



*ECOchoice van **traditioneel** naar **circulair** Beroepsproduct*

Instituut:	Hanzehogeschool Groningen
Opdrachtgever:	DuurzaamWonen.nl (Drachten)
Auteur:	Mohamed Aref (342412)
Datum:	18-mei-20

Dit rapport is geschreven onder verantwoordelijkheid van DuurzaamWonen.nl De copyright berust bij de auteur. Zowel DuurzaamWonen.nl als de auteur verklaren, dat zij eventuele gegevens van derden die voor dit rapport zijn gebruikt en die door deze derden als vertrouwelijk zijn aangemerkt, als zodanig behandelen.

Gegevens

PROJECT

Project: ECOchoice
Plaats: Drachten
Adres: Lavendelheide 21-203 Drachten

BEDRIJF

Opdrachtgever: DuurzaamWonen.nl
Stagebegeleider: Wessel Bruining
Adres: Lavendelheide 21-203 Drachten
Email: wesselbruining@DuurzaamWonen.nl

HANZEHOGESCHOOL

Hogeschool: Hanzehogeschool Groningen
Bezoekadres: Zernikeplein 11 Groningen
Studie: Built Environment
Studiebegeleider: Ton Groenewegen
Email afstudeerbegeleider: t.groenewegen@pl.hanze.nl

2^e EXAMINATOR

Examinatornaam: David Gerds
Studie: Built Environment
Email examiner: d.e.gerds@pl.hanze.nl

AUTEUR

Auteur: Mohamed Aref
Studentnummer: 342412
Woonplaats: Assen
Email student: m.r.aref@hotmail.com

INLEVERMOMENT

Plaats: Drachten
Datum: 18-Mei-2020

Voorwoord

Tijdens het project *'ECOchoice van traditioneel naar circulair'* is er onderzoek verricht naar hoe de basismodule van de ECOchoice zich in de toekomst kan ontwikkelen om meer circulair te worden. Door ingrepen op kritieke punten binnen de traditionele basismodule te implementeren moet de woning uiteindelijk in 2030 zich als koploper manifesteren in de bouwsector op het gebied van duurzaamheid en circulariteit.

Het onderzoek wordt in opdracht van DuurzaamWonen.nl uitgevoerd. DuurzaamWonen.nl streeft als ontwikkelaar om de wensen van eindgebruikers op een duurzame manier te realiseren.

Mijn dank gaat dan ook uit naar meneer W. Bruining van DuurzaamWonen.nl voor de begeleiding en medewerking tijdens het onderzoek. Verder wil ik van het bedrijf DuurzaamWonen.nl de volgende heren bedanken voor hun expertise en adviezen tijdens het onderzoek:

S. Reitsma, P. Bakker, G. Buist, B. van Beek en B. Reitsma. Tevens wil ik B. Kruseman van Stichting CALDURAN bedanken voor het delen van hun denkwijze en kijk op het project.

Tot slot wil ik mijn studiebegeleider T. Groenewegen bedanken voor de begeleiding tijdens dit onderzoek en mijn reviewgroep die mij voorzien hebben van adviezen.

Met vriendelijke groeten,

Mohamed Aref
Drachten, 18 mei 2020

Samenvatting

Introductie

In 2050 heeft de Nederlandse overheid de ambitie om naar een 100% circulaire economie te gaan, waarbij in 2030 het verbruik van primaire grondstoffen voor 50% gereduceerd moet zijn. DuurzaamWonen.nl heeft de visie om in deze transitie koploper te zijn en wil met haar woningbouwproducten vooroplopen in de markt. Dit onderzoek richt zich op de woningproduct ECOchoice. Dit is een traditioneel gerealiseerde conceptmatige woninglijn, welk opgebouwd wordt vanuit een basis module. Dit is de zogenaamde slimme kern. Om dit te realiseren is het belangrijk om te kijken wat de kansen zijn binnen het circulair bouwen.

De doelstelling van dit onderzoek is om te bepalen hoe circulair dit product is en welke aanpassingen nodig zijn om het niveau van circulariteit te verhogen, welke hoger ligt dan de landelijke doelstelling in 2030. De resultaten zal DuurzaamWonen.nl delen met haar comakers en zij zal dit onderzoek ook vrijgeven voor andere partijen. Hierbij is de volgende hoofdvraag opgesteld: 'Hoe kan de basismodule van de ECOchoice zich als koploper manifesteren op het gebied van circulariteit in 2030, waarin de overheid de ambitie heeft dat nieuwbouw woningen voor 50% circulair moeten zijn?'

Methode

Het onderzoek bestaat uit drie fasen: onderzoeksfase, ontwerpfasen en reflectiefase. Om antwoord te kunnen geven op het praktijkvraagstuk dient eerst geïnventariseerd te worden welke mindsets, definities en methoden er heersen in de circulaire economie. Vervolgens is het praktijkonderzoek uitgevoerd door middel van literatuuronderzoek, interviews en gesprekken met interne en externe partners. Het praktijkonderzoek draagt bij aan het afwegen welke technische en conceptuele ingrepen bruikbaar kunnen zijn in de vormgeving van het circulair concept. Daarbij zijn er per methode specifieke ingrepen geformuleerd hoe het geïmplementeerd wordt op de traditionele module van de ECOchoice. Tot slot wordt het onderzoek afgesloten met een reflectie op de ontwikkeling van het circulair concept en de conclusies met aanbevelingen.

Resultaten

De resultaten die in de lijn van de verwachtingen liggen:

- Het vergroten van de lengte;
- Het creëren van gevelsymmetrie;
- Toepassen van traditionele woningbouw profielen;
- Het verminderen en voorkomen van freeswerk;
- Het toepassen van droge vloerbouwsystematiek;
- Het toepassen van doorbreekbare zones.

De onverwachte resultaten die geboekt zijn:

- Verschuiving van de slimme kern;
- Kozijnsparingen verlengen tot peilniveau;
- Kozijnsparingen afstemmen op handelsmaten;
- Het dak indelen in zones, die gereserveerd zijn voor een eigen functie;
- Het aanpassen van de verdiepingvloer, door het plaatsen van een vide;

Conclusie

De belangrijkste conclusie en antwoord op de hoofdvraag is dat er met een aantal ingrepen in het oorspronkelijk bouwsysteem en -proces, de woning op korte termijn naar een circulariteitsindex gebracht kan worden van 88%. Hiermee kan de opdrachtgever in 2030 koploper zijn met haar woningproduct ECOchoice.

Aanbevelingen

- De aanbeveling voor DuurzaamWonen.nl is om de inzichten die verkregen zijn vanuit dit onderzoek te gaan inzetten bij bouwprojecten in de onderzoeks-, ontwerp- en realisatiefase;
- De aanbevelingen en oproep voor de partijen die betrokken zijn bij de ECOchoice om, het liefst gestuurd door DuurzaamWonen.nl zelf, na te denken over het circulair ontwerpen en realiseren van het woningbouwproduct;
- Naast de bouwkundige en proces aanpassingen zal er een vervolg onderzoeksvraag neergelegd moeten worden om ook de wand en vloerafwerkingen meer circulair te gaan maken, zodat ook in de gebruiksfase de circulaire doelstellingen gewaarborgd zijn;
- Een vervolgstap is om bij het genereren van IFC-modellen de juiste waarden aan producten toe te kennen in de tekenprogramma's, zodat deze gelijk ingelezen kunnen worden door het Madaster;
- Er dient vanuit overheidswege een duidelijke definitie gesteld te worden over het begrip 'circulair'. Er wordt nu gewerkt vanuit verschillende modellen, dit geeft organisaties de mogelijkheid om op verschillende manieren het begrip in te vullen;
- Er zal gekeken moeten worden hoe de hogere aanvangs- en realisatiekosten in het bouwproces voor de consument leiden tot een aanvaardbare kostprijs. Vanuit de hoek van marketing en financiën zal hier een nader vraagstuk voor kunnen worden uitgezet.

Inhoud

Gegevens	1
Voorwoord.....	2
Samenvatting.....	3
Begrippenlijst.....	8
1 Inleiding	9
1.1 Positionering onderzoeksonderwerp.....	9
1.2 Aanleiding van het onderzoek.....	9
1.2.1 Knelpunten huidige praktijk.....	9
1.2.2 Behoeftes naar duidelijkheid en verdieping.....	9
1.3 Praktijkvraagstuk.....	10
1.4 Onderzoeksdoelstelling.....	10
1.4.1 Doelstelling deskresearch	10
1.4.2 Doelstellingen praktijkonderzoek	10
1.5 Maatschappelijke en wetenschappelijke relevantie	11
1.6 Verwachte resultaten.....	11
1.7 Leeswijzer	11
2 Impact circulariteit op de bouw.....	12
2.1 Markontwikkelingen en belemmeringen.....	12
2.1.1 Markontwikkelingen.....	12
2.1.2 Belemmeringen.....	12
2.2 Meten.....	13
2.2.1 Duurzaamheid.....	13
2.2.2 Circulariteit	13
2.2.3 Materialenpaspoort.....	14
2.3 Kennis en bewustwording.....	14
3 Mindsets circulaire economie.....	15
3.1 Theoretisch kader	15
3.1.1 Mindsets	15
3.1.2 Bedrijven	16
3.2 Eenduidige definitie voor het onderzoek.....	16
3.2.1 Circulaire economie en duurzaamheid	16
3.2.2 Op zoek naar een eenduidige definitie van circulair bouwen	16
4 Circulaire bouwmethoden	17
4.1 Analyse circulaire bouwmethoden	17

4.2	Bruikbare circulaire bouwmethoden	17
5	Vertaling circulaire (bouw) methoden en uitgangspunten naar circulair concept	19
5.1	Uitgangspunten	19
5.1.1	Uitgangspunten	19
5.1.2	Gebouwniveaus	19
5.1.3	Modulair en demontabel	20
5.2	Vertaling bouwmethoden naar ingrepen	20
5.3	Profielschets traditionele module	21
5.3.1	Omschrijving	21
5.3.2	Prestaties traditionele module	22
5.3.3	Visueel	22
6	Circulair concept	24
6.1	Circulair concept	24
6.1.1	Omschrijving	24
6.1.2	Prestaties circulair concept	25
6.1.3	Visueel	25
6.1.4	Slimme entreepartij	27
6.1.5	Indeelbare dak	28
6.1.6	Indeelbare gevelafwerking	29
6.1.7	Uitneembare kozijnen	30
6.1.8	Flexibiliteit binnen de woning zelf	31
6.1.9	Opties	32
6.1.10	Lichtpunten	33
7	Reflectie en resultaten	34
7.1	Ontwikkeling circulair concept	34
7.2	Toekomstige ontwikkelingen circulair concept	35
7.2.1	Tweede hands markt voor onderdelen	35
7.2.2	Sluiten van kringlopen	35
7.2.3	Calculaties	35
7.2.4	Automatisering	36
7.2.5	Materialenpaspoort	36
8	Conclusies en aanbevelingen	37
8.1	Conclusies	37
8.2	Discussie	38
8.3	Aanbevelingen	39

Literatuurlijst	40
Bijlagenboek	43

Begrippenlijst

<i>Bouwbesluit</i>	Bouwtechnische voorschriften waaraan nieuwbouw woningen en verbouwingen minimaal aan moeten voldoen.
<i>Casco</i>	De skelet of romp van een gebouw of woning.
<i>Circulair bouwen</i>	Circulair bouwen gaat over de herbruikbaarheid van gebouwen, bouwelementen en bouwmaterialen. Deze worden hoogwaardig opnieuw ingezet en daarmee kan uitputting van grondstoffen worden voorkomen.
<i>Circulaire economie</i>	In een circulaire economie worden materialen zoveel mogelijk hergebruikt in processen en producten na gebruik en wordt grondstofverbruik zoveel mogelijk tegengegaan.
<i>Duurzaam</i>	Materialen worden gebruikt die lang mee gaan en op een milieuvriendelijke wijze zijn geproduceerd. Bouwtechnieken en -materialen toepassen die geen schade opleveren richting de toekomstige generaties, en de energiebehoefte van het gebouw beperken. Uiteindelijk het voorkomen van milieuproblemen.
<i>Grondstoffenakkoord</i>	Het Grondstoffenakkoord bevat afspraken van de Rijksoverheid met andere landen over maatregelen om de transitie naar de circulaire economie te garanderen.
<i>Lineaire economie</i>	In een lineaire economie worden materialen gebruikt in processen en producten en aan het einde van hun levensduur worden ze verbrand of eindigen ze als stort.
<i>Materialenpaspoort</i>	Grondstoffen om tot bouwmaterialen te komen zijn niet per se schaars, maar wel gelimiteerd. Daarom is het in deze tijd van belang om de desbetreffende informatie goed te documenteren zodat ze ongelimiteerd blijven. Met een materiaalpaspoort krijg je inzicht over de materialen, hierbij krijgen ze een identiteit waardoor ze nooit meer als afval worden verdwijnen.
<i>Milieu Prestatie Gebouw (MPG)</i>	Een belangrijk rekeninstrument waarmee de duurzaamheid van een gebouw berekend wordt op basis van de ingevoerde materialen en de daarbij horende milieubelastingen.
<i>Traditionele bouw</i>	Traditionele bouw is in Nederland de meest toegepaste bouwmethode. Traditioneel bouwen is een degelijke vorm van bouwen. De woning wordt op de bouwplaats steen voor steen gemetseld en met betonnen vloerelementen uitgevoerd.

1 Inleiding

1.1 Positionering onderzoeksonderwerp

Binnen het thema circulair bouwen focust dit onderzoek zich op ontwerprichtlijnen voor bouw modulus in de woningbouw. Door de gestelde doelen van de overheid zijn bestaande modulus die traditioneel gebouwd zijn, het 'bedreigd soort' in de transitie naar circulair bouwen. Dit onderzoek probeert een aanzet te geven om met een meer circulaire gedachtegang de huidige module te benaderen vanuit de ontwerpfase. In de ontwerpfase is nog de meeste ruimte voor aanpassingen of ingrepen van de bouwmethode en ontwerpkeuzes. De woningbouw is daarbij een belangrijke gebouwtypologie. In vergelijking met de utiliteitsbouw zijn de modules binnen de woningbouw nog niet ver in toekomstbestendig bouwen. Dit onderzoek focust zich daarom zowel op de nieuwbouw, toekomstige aanpassingen en verbouw ontwerprichtlijnen. In paragraaf 1.2.2. wordt aangegeven dat er tevens behoefte is aan duidelijkheid over de financiële gevolgen van circulair ontwerpen en bouwen. Dit wordt met de ontwikkeling van het circulair concept meegenomen maar zal in dit onderzoek vanwege de beperkte tijd en expertise nog niet ingevuld. De organisatorische en juridische principes vallen eveneens buiten de scope van dit onderzoek.

