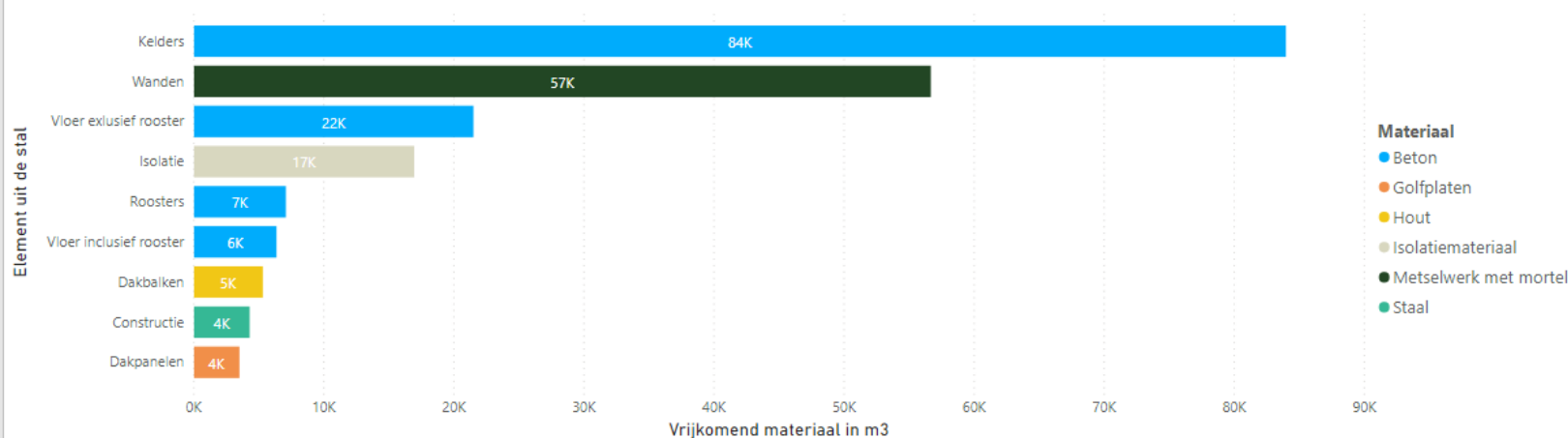
VAB per bouwperiode in m3

Golfplaten

3,513.00

VAB per bouwperiode in m3

Vrijkomend materiaal in m3 per materiaal en element van de stal



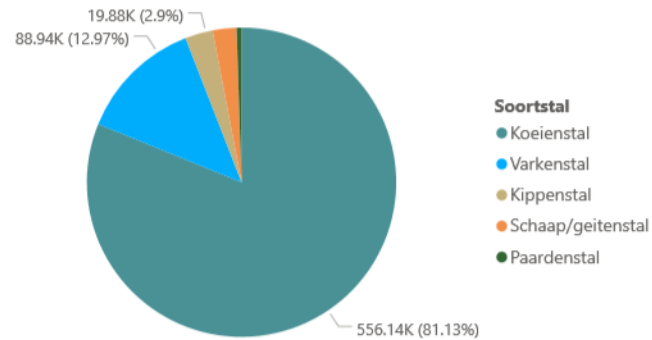
Hogeschool Utrecht
Circulaire stad
10-10-2019

Door:
David Janssen
Tom Matlung
Kimberley
Riedstra
Lennert de Rooij
Mark van Vliet
Waad Wadea

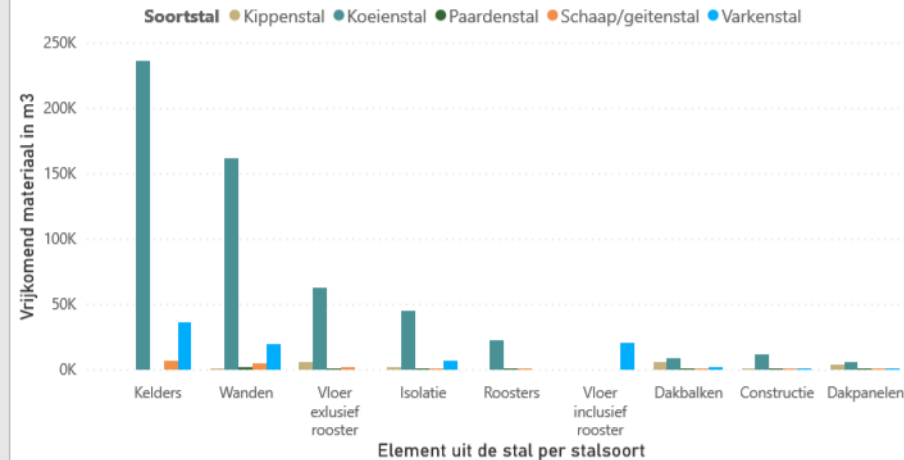
Totaal

Vrijkomende materialen agrarische gebouwen regio Amersfoort en Foodvalley

Vrijkomend materiaal in m3 per stalsoort



Vrijkomend materiaal in m3 per element van de stal en stalsoort



685.50K

Totaal vrijkomend in m3

Vrijkomend materiaal in m3

Beton
389,545.24
Hoeveelheid vrijkomend in m3

Metselwerk met mortel
188,889.10
Hoeveelheid vrijkomend in m3

Isolatiemateriaal
56,492.80
Hoeveelheid vrijkomend in m3

Hout
17,714.40
Hoeveelheid vrijkomend in m3

Hard hout
13,499.75
Hoeveelheid vrijkomend in m3

Staal
7,653.01
Hoeveelheid vrijkomend in m3

Asbest
4,801.10
Hoeveelheid vrijkomend in m3

Golfplaten
3,513.00
Hoeveelheid vrijkomend in m3

Dakpannen
3,395.90
Hoeveelheid vrijkomend in m3

Vrijkomend materiaal in m3 per materiaal en element van de stal