1.2 Aanleiding van het onderzoek

1.2.1 Knelpunten huidige praktijk

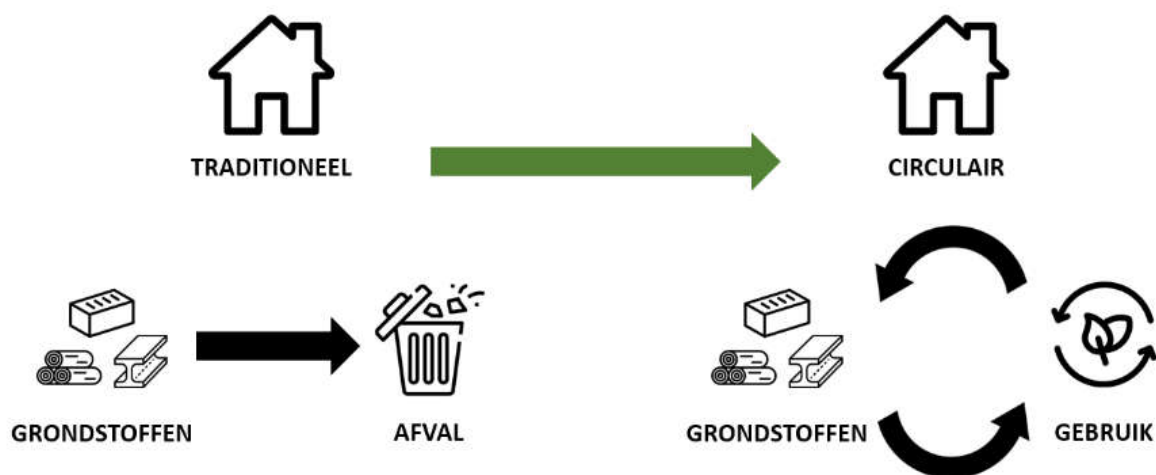
In de huidige woningbouw zijn circulair ontworpen woningen nauwelijks terug te vinden. Naast de financiële motieven, ligt het probleem vooral in de beginfase waarin de ontwikkeling van circulair bouwen zich bevindt. Hierdoor is er nog onduidelijkheid over wat een circulaire woning precies kenmerkt en waar het allemaal aan zou moeten voldoen. Daarnaast komt direct de vraag naar boven hoe de circulariteit van een woning gemeten wordt. Tevens is het belangrijk om te weten hoe de energieprestatie is van een circulair ontworpen woning ten opzichte van een traditioneel ontworpen woning. Hierdoor is het lastig en onduidelijk over welke principes in de bouwsector terug kunnen komen in het maken van circulaire ingrepen in de ontwerpfase van woningen. Daarnaast is er vanuit de eindgebruiker, de consument, nog geen uitgesproken vraag naar een circulair woning.

1.2.2 Behoeft naar duidelijkheid en verdieping

De genoemde knelpunten uit de vorige paragraaf maken duidelijk dat er in de bouwsector behoefte is aan ontwerpregels en definities van een circulaire woning. Er zal een éénduidige definitie gesteld moeten worden wat circulair bouwen inhoudt, evenals een eenduidige methodiek om de circulariteitsindex te bepalen. Hiermee kunnen toegevoegde bouwmaterialen en producten ook eenduidig getoetst en vergeleken worden. Verder zal er een oplossing moeten komen om de hogere aanvangsinvestering voor de gebruiker aantrekkelijk te maken.

1.3 Praktijkvraagstuk

“Hoe kan de basismodule van de ECOchoice zich als koploper manifesteren op het gebied van circulariteit in 2030, waarin de overheid de ambitie heeft dat nieuwbouw woningen voor 50% circulair moeten zijn?”



Figuur 1: Hoofdvraag van het onderzoek

1.4 Onderzoeksdoelstelling

Het praktijkonderzoek zal als basis dienen voor een aangepast basis ontwerp. De volgende deelvragen worden met het onderzoek getracht te beantwoorden en uiteindelijk een basis te vormen voor de hoofdvraag:

1. Wat is circulariteit?
2. Wat is de impact van circulariteit op de product ECOchoice?
3. Waar liggen kansen om de circulariteit van de ECOchoice te verbeteren?
4. Hoe vertalen de kansen zich op de traditionele module van de ECOchoice?

1.4.1 Doelstelling deskresearch

Doormiddel van deskresearch wordt onderzocht wat de definities zijn van circulair bouwen, welke onderzoeken hierover reeds hebben plaatsgevonden. Dit moet leiden tot een heldere definitie en afkadering van circulair bouwen, zodat de huidige voorliggende woning helder kan worden beoordeeld en de genomen maatregelen kunnen worden getoetst op hun resultaat.

1.4.2 Doelstellingen praktijkonderzoek

De doelstelling van het praktijkonderzoek is om met interne medewerkers van DuurzaamWonen.nl het huidige product helder te krijgen en af te stemmen of voorgestelde ideeën en methodieken passen binnen het bedrijfsmodel. Met de externe partners wordt gekeken en gesproken of hun toegepaste producten en diensten passen binnen het circulaire concept en met welke aanpassingen zij voor de toekomst mee bezig zijn.

1.5 Maatschappelijke en wetenschappelijke relevantie

Dit onderzoek is zowel maatschappelijk als wetenschappelijk relevant voor de praktijk met de volgende onderbouwing:

- Grenswaarde van de MPG zal gaande de jaren strenger worden. De MPG is het huidige rekenmodel om de milieu impact te bepalen van alle toegepaste bouwmaterialen in een gebouw. Sinds 1 januari 2013 wordt deze norm ook door de overheid getoetst bij het indienen van een omgevingsvergunning.
- Behoeft over eenduidige definitie en meetmethodiek voor circulair ontwerpen.
- In de bouw is er veel winst te behalen in gebouwonderdelen en de distributie hiervan. Er zijn al in Nederland instanties die een eigen tweede hands markt aan onderdelen hebben en de verwachting is dat dit met de tijd gaat groeien.
- Gebouwonderdelen eindigen bij de eindfase van hun levensduur vaak op afvalplaatsen of worden 'gedowncycled'. Deze afvalplaatsen worden met de tijd alsmaar groter en de leveringsgarantie van gebouwonderdelen kleiner.

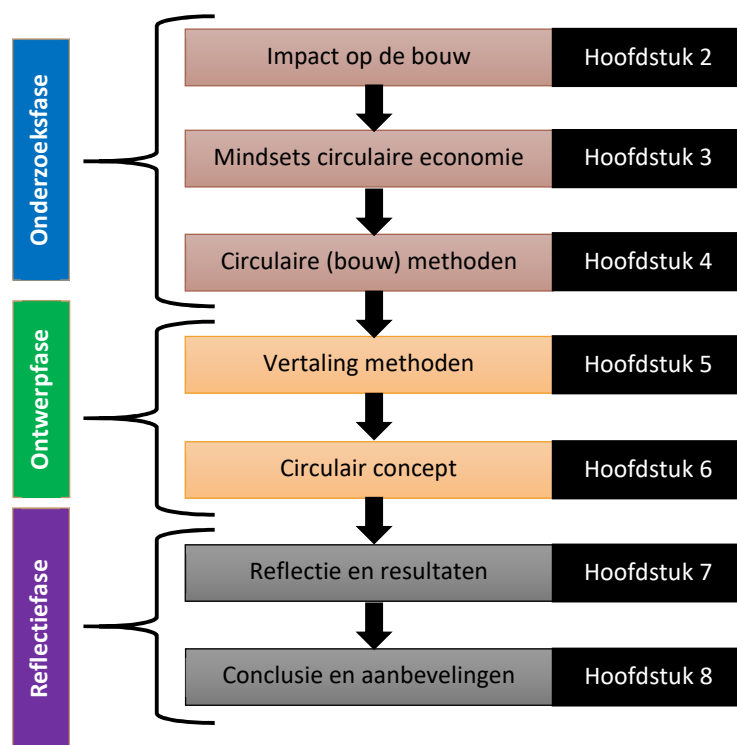
1.6 Verwachte resultaten

De verwachting is dat door middel van dit onderzoek duidelijkheid ontstaat over welke technische en conceptuele methoden van belang zijn bij het realiseren van circulaire woningen en in het bijzonder de traditionele module van de ECOchoice. Beoogd wordt om een circulair concept te leveren, waarbij de circulariteitsindex van de basismodule zo hoog mogelijk verkregen is zodat het product in de circulaire economie zich als koploper kan manifesteren. Dit zal vooral van meerwaarde zijn voor partijen die zich bezighouden met de onderzoeks-, ontwerp- en realisatiefase van een project. De ontbrekende informatie zal inzichtelijk gemaakt worden, zodat duidelijk is wat de gebreken van het circulair concept zijn en waar de vervolgonderzoekers of uitvoerders van de methoden nog extra aandacht aan moeten besteden. Hierbij is het essentieel dat het circulair concept flexibel en niet al te complex is, zodat het concept hierna nog kan worden aangevuld en de gebreken ontweken kunnen worden.

1.7 Leeswijzer

Het onderzoek kan worden ingedeeld in drie delen, namelijk: onderzoeksfase over circulair bouwen, vertaling naar het circulair concept en de reflectie op het proces.

In de eerste fase van het onderzoek wordt er gezocht naar een eenduidige definitie van het begrip circulair bouwen en hoe de bouwsector ermee omgaat. In de tweede fase wordt het literatuuronderzoek uit de eerste fase toegepast en gezocht naar een aangepast product. Tenslotte wordt er in de laatste fase met een kritische blik gereflecteerd op de resultaten en de daarbij voortvloeiende conclusies met aanbevelingen voor vervolgonderzoeken.



Figuur 2: Opbouw rapport

2 Impact circulariteit op de bouw

Het huidige beleidskader van circulair bouwen is overzichtelijk beschreven in de transitieagenda bouw (Rijksoverheid, 2018). Daarbij komen de volgende speerpunten naar voren als belangrijkste ontwikkeling voor de komende jaren (2018-2021):

- **Markontwikkeling**
- **Meten**
- **Kennis en bewustwording**

2.1 Markontwikkelingen en belemmeringen

2.1.1 Markontwikkelingen

In de bouwsector is de transitie naar een circulaire economie momenteel de belangrijkste ontwikkeling. De aanleiding voor deze transitie komt voort uit het Grondstoffenakkoord. In het Grondstoffenakkoord worden er drie belangrijke redenen genoemd, die de noodzaak vormen om over te gaan op een circulaire economie¹. Dat zijn de volgende drie:

- Explosieve vraag naar grondstoffen;
- Afhankelijkheid van andere landen;
- Samenhang met klimaat.

De ambitie van de overheid is dat in 2030 nieuwbouwprojecten voor 50% circulair moeten zijn en in 2050 volledig circulair². Hiermee wordt beoogd de circulaire markt op gang te brengen en daarbij een prikkel te geven aan private en publieke partijen binnen de sector om mee te gaan met de ontwikkelingen. In het kader van circulair materiaalgebruik zijn er al 18 bouwmarktplaatsen opgezet in Nederland. Private en publieke partijen bieden binnen een bouwmarktplaats hier (tweede hands) bouwmaterialen aan, om hergebruik en circulariteit te verhogen.

2.1.2 Belemmeringen

In figuur 3 is een schematisch overzicht van de huidige belemmeringen opgenomen. In figuur 37 van bijlage B1 is er een schematisch overzicht opgenomen waarin de effecten van de circulaire economie op verschillende partijen binnen de bouwketen geïllustreerd zijn. Voor DuurzaamWonen.nl zou het kijkend naar de overzicht interessant om meer uitvragen te doen op standaard prestaties dan op innovatieve specificaties. In dit onderzoek wordt er niet verder op in gegaan.

¹ (Dijkma (De staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu) & Kamp (De minister van Economische Zaken), 2016)

² (Volledig circulair in 2050?!, BouwKennis)

		Consument / eindgebruiker	Opdrachtgever	Bouwketen	Derden, overheid, adviseurs, kennis
Bedrijven en samenwerking	Samenwerking		Conflicterende belangen	Onduidelijke definities	
	Kennis & kunde			Gebrek aan kennis en kunde	
Institutes	Wet & regelgeving				Weinig controle Hoogwaardig recyclen bemoeilijkt door eisen en garanties
	Cultuur			Partijen houden vast aan traditionele manier van werken	
Markt	Markt structuur		Onvoldoende investeringsruimte	Integratie aannemer en toeleverancier	
	Markt vraag	Gebrek aan vraag/urgentie	Verskil tussen hoog- en laagwaardige recycling niet van belang	Moeilijk rondkrijgen business cases	
	Markt imperfecties		Split incentive over de levensduur van een gebouw		

Figuur 3: Belemmeringen voor de transitie naar een circulaire economie in de bouw. Bron: TNO 2017, R10402

2.2 Meten

Om de transitie naar een circulaire economie realistisch te maken zijn de volgende voorwaarden cruciaal: het *meetbaar* maken van de circulaire ontwerpen en ze kunnen hanteren als *gunningscriteria*. Hiervoor is een uniform meetinstrument nodig.

2.2.1 Duurzaamheid

Een meetmethode om duurzaamheid te meten op basis van rapportcijfers is het *Gemeentelijk Praktijk Richtlijn Gebouw* (GPR Gebouw). Het GPR Gebouw-rekenmethodiek meet een gebouw op basis van vijf thema's: *energie, milieu, gezondheid, gebruikskwaliteit en toekomstwaarde*. Per thema wordt er beoordeelt op een schaal van 1 tot 10 en de totale score wordt vertaald naar een kwaliteitslabel. Met behulp van dit label krijgt het gebouw één (één ster staat gelijk aan het niveau van het Bouwbesluit) tot vijf sterren. Voor meer informatie over de GPR berekeningsmethode, zie bijlage B1.

2.2.2 Circulariteit

Een meetmethode om circulariteit te meten op basis van vijf rapportcijfers is het *CirculariteitsPrestatie Gebouw* (CPG). Het CPG-rekenmethodiek is een extensie van het GPR Gebouw. De CPG-meetinstrument meet een gebouw vanuit de volgende kaders:

1. Beschikbare materialen en producten;
2. Hernieuwbare grondstoffen;
3. Minimalisering milieu impact tijdens cycli;
4. Voorwaarden voor lange cycli;
5. Voorwaarden voor gebruik in toekomstige cycli.

Per kader wordt het gebouw beoordeelt op een schaal van 1 tot 10 en uiteindelijk worden ze bij elkaar opgeteld. Het gemiddelde representeert de mate van circulariteit. Voor meer informatie over de CPG berekeningsmethode, zie bijlage B1.

2.2.3 Materialenpaspoort

In de circulaire bouweconomie is het essentieel dat partijen de herbruikbare materialen van een gebouw kunnen inlezen. Met het materiaalpaspoort is het mogelijk om die inzicht te krijgen en is het voor partijen eenvoudiger te bepalen wat wel en niet hergebruikt kan worden. Het Madaster is een veel gebruikte tool voor het genereren van materiaalpaspoorten. Het materiaalpaspoort zal in het onderzoek terugkomen als een voorwaarde om het hergebruik van materialen in de toekomst te promoten. Voor meer informatie over het materialenpaspoort, zie bijlage B1.

2.3 Kennis en bewustwording

Een circulaire economie heeft alleen een slagingskans wanneer de hele sector de meerwaarde ervan inziet en de nodige kennis heeft. Volgens de transitieagenda circulair bouwen (2018) gaan marktpartijen, kennisinstellingen en de overheid in de komende jaren onderzoek doen naar o.a. de volgende vragen die relevant zijn voor dit onderzoek:

- Wat is demontabel bouwen als bouwer?
- Welke ontwerp- en assemblagestrategieën zijn toepasbaar?

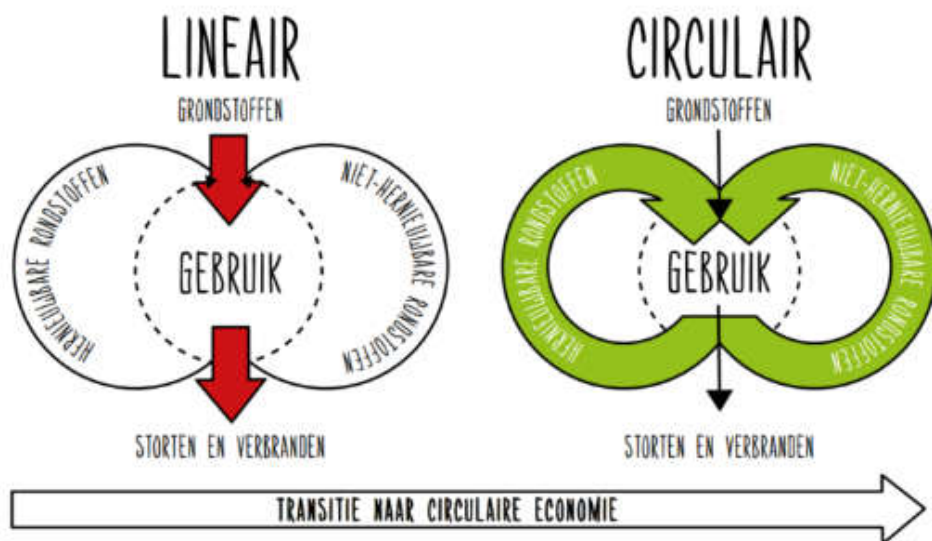
In Nederland worden er in de komende jaren bewustwordingscampagnes gevoerd als doel om de kennis en bewustwording naar een circulaire bouweconomie te ontwikkelen. Voor meer informatie over initiatieven om de kennis en bewustwording te vergroten, zie bijlage B1.

3 Mindsets circulaire economie

Voor het onderzoek is het van belang dat er eerst geïnventariseerd dient te worden welke mindsets er in de huidige praktijk van circulair bouwen heersen. Hierdoor wordt er een duidelijk beeld geschetst over wat de denkwijze is van circulair bouwen in de huidige praktijk en hoe dit relateert tot duurzaamheid. De mindsets vormen een onderbouwing voor bepaalde onderdelen in het circulair concept.

3.1 Theoretisch kader

In de huidige economie hanteert de meerderheid methodieken en processen die gelijkstaan aan de lineaire economie, waarin grondstoffen na gebruik grotendeels als afval verwerkt worden. In de circulaire economie wordt er gestreefd om nauwelijks nieuwe grondstoffen te gebruiken en worden gebruikte grondstoffen nauwelijks meer als afval verwerkt. In figuur 4 is er een schematische vertaling van de twee economieën afgebeeld.



Figuur 4: Transitie lineaire economie naar circulaire economie. Bron: DrentheWoontCirculair.

3.1.1 Mindsets

Cradle-to-cradle (Michael Braungart)

In het *cradle-to-cradle*-model, dat ontwikkeld is door Michael Braungart, worden materialen als grondstoffen beschouwd. In het ontwerpproces wordt de hele levenscyclus van het product en de gebruikte grondstoffen beschouwd, met het oog op dat alles zo milieuvriendelijk is.

R-model (Ladder van Lansink)

In het R-ladder model worden manieren en methoden beoordeeld op de mate van circulariteit. In dit model worden dit circulaire activiteiten genoemd. In de R-ladder zijn er 6 stappen en strategieën die als een circulair activiteit gezien mogen worden.

IPF-model

In dit model wordt circulariteit vanuit drie invalshoeken benaderd. Dit zijn de drie invalshoeken in dit model:

- Technisch inhoudelijk
- Proces
- Financieel economisch

In bijlage B2 worden de mindsets van aanvullende informatie voorzien.

3.1.2 Bedrijven

ING³

De ING promoot bedrijven binnen de bouwsector meer circulair te handelen binnen projecten. Volgens de ING wordt er weinig aandacht besteedt aan sociale kosten van CO2 emissies en het hergebruik van materialen. De ING hoopt dat de circulaire economie behaald kan worden door het toepassen van de volgende activiteiten:

- Gebruikte producten en materialen hergebruiken
- De levensduur van materialen en producten verlengen (door goede onderhoud en reparatie)
- Hergebruik delen van een materiaal of product

W/E Adviseurs

W/E Adviseurs levert een bijdrage in de opgang naar de circulaire economie door middel van het leveren van meetinstrumenten die circulariteit kan meten. De CPG die genoemd is in paragraaf 2.2 is een meetinstrument van W/E adviseurs. Het is zeker niet een volmaakt meetinstrument maar het is voor de bouwsector een grote stap richting de circulaire economie.

In bijlage B2 is er aanvullende informatie m.b.t. hoe bedrijven handelen op het thema circulariteit in de bouw.

3.2 Eenduidige definitie voor het onderzoek

3.2.1 Circulaire economie en duurzaamheid

De Verenigde Naties hebben in februari van 2015, de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen (*SDGs – Sustainable Development Goals*) als de nieuwe mondiale duurzame ontwikkelingsagenda voor 2030 vastgesteld. Het is vanzelfsprekend dat circulaire handelingen leiden tot een verduurzaming van de planeet, maar duurzame handelingen leiden niet altijd tot een circulaire economie. Circulariteit is namelijk een extensie van duurzaamheid. Het voornaamste doel van het onderzoek is het verbeteren van de module gezien van uit een circulair standpunt. De duurzaamheid wordt automatisch verbeterd hierdoor. Voor de tools die worden gebruikt om beide facetten te meten zie paragraaf 2.2.

3.2.2 Op zoek naar een eenduidige definitie van circulair bouwen

Momenteel bestaan er 114 definities van het begrip 'circulaire economie' volgens het onderzoek van Bosch (Bosch, 2017). De verschillende definities wordt veroorzaakt door de grote diversiteit in doelstellingen en systeemniveaus. Het doel van een circulaire economie is het vinden van een economisch en industrieel systeem, waarin geen eindige grondstofvoorraden worden uitgeput en waarin reststoffen volledig opnieuw worden ingezet in het systeem.

In het noorden van Nederland onderkennen meerdere Drentse woningcorporaties dat de transitie naar circulair bouwen van een hoge urgentie is. Om die reden zijn de acht woningcorporaties een samenwerkingsverband begonnen onder de naam 'Drenthe Woont Circulair'. Drenthe Woont Circulair heeft zelf een definitie opgesteld voor het begrip 'circulair bouwen' zie figuur 5. Voor dit onderzoek wordt dezelfde definitie aangehouden.

Een gebouw dat wordt ontwikkeld, gebruikt en hergebruikt zonder natuurlijke hulpbronnen onnodig uit te putten, de leefomgeving te vervuilen en ecosystemen aan te tasten. Gebouwd op een economisch verantwoorde manier en bijdragend aan het welzijn van mens en dier. Hier en daar, nu en later. Technische elementen zijn demonteerbaar en herbruikbaar, biologische elementen kunnen ook worden teruggebracht in de biologische kringloop.

Figuur 5: Definitie van 'circulair bouwen'. Bron: Drenthe Woont Circulair

³ (TNO en Ellen MacArthur Foundation)

4 Circulaire bouwmethoden

Er wordt voor de analyse over welke methoden er momenteel gebruikt worden voor circulair bouwen gekeken naar niet verschillende partijen binnen de bouwbranche, zie tabel 1. Vanuit het praktijkvraagstuk is er naar de bruikbaarheid van methoden gekeken, omdat niet elke methode toepasselijk of op het moment interessant is.

4.1 Analyse circulaire bouwmethoden

Bedrijf	Methoden
ING	• Circulair Ontwerpen • Construeer Demontabele Gebouwen (Legolisering) • Ontwerp gebouwen met minder materiaal • Materiaal banken • Sloop en recycle • Materialenpaspoort • Biobased Constructies – bouwmaterialen
Bouwend Nederland en Stimular	• Materiaalarm en licht ontwerpen • Adaptief/flexibel ontwerpen • Materiaalkeuze en ontwerp optimaliseren op de minste milieubelasting • Modulair en demontabel ontwerpen
Alba Concepts	• Losmaakbaarheid van materialen • Circulair materiaalgebruik (biobased, hergebruik)

Tabel 1: Circulaire bouw methoden

In de tabel 1 zijn er circulaire (denk)methoden van bedrijven binnen de bouwsector opgenomen. Er is voor dit onderzoek gekozen om vanuit verschillende soorten bedrijven het praktijkvraagstuk te benaderen. Een bank zoals de ING heeft namelijk een andere mindset dan een software ontwikkelaar zoals Alba Concepts. Dit verschil in mindsets m.b.t. het thema circulair bouwen, zorgt ervoor dat er vanuit meerdere perspectieven naar het probleem gekeken wordt. Voor aanvullende informatie over de circulaire bouwmethoden, zie bijlage B3.

4.2 Bruikbare circulaire bouwmethoden

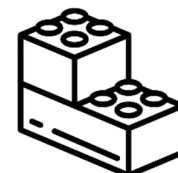
Circulair Ontwerpen

De bouw van een circulaire woning begint met het ontwerp. In de beginfase neemt de architect circulair gebaseerde methoden mee in het ontwerp en legt dit voor met de opdrachtgever.



Construeer Demontabele Gebouwen (Legolisering)

Schenk aandacht, bij het ontwerpen en bouwen van een woning, aan de losmaakbaarheid van de materialen en onderdelen zodat dezen eenvoudig ontmanteld worden en hergebruikt kunnen worden.



Adaptief/flexibel ontwerpen

Het adaptief ontwerpen van gebouwen heeft als eindresultaat dat de levensduur verlengd wordt, hiermee worden onnodige bouw- en sloopkosten en emissies voorkomen. Met adaptief ontwerpen wordt concreet bedoeld dat er in de ontwerpfase is overnagedacht, hoe gebouwen geschikt zijn om tussentijds een andere functie(s) tot zich kunnen opnemen.



Modulair en demontabel ontwerpen

Het blijkt uit meerdere rapporten, die gebruikt zijn bij het verrichten van onderzoek en uitwerking van het praktijkvraagstuk:

“Hoe meer demontabel een gebouw is, hoe hoger de circulariteit en als eindresultaat een lagere milieu impact.”



Met het begrip demontabel ontwerpen worden in principe twee stellingen aan gelinkt:

- De manier waarop onderdelen of materialen aan elkaar verbonden zijn;
- De mate van toegankelijkheid.

De genoemde (denk)methoden voor circulair bouwen worden in bijlage B3 met elkaar vergeleken en dieper op in gegaan.

5 Vertaling circulaire (bouw) methoden en uitgangspunten naar circulair concept

In dit hoofdstuk wordt de vertaling gemaakt van circulaire bouw methoden voor concreet nieuwbouw in de woningbouw. De vraag op welke wijze de circulaire bouw methoden vertaald kunnen worden naar technische ontwerpingrepen voor nieuwbouw staat hierbij centraal. Daarnaast wordt er een profielschets gemaakt van de traditionele module van de ECOchoice dat uiteindelijk als vertrekpunt zal figureren voor het onderzoek.

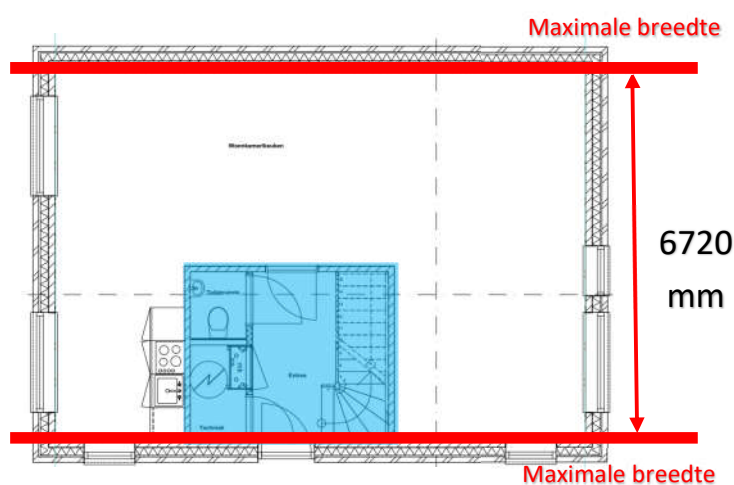
5.1 Uitgangspunten

5.1.1 Uitgangspunten

Het uitgangspunt van het onderzoek is het meer circulair maken van de traditionele module. Samen met de opdrachtgever zijn er wel restricties gesteld aan het uitgangspunt. Voor de ontwikkeling van het circulair concept zijn de volgende kenmerkende restricties van belang, zie figuur 6.

In figuur 6 zijn de volgende twee kenmerkende restricties geïllustreerd:

- Uitbreidingen/verlengingen van de traditionele module in de breedte (rode pijlen);
- Het behouden van de slimme kern (lichtblauwe vierkant).



Figuur 6: Kenmerkende restricties (Plattegrond begane grondvloer ECOchoice)

Voor een completere profielschets van de traditionele module, zie paragraaf 5.2.

5.1.2 Gebouwniveaus

Eén van de bruikbare methoden waarmee een woning meer circulair kan gemaakt worden is *modulair en demontabel ontwerpen*, zie paragraaf 4.2. Bij het modulair en demontabel ontwerpen van woningen is het essentieel om te achterhalen wat kritieke plekken zijn van een woning om deze methode toe te passen. Volgens de terminologie van Brand⁴ heeft een woning acht aggregatieniveaus, zie figuur 7. Volgens dit model bepalen de volgende vier lagen van een woning de mate van circulariteit:

- Draagconstructie;
- Gevel;
- Installaties;
- Binnenafwerking.



Figuur 7: De acht systemen van een gebouw. Bron: Copper8 & Alba Concepts

⁴ (1995) *The sharing layers change*

5.1.3 Modulair en demontabel

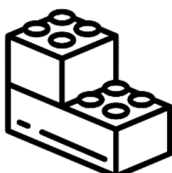
De mate van demonteerbaarheid bepaald uiteindelijk hoe modulair een woning is. Uit een onderzoek voor de gemeente Amsterdam⁵ wordt de demonteerbaarheid primair bepaald door twee factoren:

- Losmaakbaarheid van de verbinding;
- Toegankelijkheid van de verbinding.

Vanuit een circulaire economie hebben *chemische verbindingen* een negatief effect. Een voorbeeld van een chemische verbinding is cement. In het traditioneel bouwen wordt cement bijvoorbeeld gebruikt voor het afwerken van vloeren. Door de bovenkant van een vloer afwerken met een cementdekvloer (harde chemische verbinding) zijn vloerinstallaties moeilijker te benaderen. In bijlage Door de bovenkant van de vloer afwerken met cement (harde chemische verbinding) wordt de toegankelijkheid van de verbonden materialen eronder moeilijker te benaderen. In bijlage B4 is er in figuur 46 de verschillende mogelijke verbindingen en de toegankelijkheid opgenomen. Voor meer informatie zie bijlage B4.

5.2 Vertaling bouwmethoden naar ingrepen

In deze paragraaf staat beschreven op welke manier de bruikbare circulaire bouw methoden, uit hoofdstuk 4, vertaald kunnen worden naar technische ingrepen voor woningen. Dit is voor elk methode aangegeven in tabel 2.



Circulair ontwerpen
➤ Bouw multifunctioneel; ontwerp ruimten optimaal, zodat functies te combineren zijn of een ruimte dubbel te gebruiken is; ➤ Beperk de massa van materialen; kies meer voor hout of metaalskeletbouw i.p.v. beton of kies voor holle constructies i.p.v. massieve bouw; ➤ Maak gebruik van prefab bouw, indien waar mogelijk is; ➤ Stem de maatvoering van het bouwplan af op handelsmaten i.p.v. unieke maten; ➤ Ontwerp zodanig dat minimale leidingslengtes mogelijk maakt voor verwarming, ventilatie, koeling en tapwater; ➤ Maak gebruik van Building Integrated Photovoltaics (BIPV), dit zijn geïntegreerde zonnepaneel oplossingen.
Construeer Demontabele Gebouwen (Legalisering)
➤ Toepassen van gangbare/standaard profielen.
Adaptief/flexibel ontwerpen
➤ Maak de draagconstructie ook geschikt voor de functies in de toekomst; ➤ Zorg dat installaties zoals ventilatie eenvoudig kunnen worden vervangen of aangepast.
Modulair en demontabel ontwerpen
➤ Zoveel mogelijk gebruik te maken van prefab-onderdelen; ➤ Vermijd het storten van leidingen of kanalen in beton.

Tabel 2: Vertaling ingrepen van circulaire bouw methoden voor woningen.

⁵ (Copper8, Alba, & Gemeente Amsterdam, 2017)

5.3 Profielschets traditionele module

5.3.1 Omschrijving

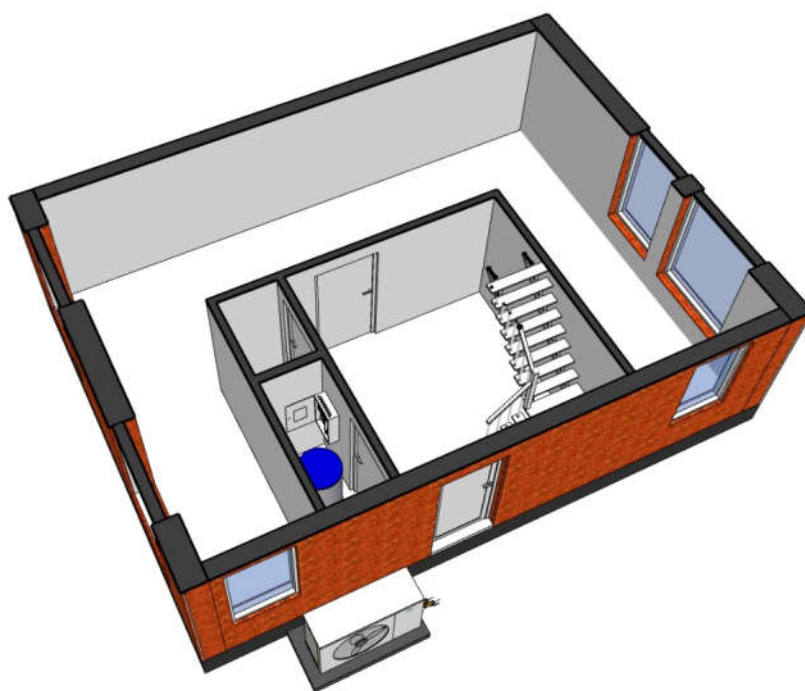
De ECOchoice maakt deel uit van de ECOLINE woningen. Met de ECOLINE biedt DuurzaamWonen.nl gebruikers de mogelijkheid om duurzaam te wonen. Duurzaam wonen houdt in dat de woning ook in de toekomst, voldoet aan (overheids-)eisen en het comfort van de bewoners.

De ECOchoice is een vrijstaande woning samengesteld uit bestaande bouwcomponenten. De gebruiker heeft de mogelijkheid om samen met de architect de gevelindeling naar wens afstemmen.



Figuur 8: ECOchoice traditionele module

De ECOchoice onderscheidt zich van de rest door het werken met een slimme kern. De slimme kern houdt in dat er op een slimme manier is omgegaan met de indeling van functies en installaties. Binnen de slimme kern is er een installatieruimte voor de meterkast, boiler, en een directe verbinding met de luchtwarmtepomp. Tevens zit de slimme kern rechtstreeks onder de badkamer. Hierdoor is er een gunstige positie tevens gecreëerd voor de leidingwerk. De slimme kern is paragraaf 5.1.1 figuur 6 weergegeven. In figuur 9 is er een 3D-model van de slimme kern opgenomen.



Figuur 9: 3D-model slimme kern

5.3.2 Prestaties traditionele module

Duurzaamheid

De traditionele module scoort met het GPR Gebouw-meetinstrument een 7.2 over de 5 thema's. Vanuit de wetgeving staat het Bouwbesluit gelijk aan een GPR Gebouw-score 6, dit betekent dat de traditionele module voldoet aan Bouwbesluit. Voor het complete beoordelingsschema van het GPR Gebouw-meetinstrument zie bijlage B5.

Circulariteit

De traditionele module scoort met het CPG-meetinstrument een 7.2. Vanuit het CPG meetmethodiek is de traditionele module momenteel 72% circulair. Voor het complete beoordelingsschema van het CPG-meetinstrument zie bijlage B5.

In figuur 10 zijn de uitgangspunten van het onderzoek uitgezet tegenover het vertrekpunt. De traditionele module wordt als vertrekpunt genomen.

ECOCHOICE		
Meetinstrument	Doel	Traditioneel
Circulaire Prestatie Gebouwen (CPG)	> 8	7,2
Gemeentelijke Praktijk Richtlijn (GPR)	> 8	7,2

Figuur 10: Vertrekpunt traditionele module en uitgangspunten

5.3.3 Visueel

Begane grondvloer (BG)

De traditionele module bevat de volgende ruimten/installaties op de begane grondvloer (figuur 11):

- Slimme kern bevattende: *Installatieruimte, Toiletruimte en de Hal*
- Woonkeuken.
- Luchtwarmtepomp bij de voordeur.

Eerste verdieping (V1)

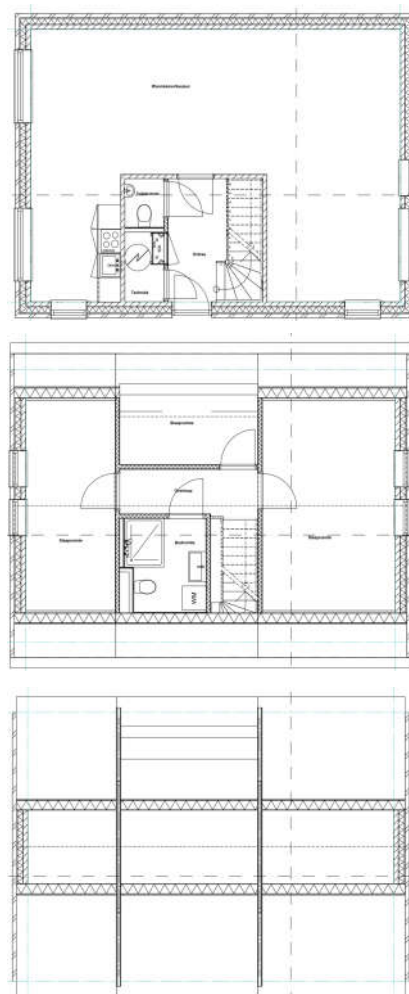
De traditionele module bevat de volgende ruimten/installaties op de eerste verdieping (figuur 11):

- Gang/halruimte bevattende een vlizotrap;
- Badkamer ruimte met een toilet.
- Twee slaapkamers;
- Onbenoemde ruimte.

Tweede verdieping (V2)

De traditionele module bevat de volgende ruimten/installaties op de tweede verdieping (figuur 11):

- Gesloten zolderruimte.



Figuur 11: Plattegronden traditionele module

Gevels

In figuur 12 zijn de gevelaanzichten van de traditionele module opgenomen. In bijlage B5 is het tekenwerk op schaal opgenomen.



Figuur 12: Gevelaanzichten – traditionele module

6 Circulair concept

In dit hoofdstuk wordt er nader gekeken naar het circulair concept. In het eerste deel van het hoofdstuk is er een algemene omschrijving van het circulair concept van de ECOchoice. In de volgende delen van het hoofdstuk worden de eigenschappen die het circulair concept bevat, verder omschreven en uitgelegd. In het laatste deel van het hoofdstuk zijn de verschillende opties en uitbreidingen van het circulair concept opgenomen.

6.1 Circulair concept

6.1.1 Omschrijving

Het circulair concept van de ECOchoice biedt gebruikers de mogelijkheid om naast duurzaam te wonen tevens flexibel en modulair te zijn. Vanuit de onderzoeksdoelstelling is er in de ontwerpfase een aantal ingrepen en implementaties toegepast op de traditionele module.

Het circulair concept is een vrijstaande woning opgebouwd uit een modulaire opgezette plattegrond en doorsnede. De gebruiker heeft de mogelijkheid om samen met de architect de gevelafwerking, gevelindeling en dak indeling naar wens af te stemmen. Het circulair concept onderscheidt zich ten opzichte van de traditionele module door het werken met een slimme voordeur, indeelbare dak en gevel en uitneembare kozijnen.

De slimme entreepartij houdt in dat er op een slimme manier is omgegaan met de indeling en samenvoeging van functies en installaties bij de voordeur. In paragraaf 6.1.4 wordt de slimme entreepartij verder verantwoordt.

Het dak van het circulair concept is in de ontwerpfase onderverdeeld in zones die gereserveerd zijn voordakramen dan wel dakkappen en zonnepanelen. Zo heeft de gebruiker de flexibiliteit en vrijheid om het dak naar wens in te delen of aan te passen in de toekomst. In paragraaf 6.1.5 worden de mogelijkheden en de indeelbaarheid van het dak nader verantwoordt.

De gevel van het circulair concept heeft tevens als het dak een indeelbare vrijheid. Dit houdt in dat de gebruiker ervoor kan kiezen om in de toekomst de gevelafwerking te vervangen voor een afwerking naar keuze. In paragraaf 6.1.6 worden de mogelijkheden en de indeelbaarheid van de gevelafwerking nader verantwoordt.

Daarnaast is er in het circulair concept uitneembare kozijnen toegepast. Ook hierin heeft de gebruiker de vrijheid om raamkozijnen te vervangen voor deurkozijnen of raamkozijnen. In paragraaf 6.1.7 wordt deze ingreep nader uitgelegd. In paragraaf 6.1.8 is de flexibiliteit binnen de woning verantwoordt.

Tenslotte is de constructie van de woning zodanig opgebouwd dat het dak rust op een spanten en gording constructie. Hierdoor kan ook de gehele verdieping casco opgeleverd worden en zijn er geen dragende wanden op de verdieping en zolder. Hierdoor is de keuze voor wel of geen zoldervloer voor de eindgebruiker zelf.

In 6.1.9 zijn de verschillende opties opgenomen die mogelijk zijn door de voorheen genoemde eigenschappen van het circulair concept bevat.



Figuur 13: ECOchoice circulair concept

6.1.2 Prestaties circulair concept

Duurzaamheid

Het circulair concept scoort met het GPR Gebouw-meetinstrument een 8.8 over de 5 thema's. Vanuit de wetgeving staat het Bouwbesluit gelijk aan een GPR Gebouw-score 6, dit betekent dat het circulair concept voldoet aan het Bouwbesluit. Voor het complete beoordelingsschema van het GPR Gebouw-meetinstrument zie bijlage B6.

Circulariteit

Het circulair concept scoort met het CPG-meetinstrument een 8.2. Vanuit het CPG meetmethodiek is de traditionele module momenteel 82% circulair. Voor het complete beoordelingsschema van het CPG-meetinstrument zie bijlage B6.

In figuur 14 zijn de uitgangspunten (traditionele module) tegenover het circulair concept uitgezet.

ECOCHOICE			
Meetinstrument	Doel	Traditioneel	Circulair
Circulaire Prestatie Gebouwen (CPG)	> 8	7,2	8,8
Gemeentelijke Praktijk Richtlijn (GPR)	> 8	7,2	8,2

Figuur 14: Verschillen tussen het traditioneel en circulair concept

6.1.3 Visueel

Begane grondvloer (BG)

Het circulair concept bevat de volgende ruimten/installaties op de begane grondvloer (figuur 15):

- Slimme kern bevattende: *Installatieruimte, Toiletruimte en de Hal.*
- Woonkeuken.
- Slimme entreepartij bestaande uit: *Luchtwarmtepomp, Pakketbrievenbus en Geïntegreerd wateropvangsysteem.* Zie paragraaf 6.1.4 voor aanvullende informatie.

Eerste verdieping (V1)

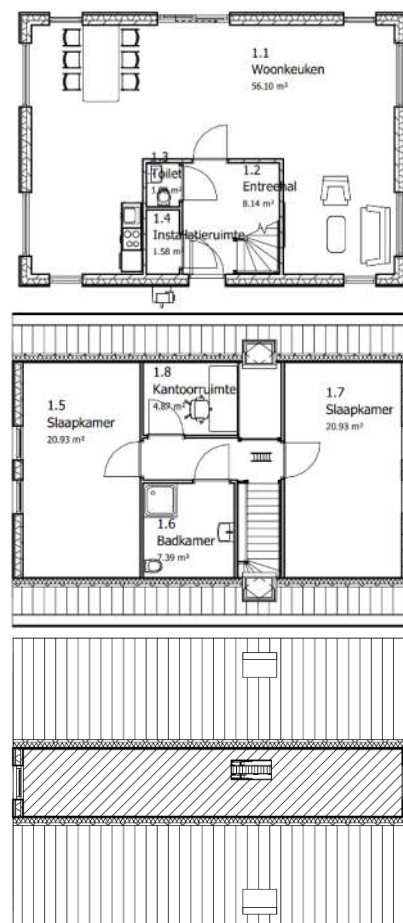
Het circulair concept bevat de volgende ruimten/installaties op de eerste verdieping (figuur 15):

- Gang/halruimte bevattende een vlizotrap;
- Badkamer ruimte met een toilet.
- Twee slaapkamers;
- Vide (Kantoorruimte).

Tweede verdieping (V2)

Het circulair concept bevat de volgende ruimten/installaties op de tweede verdieping (figuur 15):

- Open zolderruimte.



Figuur 15: Plattegronden circulair concept

Gevels

In figuur 16 zijn de gevelaanzichten van het circulair concept opgenomen. In bijlage B6 is het tekenwerk op schaal opgenomen.



Figuur 16: Gevelaanzichten circulair concept

6.1.4 Slimme entreepartij

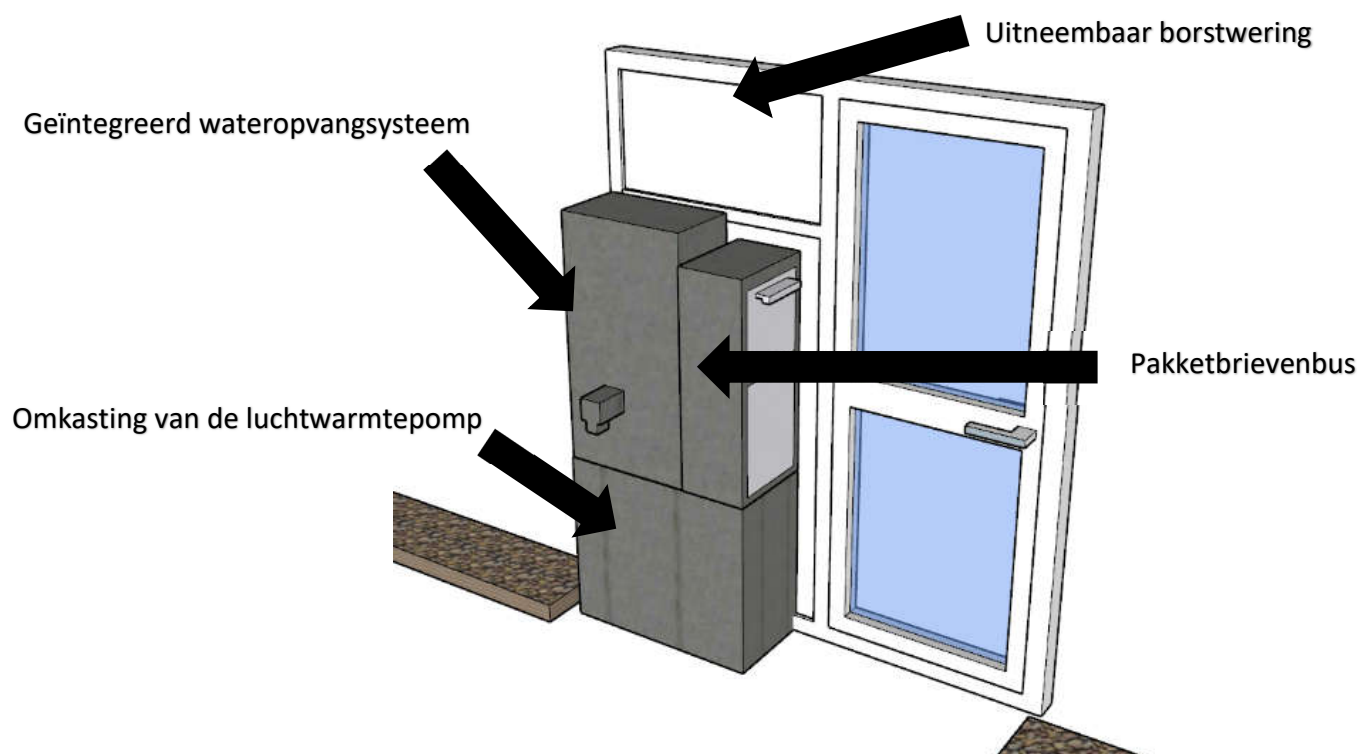
Eén van de doelstellingen vanuit de opdrachtgever is het presenteren van een uniek entreepartij concept. De componenten en functies die de opdrachtgever graag geïntegreerd wil terug zien in het concept zijn:

- Pakketbrievenbus;
- De integratie van de losstaande luchtwarmtepomp;
- (Her)gebruik van regenwater.

Keuze

Samen met de opdrachtgever zijn de opties en de mogelijkheden besproken en is de keuze gevallen op entreepartij 3. In deze optie is het mogelijk om de gevel te behouden zoals het is, met enkel verbindingpunten. Hierdoor ontstaat er modulair gebruik en flexibiliteit. Tenslotte wordt het oppervlak gebruik minimaal gehouden en wordt er voldoende ruimte behouden voor toegang van verkeer. Hierdoor is de keuze op *entreepartij optie 3* gevallen.

Entreepartij optie 3 is een variant waarin de componenten opelkaar gestapeld zijn, maar wel gemonteerd zijn tegen de buitengevel. In deze optie is het wel mogelijk om het wateropvangsysteem op de omkasting te plaatsen omdat, er voor de omkasting een verankering is aan de buitengevel. In bijlage B7 zijn de andere gepresenteerde opties opgenomen.



Figuur 17: Entreepartij 3

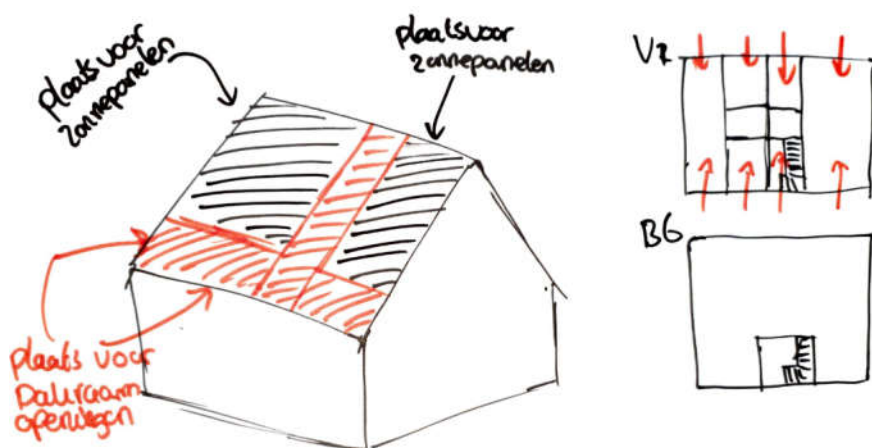
6.1.5 Indeelbare dak

In het circulair concept is er een gezocht in de ontwerpfase naar een balans tussen duurzaamheid en circulariteit. Voor duurzaamheid is er aandacht besteedt aan de volgende thema's:

- Daglichttoetreding;
- Energie opwekking.

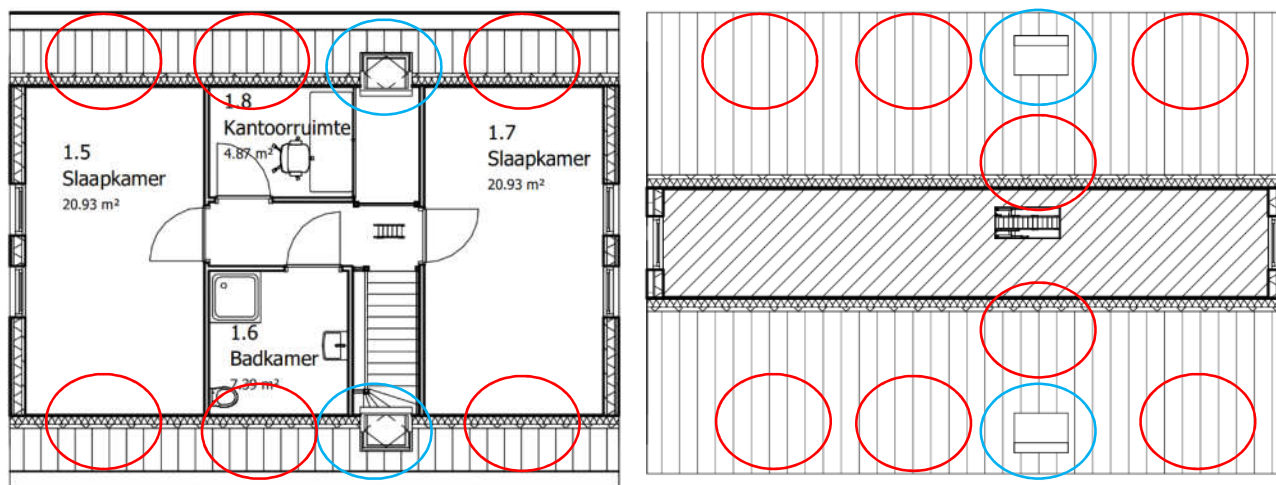
6.1.5.1 Daglichttoetreding

In het circulair concept is er in gekeken of er daglichttoetreding via het dak ook mogelijk is. In de ontwerpfase zijn er functionele zones bepaald, waar eventueel openingen in het dak gerealiseerd kan worden.



Figuur 18: schets ontwerp dak indeling

In figuur 19 zijn er de zones voor dakramen of dakkapellen (rood) bepaald voor de slaapkamers, kantoorruimte en badkamer. De zones voor dakramen of dakkapellen (blauw) in figuur 19 worden standaard als dakramen uitgevoerd in de basis module van het circulair concept. Deze zorgen voor een lichtstroom voor zowel de gang op de eerste verdieping als de woonkamer en gang in de slimme kern op de begane grondvloer. De verschillende opties met dakraamtypen en dakkapellen zijn opgenomen in bijlage B8.



Figuur 19: Dakraamzones eerste verdieping (links) en tweede verdieping (rechts)

6.1.5.2 Zonnepanelen

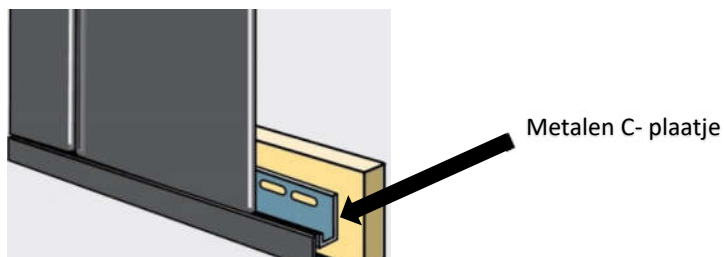
Voor het bepalen van hoeveel zonnepanelen er op de rest van het dak geplaatst kan worden is er naar verschillende leveranciers gekeken. De gemiddelde afmeting van één zonnepaneel is 1700 x 1000 mm. In figuur 20 is er in een 3D-model het circulair concept maximaal ingevuld met zonnepanelen en is elke dakraamzone ingevuld met een dakraamstelkozijn en dakraamtype. In totaal kunnen er op het circulair concept 36 zonnepanelen op omdat de dakraamzones symmetrisch aan elkaar zijn (18 zonnepanelen per hellend dak).



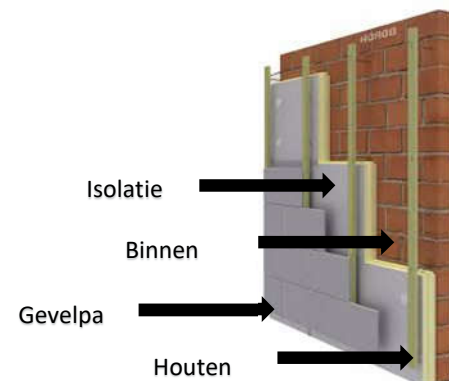
Figuur 20: circulair concept vooraevel aanzicht

6.1.6 Indeelbare gevelafwerking

In het circulair concept is de gevelafwerking gebaseerd op een droge bouwsystematiek. Een droge bouwsystematiek houdt in dat de opbouw (bijna) geen chemische verbindingen bevat. Voorbeelden van droge afbouw zijn in figuren 21 en 22 waar te nemen. Hierin is de buiten afwerking verbonden door middel van een metalen C- plaatje.



Figuur 21: Meten plaatje als tussenverbinding



Figuur 22: Droog bouwsystematiek opbouw

Door het werken met een droge bouwsystematiek ontstaat er de vrijheid voor de gebruiker om zelf de gevelafwerking te bepalen. Er kan namelijk gekozen worden voor bijvoorbeeld:

- Houten gevelbekleding;
- Steenstrips/click bricks;
- (Kunststof) gevelpanelen;
- Aluminium gevelpanelen;
- Etc.



Figuur 24: Kunststof gevelpanelen

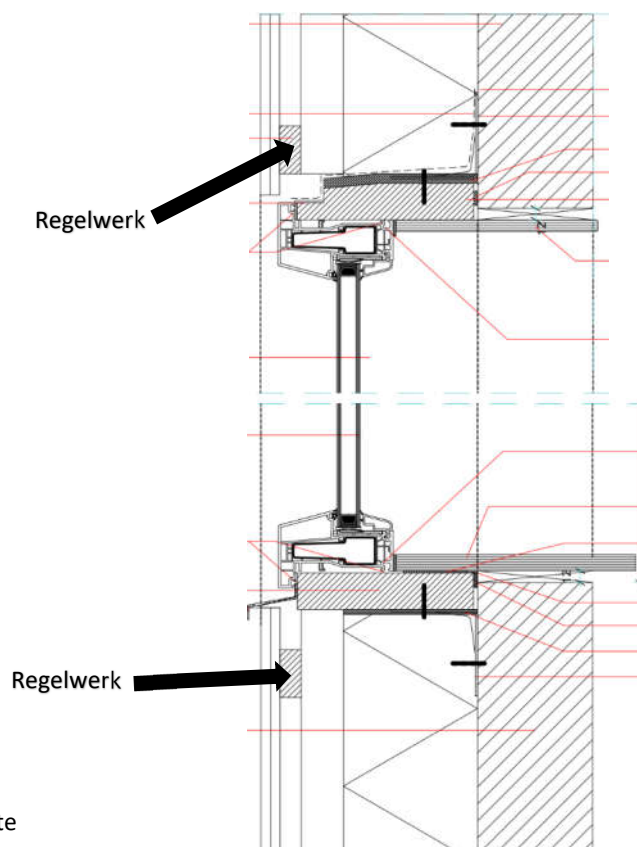


Figuur 23: Click bricks



Figuur 25: Houten gevelbekleding

In figuur 26 is van het circulair concept een raamdetaill van de eerste verdieping opgenomen. Hierin is de droge bouwsystematiek terug te zien en wordt de vorm gegeven door de regelwerk waaraan de panelen verbonden zijn. Het regelwerk fungeert als verbindingsstuk.

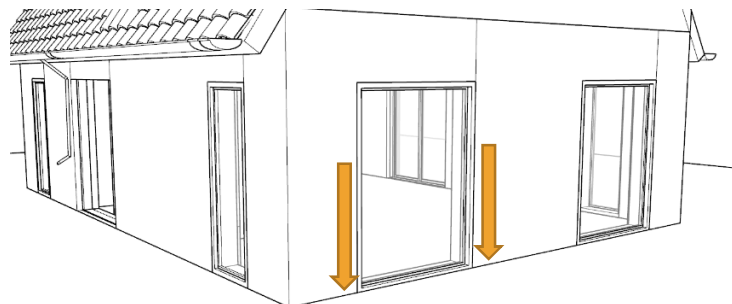


Figuur 26: Onder en bovendorpel raamkozijn + wandopbouw (circulair concept)

6.1.7 Uitneembare kozijnen

In het circulair concept is tevens een kenmerkend ingreep het verlengen van de buitenwand sparingen. Raamkozijnen beginnen nu vanaf het peilniveau. Vanuit duurzaamheid en circulair bouwen is dit een positieve ingreep omdat het de volgende mogelijkheden biedt:

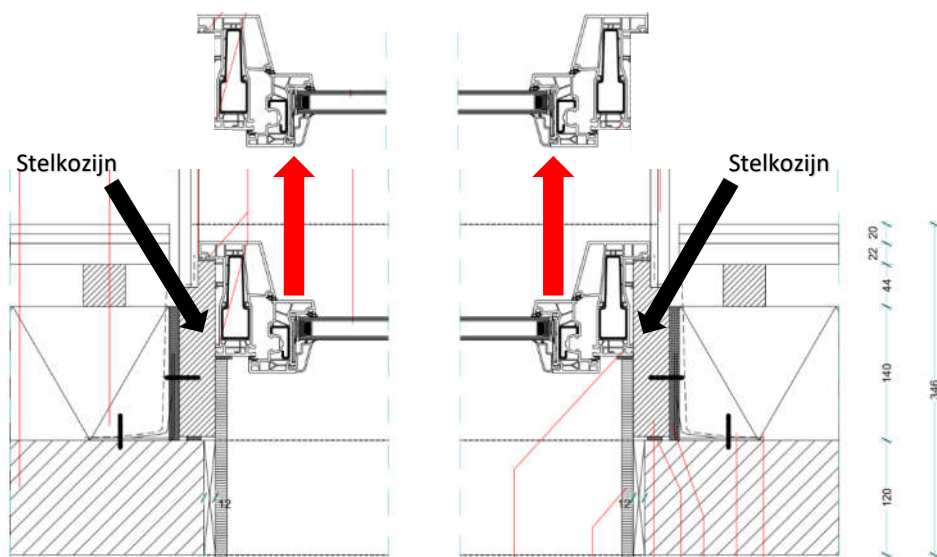
- Raamkozijnen kunnen vervangen worden voor deurkozijnen, verschillende type raamkozijnen of borstweringen (figuur 28);
- Er is meer daglichttoetreding;
- Flexibiliteit in de functies en routing door de woning, hierdoor ontstaan er ook meer module opties in combinatie met aanbouw. (paragraaf 6.1.9).



Figuur 27: Uitbreiding van sparingen



Figuur 28: Uitneembare kozijnen



Figuur 29: Horizontaal kozijn detail

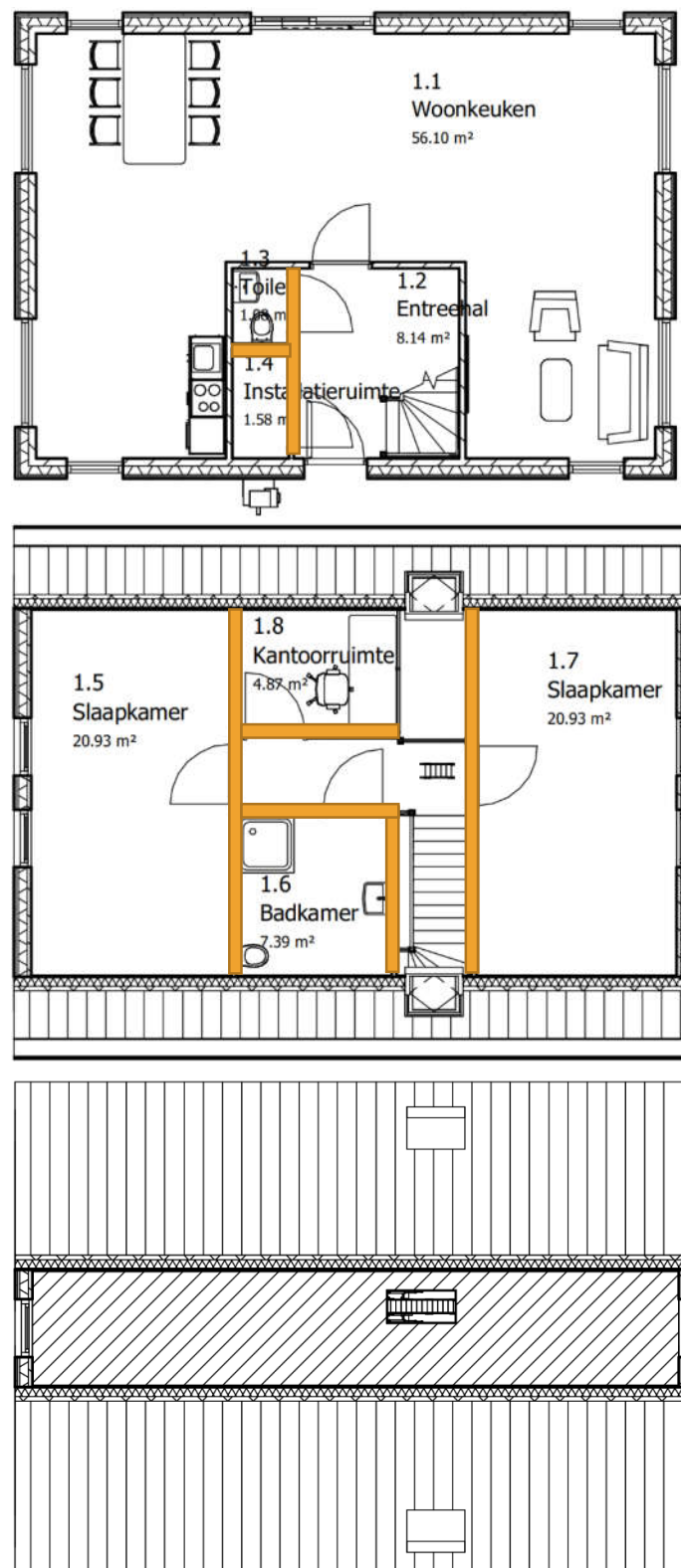
In figuur 29 zijn de technische eigenschappen van het uitneembaar kozijn in een horizontaal detail weergegeven. De stelkozijn is het vaste deel in de gevel, waaraan de deur- of raamkozijn aan verbonden wordt. Tevens heeft het stelkozijn dezelfde lengte en breedte van de buitenwand sparing.

6.1.8 Flexibiliteit binnen de woning zelf

In het circulair concept is er flexibiliteit binnen de woning gecreëerd door het gebruik maken van flexibele binnenwanden. Onder 'flexibele wanden' worden binnenwanden bedoeld die gedemonteerd kunnen worden na plaatsing. Dit kunnen bijvoorbeeld FAAY scheidingswanden zijn.

In figuur 30 zijn de niet dragende binnenwanden tevens in het circulair concept demonteerbaar en bevat het doorbreekbare zones voor de aanleg van installaties (oranje).

De rest van de binnenwanden zijn gereed om verbonden te worden met extra scheidingswanden. De slimme kern is zo gepositioneerd uit het onderzoek, waardoor er op de begane grondvloer meerder functies gerealiseerd kunnen worden. In de volgende paragraaf is er meer informatie over hoe deze vrijheid in de opties terug komt.



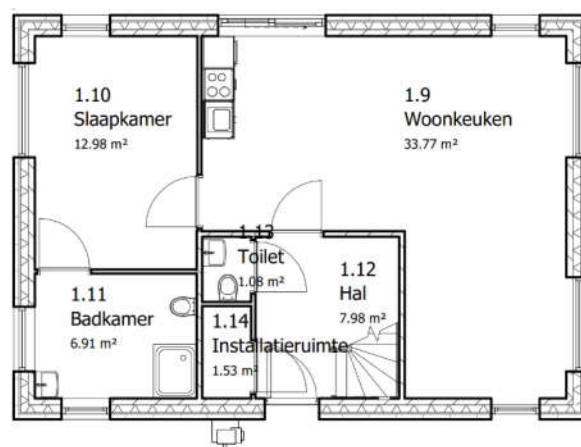
Figuur 30: Binnenwanden en flexibiliteit circulair concept

6.1.9 Opties

Doordat het circulair concept de kozijnsparingen standaard lopen van peilniveau tot 2400+ in combinatie met uitneembare kozijnen heeft, zijn er verschillende uitbreiding opties mogelijk. Voor aanvullende informatie zie paragraaf 6.1.7. Daarnaast zorgt de positie van de slimme kern in het circulair concept de mogelijkheid om verschillende ruimten en functies te creëren. Hieronder zijn er een aantal mogelijke opties opgenomen. Voor een volledig overzicht van de opties in de juiste maatvoeringen zie bijlage B9.

Optie 2

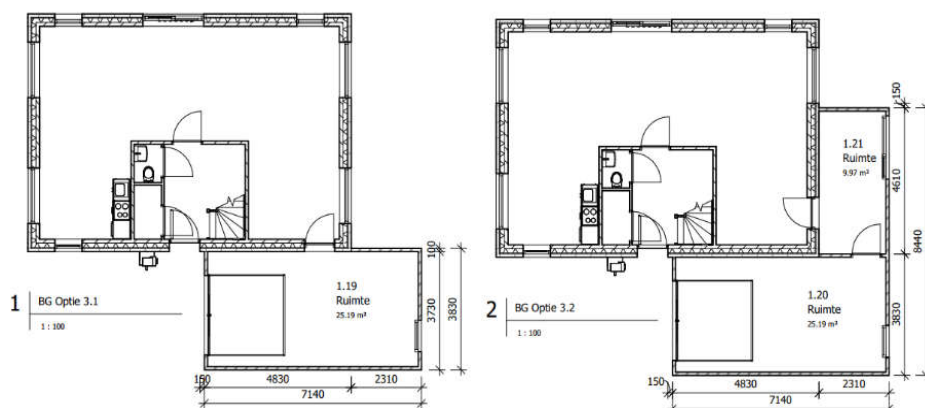
Optie 2 is een uitbreiding van het circulair concept. Hierin is er een slaapkamer en badkamer extra toegevoegd op de begane grondvloer. Tevens is het keukenblok verplaatst. In optie 2 is er standaard een afvoer gerealiseerd voor de nieuwe positie van het keukenblok. In de slimme kernwanden zijn er standaard openingen verwerkt voor leidingwerk en stopcontacten.



Figuur 31: Optie 2

Optie 3

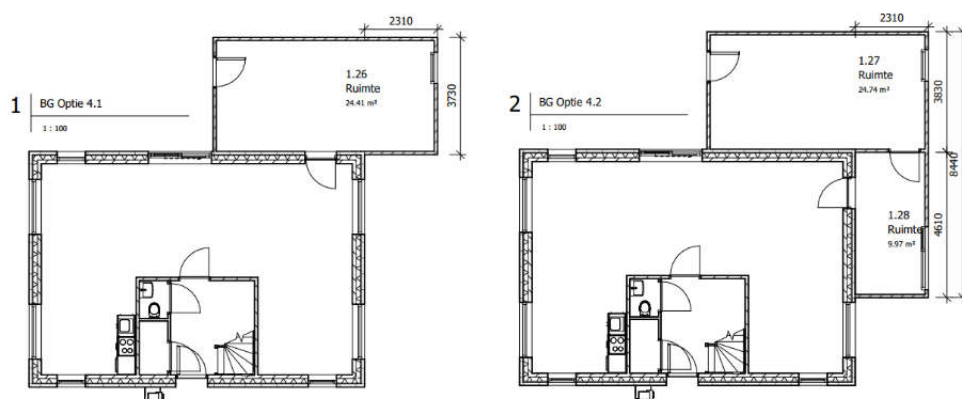
Optie 3 is een uitbreiding van het circulair concept d.m.v. een aanbouw. In deze optie is er enkel een garage of garage in combinatie met een workshop aanbouw.



Figuur 32: Optie 3.1 en 3.2

Optie 4

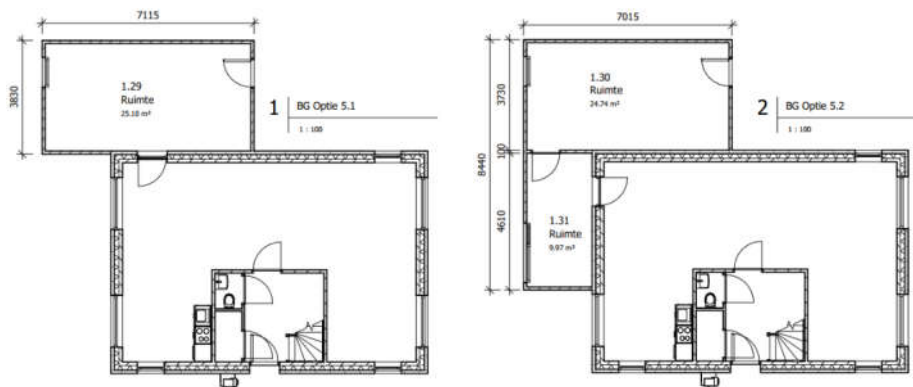
Optie 4 is een uitbreiding van het circulair concept d.m.v. een aanbouw. In deze optie kan de uitbreiding een aanbouw zijn voor het thuiswerken. Dit kan eventueel worden uitgebreid worden met een bijkeuken of extra toilet.



Figuur 33: Opties 4.1 en 4.2

Optie 5

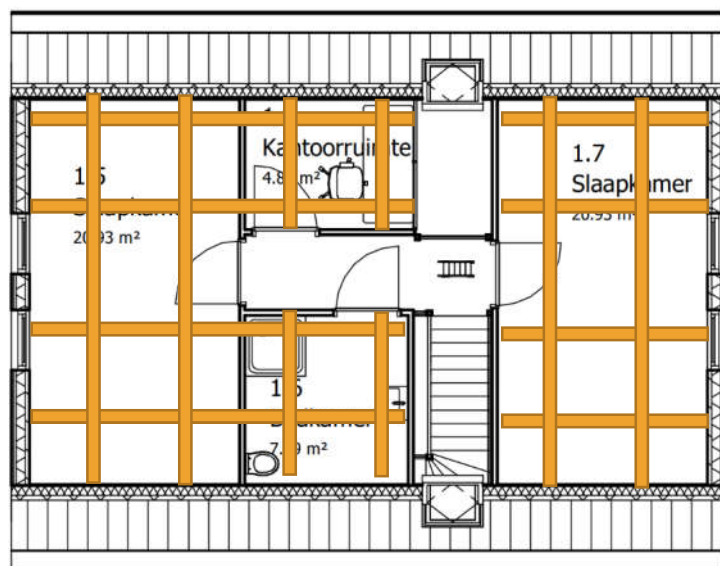
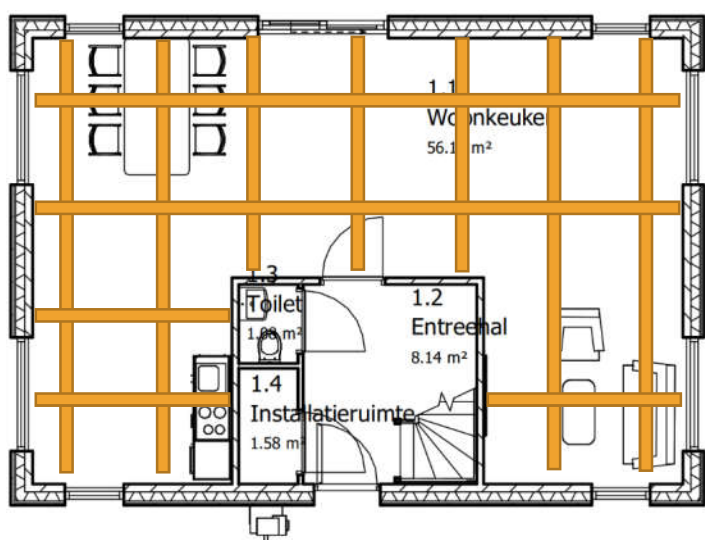
Optie 5 is een uitbreiding van het circulair concept d.m.v. een aanbouw. In deze optie is er enkel tuinserre/werkplek of in combinatie met een bijkeuken aanbouw.



Figuur 34: Optie 5.1 en 5.2

6.1.10 Lichtpunten

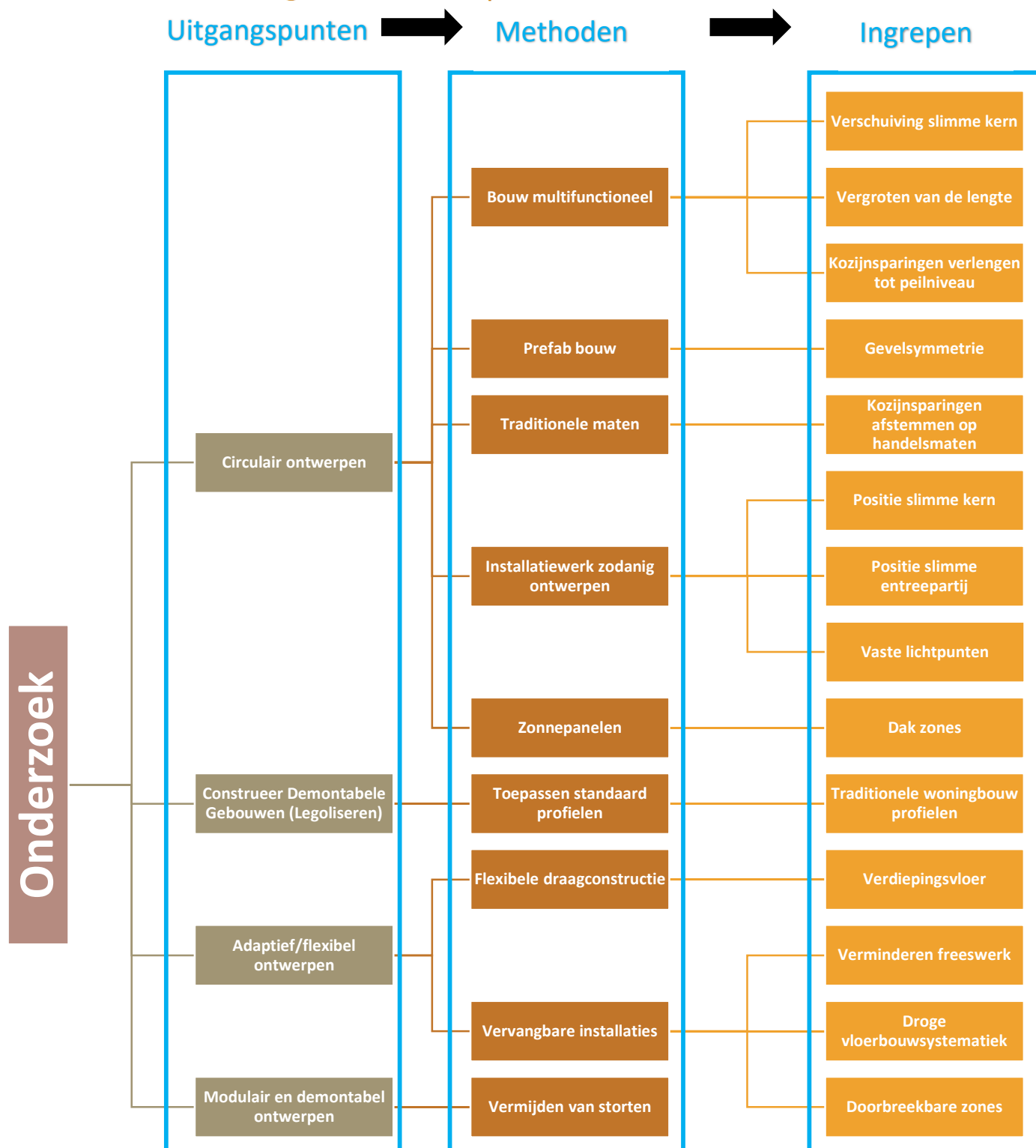
In het circulair concept is er een grid uitgetekend, zie figuur 35, hierin staan lichtpunten uitgewerkt. In het circulair concept wordt er gekocht om zo min mogelijk leidingwerk en bekabelingen e.d. verwerkt te hebben in wanden en vloeren. Hiervoor is het overgaan naar draadloze lichtpunten, die gestuurd worden door een centraalpunt een innovatief en bijpassend oplossing. Het bedrijf Jäger Direkt en OPUS greenNet hebben een product op de markt gebracht waarin gewerkt wordt met draadloze componenten. Door deze optie is er minder freeswerk, minder leidingwerk, minder materiaal, minder tot geen onderhoudsuren en het belangrijkste: geschikt is op ieder type wand, gevel, vloer en plafond. Dit is in het ontwerp niet technisch uitgetekend en kan een vervolgonderzoek zijn in het optimaliseren van de ECOchoice.



Figuur 35: Begane grond en eerste verdieping circulair concept. Grid toegepast.

7 Reflectie en resultaten

7.1 Ontwikkeling circulair concept



Figuur 36: Ontwikkeling circulair concept

In figuur 36 is de ontwikkeling van het circulair concept van de ECOchoice opgenomen. In de ontwerpfase van het onderzoek zijn er bepaalde methoden voorgesteld aan de opdrachtgever. Voor de bruikbare methoden zijn er ingrepen gezocht. In de bijlage B10 is er per ingreep een diepere verantwoording van de wijzigingen en proces opgenomen.

7.2 Toekomstige ontwikkelingen circulair concept

De ontwikkeling en verdere uitwerking van het circulair concept wordt na dit onderzoek vervolgd. Doordat het concept vanuit circulaire (bouw) methoden ontworpen is, is de aanpasbaarheid en flexibiliteit voor in de toekomst makkelijk te verwerken. Om dit waar te maken zal DuurzaamWonen.nl samen met de partijen die gelinkt zijn met haar ECOchoice bouwproduct stappen moeten zetten in de volgende ontwikkelingen:

1. Tweede hands markt voor onderdelen;
2. Sluiten van kringlopen;
3. Calculaties;
4. Automatisering;
5. Materialenpaspoort.

7.2.1 Tweede hands markt voor onderdelen

In paragraaf 6.1.7 worden er in het circulair concept uitneembare kozijnen toegepast. Door gebruik te maken van vaste maten en binnen de woning zoveel mogelijk dezelfde maten te hanteren, zijn kozijnen zowel binnen de woning als met andere woningen uitwisselbaar. Producten kunnen zo ook op voorraad geproduceerd worden. Bedrijven binnen de bouwsector hebben naast hun traditionele werkzaamheden tevens een eigen tweede hands markt aan bouwonderdelen. In de toekomst zou een ontwikkeling zijn voor DuurzaamWonen.nl om onderdelen van opgeleverde projecten in een later stadium in te nemen. Deze kunnen eventueel aangeboden worden aan andere partijen binnen de bouwsector.

7.2.2 Sluiten van kringlopen

In het circulair concept worden er materialen toegepast die door leveranciers (in)direct na hun gebruik weer teruggenomen worden. Voor de draagstructuur wordt er kalkzandsteen gebruikt van het bedrijf CALDURAN. CALDURAN is een bedrijf die een samenwerking heeft met het sloopbedrijf BORK. BORK sloopt gebouwen op een circulaire manier en biedt deze op hun eigen marktplaats aan de markt weer. BORK sloopt de kalkzandsteen elementen van een gebouw en maakt er een materiaal van. Dit materiaal wordt door CALDURAN voor minimaal 30% weer hergebruikt voor nieuwe kalkzandsteen toepassingen.

Voor het dak wordt er gebruik gemaakt van Unidek Aero prefab dak elementen. Deze worden geleverd door het bedrijf Kingspan die, na afloop de dak elementen weer terug inneemt en hergebruikt. Tevens levert Kingspan dakraamstelkozijnen die in maatvoering gelijk staan met de dakramen van de bedrijven Velux en Fakro. Deze partijen leveren de dakramen die benoemd zijn in paragraaf 6.1.5.

7.2.3 Calculaties

In het onderzoek is er in de onderzoeksfase gezocht naar laaghangend fruit kijkend vanuit een demontabel optiek. In bijlage B11 is er een concept berekening gemaakt van de gebouwcirculariteitsindex van de traditionele module. Hierin is de woning volledig als een materiaal benaderd en wordt 6% van de materialen hergebruikt. Op dit onderzoek is er niet op verder ingegaan wegens de ontbrekende kennis en expertise. Voor DuurzaamWonen.nl is het interessant om betere calculaties bij te houden van hun producten zodat het inzichtelijker wordt voor belanghebbenden.

7.2.4 Automatisering

In de toekomst is het interessant om lichtsystemen tevens te standaardiseren. Hierin kan er voor de vloeren een grid ontworpen worden die toepasselijk is voor alle opties. Binnen DuurzaamWonen.nl zijn er al ideeën over hoe en waar wel automatisering in de lichtsystemen gemaakt kan worden. In de toekomst is het interessant om meer installaties te automatiseren zodat het onderhoud verminderd wordt en het klantcomfort wordt gepromoot.

7.2.5 Materialenpaspoort

Gedurende het onderzoek is er een IFC-model gemaakt van de traditionele module voor het Madaster om een materialenpaspoort te genereren. Dit was gedaan op een zodanig niveau dat er een paspoort kon gecreëerd worden. Alba Concepts is samen met het Copper8 bezig om het Madaster verder te ontwikkelen. In de nabije toekomst wordt de tool aangeboden aan de bouwsector om de circulariteitsscore op het gebied van losmaakbaarheid vorm te geven. Voor DuurzaamWonen.nl zou het interessant zijn om de huidige en de toekomstige werkzaamheden af te stemmen op het Madaster.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

De **hoofdvraag** van dit onderzoek luidt: 'Hoe kan de basismodule van de ECOchoice zich als koploper manifesteren op het gebied van circulariteit in 2030, waarin de overheid de ambitie heeft dat nieuwbouw woningen voor 50% circulair moeten zijn?'

- Antwoord op de hoofdvraag: met een aantal ingrepen in het oorspronkelijk bouwsysteem en -proces, de woning op korte termijn naar een circulariteitsindex gebracht kan worden van 88%. Hiermee kan de opdrachtgever in 2030 koploper zijn met haar woningproduct ECOchoice.

De ingrepen die gedaan zijn in het traditionele module zorgen ervoor dat de ontwikkeling van de ECOchoice mogelijk een pionier kan zijn in de bouwsector. Het circulair concept laat tevens zien hoe er vanuit verschillende optieken naar een probleem gekeken kan worden en het mogelijk aangepakt kan worden.

- Score indicatie en flexibiliteit die de circulariteit onderbouwen

Dit onderzoek heeft inzichtelijk gemaakt welke circulaire (bouw) methoden en materialen meegenomen moeten worden in de ontwikkeling van het circulair concept. Aan de hand van het circulair concept is er door middel van circulaire ingrepen tevens inzicht verkregen in de mogelijkheden en uitbreidingen. De flexibiliteit die zich vertaalt in verschillende niveaus binnen het concept weerspiegelt tevens de zeer goede circulariteitsscore. De score laat zien dat het onderzoek de goede kant op gegaan is.

- Nodige afstemming in doelen en kennis tussen partijen

Uit het onderzoek blijkt het dat de ECOchoice in de traditionele module lastig af te lezen is op het gebied van leveranciers en aangewezen verantwoordelijken. De nood om dit te verduidelijken is van belang voor zowel het bedrijf als richting de klant. Daarnaast blijkt het dat meer dan 80% van de materialen aan het einde van hun levensloop als stort eindigen. Vanuit het onderzoek zijn er een aantal voorgestelde materiaalkringlopen voorgesteld die duidelijkheid verschaffen en de circulariteit van de ECOchoice beter in kaart brengen. Tevens kan dit in de toekomst gelinkt worden met een onderhoudsplan of procedure.

- Meetinstrumenten zijn nog in ontwikkeling

In de beginfase van het onderzoek is het gebleken dat er nog geen eenduidig instrument op de markt is die de circulariteit bepaald van een woning. In een gesprek met Alba Concepts en het Madaster is het gebleken dat zij de verwachting hebben dat er binnen een aantal jaren een eenduidig meetinstrument op de markt zal verschijnen. Wel is het zo dat huidige meetinstrumenten die in ontwikkeling zijn, al zwakheden van projecten boven water doen verschijnen.

8.2 Discussie

- Resultaten zijn op toepasbaar op andere gebouwtypologieën en typen binnen DuurzaamWonen.nl en buiten

De resultaten van dit onderzoek en het circulair concept richten zich op de ECOchoice maar alle methoden en een groot deel van de ingrepen kunnen ook worden toegepast in de onderzoeksfase en ontwerpfase van projecten binnen DuurzaamWonen.nl en projecten in de woningbouw zelf. Het resultaat wordt hiermee meer generiek en toepasbaar op meerdere gebouwtypologieën.

- Validatie onderzoek

Het literatuuronderzoek is gevalideerd doordat er meerdere betrouwbare bronnen geraadpleegd zijn en met elkaar vergeleken die binnen de bouwsector en het thema circulariteit koplopers zijn. Daarnaast hebben er gesprekken plaats gevonden met personen die al circulaire methoden bewerkstelligen en onderzoek verrichten in toepassingsmogelijkheden binnen de circulaire economie.

Wel moet er opgemerkt worden bij het feit dat het circulair concept een eerste inventarisatie van alle mogelijke circulaire (bouw) methoden en ingrepen is. Dit betekent dat er in de praktijk en toekomst wellicht wel meerdere en/of betere ingrepen zijn.

- Voorwaarde voor het benutten van de ingrepen in het circulair concept

Als voorwaarde om het circulair concept en de bijbehorende ingrepen te benutten zal een Materialenpaspoort (zie paragraaf 2.2.3) essentieel zijn. In het ontwerp kunnen de ingrepen uitstekend toegepast worden om de circulariteit, flexibiliteit en indeelbaarheid met een lage milieulast te realiseren. Maar wanneer dit allemaal niet genoteerd is in een leesbaar document richting de betrokken partijen, zal er in de toekomst geen inzicht meer zijn. De circulaire ingrepen worden niet optimaal benut en kan de circulariteit verslechteren door de jaren heen.

- Het circulair concept geeft inzicht op ontbrekende informatie en kan als onderbouwing gebruikt worden voor verandering in processen binnen DuurzaamWonen.nl

Het eerste doel van dit onderzoek was om een DuurzaamWonen.nl te voorzien van mogelijke circulaire ingrepen in de traditionele module om de circulariteit te verbeteren in de onderzoeksfase en ontwerpfase. Er is naarmate het circulair concept ontwikkeld is tevens een ander doel bereikt. De structurering van het circulair concept geeft DuurzaamWonen.nl inzicht op hoe processen binnen het bedrijf anders zouden kunnen. Het produceren van IFC-modellen speelt in de toekomst een belangrijke rol in het laten inlezen en daarna genereren van Materialenpaspoorten.

8.3 Aanbevelingen

➤ Aanbeveling voor DuurzaamWonen.nl

De aanbeveling voor DuurzaamWonen.nl is om de inzichten die verkregen zijn vanuit dit onderzoek te gaan inzetten bij bouwprojecten in de onderzoeks-, ontwerp- en realisatiefase. Het circulair concept kan DuurzaamWonen.nl ondersteuning bieden in het maken van keuzes op het gebied van duurzaamheid en circulariteit binnen projecten.

➤ Oproep aan de bouwsector

De aanbevelingen en oproep voor de partijen die betrokken zijn bij de ECOchoice om, het liefst gestuurd door DuurzaamWonen.nl zelf, na te denken over het circulair ontwerpen en realiseren van het woningbouwproduct. Denk hierbij na over op welke manier woningen ontworpen kunnen worden, zodat deze weer (gedeeltelijk) uit elkaar te halen zijn. Ga in gesprek over welke materialen en op welke manier deze worden toegepast in woningen en of deze materialen vervangen kunnen worden door materialen met een lage milieubelasting.

➤ Vervolgonderzoek over ketensamenwerking en voor de manier van aanbieden richting de eindgebruiker

Als vervolg op dit onderzoek kan worden onderzocht hoe ketensamenwerkingen en de manier van aanbieden richting de eindgebruiker een bijdrage kunnen leveren in het meer circulair maken van de traditionele module. Hierdoor wordt de volledige keten aan tafel geroepen om tot een gemeenschappelijke oplossing te komen.

➤ Vervolg onderzoek in het opstellen van een materialenpaspoort

Een vervolgstap is om bij het genereren van IFC-modellen de juiste waarden aan producten toe te kennen in de tekenprogramma's, zodat deze gelijk ingelezen kunnen worden door het Madaster. Dit vergt voor aanvullend onderzoek omdat het opstellen van een IFC-model gedaan kan worden door verschillende programma's.

Literatuurlijst

- i. Bosch, S., & Copper8. (2017, 2 november). 114 definities van circulaire economie. En nu? [post-weblog]. Geraadpleegd op 13 oktober 2019, van <https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20171102-114-definities-van-circulaire-economie-en-nu>;
- ii. Bouillon, A. L., & Bruxelles Environnement Leefmilieu Brussel. (2018, 13 maart). Bouwwerven In Circulaire Economie [Presentatie]. Geraadpleegd op 10 november 2019, van <https://www.leefmilieu.brussels.be>;
- iii. BuildinG. (z.d.). Proeftuin. Geraadpleegd op 20 februari 2020, van <https://www.building.nl/proeftuin>;
- iv. Copper8, Alba, & Gemeente Amsterdam. (2017). De impact van circulair bouwen op bouw- en investeringskosten (1). Geraadpleegd van <https://www.docplayer.nl>;
- v. De Gruijl, J. (2019, 19 februari). Circulariteit, een nieuw en nog relatief onbekend begrip [post-weblog]. Geraadpleegd op 5 november 2019, van <https://www.bouwkennisblog.nl>;
- vi. De Ingenieur. (2017, 4 november). Circulaire woningbouw komt nog niet van de grond [post-weblog]. Geraadpleegd op 6 november 2019, van <https://www.deingenieur.nl>;
- vii. Dijkma (De staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu), S. A. M., & Kamp (De minister van Economische Zaken), H. G. J. (2016). Nederland circulair in 2050 - Rijksbreed programma Circulaire Economie. Geraadpleegd van <https://rijksoverheid.nl/circulaire-economie>;
- viii. Doodeman, M. (2019, 26 februari). Circulaire woning is (nu nog) 10.000 euro duurder dan gewoon huis, ontdekten ze in Enschede [post-weblog]. Geraadpleegd op 6 maart 2020, van <https://www.cobouw.nl>;
- ix. Dutch Green Building Council. (z.d.-a). Nieuwbouw en Renovatie. Geraadpleegd op 17 december 2019, van <https://www.breeam.nl>;
- x. Dutch Green Building Council. (z.d.-b). NieuwbouwToolbox - Quickscan. Geraadpleegd op 15 december 2019, van <https://www.nieuwbouw.assessmenttool.nl>;
- xi. Dutch Green Building Council. (2017). BREEAM-NL Nieuwbouw en Renovatie - Keurmerk voor duurzame vastgoedobjecten (2014 versie 2). Geraadpleegd van <https://www.breeam.nl>;
- xii. Economisch Instituut voor de Bouw (EiB), & Metabolic. (2020). Materiaalstromen, milieu-impact en energieverbruik in de woning- en utiliteitsbouw - Uitgangssituatie en doorkijk naar 2030. Geraadpleegd van <https://www.eib.nl>;
- xiii. Economisch Instituut voor de Bouw (EiB), & Nederlandse Organisatie voor toegepaste-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO). (2018). Quickscan Impact assessment (circulaire) bouwopgave MRA. Materiaalstromen, logistiek en ruimtegebruik. Geraadpleegd van <https://www.eib.nl>;
- xiv. E&E advies, & Quintel Intelligence. (2018). Routekaart Fryslân 2030 - Hoe komt Fryslân tot 49% CO2-reductie in 2030? Geraadpleegd van <https://fryslan.frl>;
- xv. Ellen MacArthur Foundation. (2015). Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition (1130306). Geraadpleegd van https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf;
- xvi. Frenay, G., & Duurzaam Gebouwd. (2019, 1 mei). "Circulair bouwen is uiteindelijk goedkoper" [post-weblog]. Geraadpleegd op 6 maart 2020, van <https://www.duurzaamgebouwd.nl>;
- xvii. Gemeente Geldrop-Mierlo. (z.d.). Duurzaamheidsbeleid. Geraadpleegd op 8 februari 2020, van <https://geldrop-mierlo.nl>;
- xviii. GPR door Stichting W/E adviseurs. (2018). Wat is circulair bouwen? Geraadpleegd op 8 november 2019, van <https://www.gprsoftware.nl>;
- xix. GPR Gebouw. (2018, 27 maart). Geraadpleegd op 2 maart 2020, van <https://corporatiestrategie.nl>;
- xx. Haas, M., & NIBE. (2015, 23 maart). Wat is nu eigenlijk biobased bouwen? [post-weblog]. Geraadpleegd op 21 februari 2020, van <https://www.duurzaamgebouwd.nl>;

- xxi. Heijmans. (2019). De weg naar een Circulaire Economie - Verduurzamen binnen Heijmans (1). Geraadpleegd van <https://www.heijmans.nl>;
- xxii. Hoe verhoudt circulariteit zich tot duurzaamheid? (z.d.). Geraadpleegd op 24 maart 2020, van <https://kenniskaarten.hetgroenebrein.nl/kenniskaart-circulaire-economie/gerelateerd-aan-circulaire-economie/>;
- xxiii. Kamer van Koophandel (KVK). (2018). Duurzaam Ondernemen. Geraadpleegd van <https://www.kvk.nl>;
- xxiv. Kishna, M., Rood, T., Prins, A. G., & Planbureau voor de Leefomgeving. (2018). Achtergrondrapport bij circulaire economie in kaart (3403). Geraadpleegd van <https://www.pbl.nl>;
- xxv. Kok, J., Koning, M., & Economisch Instituut voor de Bouw (EIB). (2019). Toekomstperspectieven sloopsector 2019 - Ontwikkelingen en vooruitzichten. Geraadpleegd van <https://www.eib.nl>;
- xxvi. Monster, T., & Cirkellab. (2015, 1 september). De R-en in de circulaire economie [{post-weblog}]. Geraadpleegd op 1 november 2019, van <https://www.nudge.nl>;
- xxvii. Nederland Circulair, & Het Groene Brein. (z.d.). Wat is de definitie van circulariteit? Geraadpleegd op 1 november 2019, van <https://www.kenniskaarten.hetgroenebrein.nl>;
- xxviii. Peschier, M., Stichting Stimular, & Bouwend Nederland. (2019). Handvat duurzaam materiaalgebruik voor bouw- en infrabedrijven (1). Geraadpleegd van <https://www.bouwendnederland.nl>;
- xxix. Planbureau voor de Leefomgeving. (2019). Circulaire Economie in kaart (1). Geraadpleegd van <https://www.pbl.nl>;
- xxx. Redactie Bouwwereld. (2017, 19 april). Fijn Wonen: 70 procent circulair [{post-weblog}]. Geraadpleegd op 6 november 2019, van <https://www.bouwwereld.nl>;
- xxxi. Redactie De Ondernemer. (2019, 16 januari). Deze sectoren willen investeren in duurzaamheid [{post-weblog}]. Geraadpleegd op 5 november 2019, van <https://www.deondernemer.nl>;
- xxxii. Remmerswaal, S., Hanemaaijer, A., Kishna, M., & Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). (2017). Van betalen voor bezit naar betalen voor gebruik. Verdienmodellen in de Circulaire Economie (2821). Geraadpleegd van <https://www.pbl.nl>;
- xxxiii. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2015, 12 oktober). Www.rvo.nl. Geraadpleegd op 16 januari 2020, van <https://www.rvo.nl>;
- xxxiv. SBRCURnet. (z.d.). Aantoonbaar Duurzaam Bouwen – GPR Gebouw. Geraadpleegd op 3 maart 2020, van <https://www.aantoonbaarduurzaambouwen.nl>;
- xxxv. Schuttelaar & Partners, ABN AMRO, & Circle Economy. (2016). Circular Economy Guide - Wegwijzer circulair ondernemen. Geraadpleegd van <https://www.abnamro.nl>;
- xxxvi. Slager, B., Jansen, G., Living Lab Utrecht: Werklijn Circulaire Economie, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Gemeente Utrecht, & Provincie Utrecht. (2018). Onderzoek mogelijkheden voor platform circulaire nieuwbouw (1). Geraadpleegd van <https://www.piano.nl>;
- xxxvii. Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut. (2016, 7 maart). Handreiking Bijna Energie Neutrale Gebouwen - NEN [{post-weblog}]. Geraadpleegd op 11 november 2019, van <https://www.nen.nl>;
- xxxviii. Stichting Madaster. (z.d.). Wat was de aanleiding voor Madaster? Geraadpleegd op 3 maart 2020, van <https://www.madaster.com/nl/over-ons/waarom-materialenpaspoort>;
- xxxix. Stichting Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.). Energieprestatie - BENG | RVO.nl | Rijksdienst. Geraadpleegd op 3 maart 2020, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/energieprestatie-beng>;
- xl. Stichting W/E adviseurs. (2017, 12 april). CPG, circulariteitsprestatie gebouw [{post-weblog}]. Geraadpleegd op 5 februari 2020, van <https://www.w-e.nl>;
- xli. Strating, T., & Circulair Friesland. (2020). Transitie-Doe-Agenda Bouw. Geraadpleegd van <https://circulairfriesland.frl>;
- xlii. ten Klooster, G., & BSc European Public Administration, Universiteit Twente. (2017). Op weg naar circulair bouwen en slopen in Amersfoort. Geraadpleegd van <https://www.economicboardutrecht.nl>;
- xliii. Van der Nagel, A., & Platform31. (2017). Naar een circulaire woningvoorraad - Praktijkvoorbeelden van circulair bouwen/slopen/renoveren. Geraadpleegd van <https://www.platform31.nl>;

- xliv. Van Heel, P., & ABN AMRO. (2014, 16 december). Circulair bouwen: het fundament [post-weblog]. Geraadpleegd op 6 november 2019, van <https://www.abnamro.nl>;
- xlv. van Oppen, C., & Copper8. (2017, 2 april). Circulair: meer dan een verandering van vocabulaire [post-weblog]. Geraadpleegd op 1 november 2019, van <https://www.duurzaamgebouwd.nl>;
- xlvi. van Sante, M., & ING Economics Department. (2017). Circular construction - Most opportunities for demolishers and wholesalers (ECD 0617). Geraadpleegd van <https://www.ing.nl>;
- xlvii. Van Wijnen Groep, & BuildinG. (z.d.). BuildinG Digital: het digilab. Geraadpleegd op 12 januari 2020, van <https://www.vanwijnen.nl/projecten/building-digital-het-digilab/>;
- xlvi. Verberne, J., & Technische Universiteit Eindhoven. (2016). Building Circularity Indicators - An approach for measuring circularity of a building (1). Geraadpleegd van <https://pure.tue.nl>;
- xliv. Volledig circulair in 2050?! (z.d.). [post-weblog]. Geraadpleegd op 7 oktober 2019, van <https://www.bouwkennis.nl/volledig-circulair-2050/>;
- i. Vos, N., Utrecht Universiteit, & Koninklijke BAM. (2018). Bouwen aan een circulaire toekomst. Een onderzoek naar de betekenisgeving en implementatiemogelijkheden van circulariteit binnen de bouwkolom van BAM Renovatie Concepten. Geraadpleegd van <https://www.bam.com>;
 - ii. Watkostdebouwvaneenhuurwoning, Expertisecentrum Flexwonen, & Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2019). De bouw van tijdelijke woningen. Geraadpleegd van <https://flexwonen.nl>;

Bijlagenboek

- B1. Aanvullende informatie beleidskader circulair bouwen
- B2. Mindsets circulaire economie
- B3. Aanvullende informatie circulaire bouw methoden
- B4. Demonteerbaarheid
- B5. Visuele en prestatie eigenschappen – Traditionele module
- B6. Visuele en prestatie eigenschappen – Circulair concept
- B7. Slimme entreepartijen
- B8. Dakraam opties
- B9. Opties
- B10. Aanvullende informatie per ingreep
- B11. Gebouwcirculariteitsindex concept berekening traditionele module