

The following document includes two academic papers written by Job de Vogel. Since the papers are not scientifically peer-reviewed, only use them as indicators for my English and Dutch writing skills.

Paper 1 (English):

Defining Spatial Psychological Comfort

Paper 2 (Dutch):

Circulariteit: drie criteria voor duurzaam ontwerpen

Defining Spatial Psychological Comfort

An Evaluation on Spatial Solutions for Psychological Comfort in Architecture Design.

AR1B031 Research & Innovations

Job de Vogel

4580109

j.devogel@student.tudelft.nl

4 december 2020

Number of words: 2496

Focus and restrictions – This literature review paper focuses on psychological comfort in architectural buildings. In the final chapter of this research only spatial solutions for psychological comfort are investigated.

Abstract – This literature review paper investigates psychological comfort in architecture design and suggests the isovist as a computational method to evaluate spatial comfort factors. According to the reviewed literature, the isovist can be used as a spatial representation of how far and how much space can be seen from a viewpoint. If researchers are able to implement missing parameters and spatial acoustic properties, it may also be a viable tool for the field of psychological comfort. Several papers have been analysed to define the term psychological comfort. Furthermore, a categorization has been proposed for factors related to psychological comfort.

Key words – psychological comfort, definition, evaluation, factors, isovist, computational design, architecture

1 Introduction

Designing involves making decisions in the indoor environment. One of the main issues in these decisions is that they are dealing with a so called partial truth of end-users. What is deemed good and bad not only depends on hard physical aspects, but also on conditions related to personal details like gender, education and overall happiness (Frontczak & Wargocki, 2011; Rohde, Steen Larsen, Jensen & Larsen, 2019). Some of these aspects however, cannot be measured directly and are barely influenced by a design.

A specific topic that designers may find hard to get is psychological comfort. The aim of this paper is an investigation into this respective field and evaluate what factors in spatial architectural design may have a positive effect. Therefore, the following main research question arises: *How can psychological comfort be influenced by spatial architecture design?*

This paper has been written from the perspective of a computational designer. Researching the mentioned research question is specifically compelling for computational designers, because problems in psychological comfort are partially human-based and subjective (Frontczak & Wargocki, 2011). Furthermore, it has been said that these problems are hard to define mathematically. Therefore it is deemed useful to evaluate some of the solutions already used in the field to increase psychological comfort, so that problems can be defined more objectively in future research. This paper focuses on spatial solutions for psychological comfort. It has been suggested that the behaviour and psychology of humans is influenced by the syntax of space and spatial complexity (Montello, 2007). Therefore, spatial solutions are interesting to investigate, because the syntax of space may be optimized by computational design.

This paper is structured as follows. Firstly, the methodology reviewing the literature will be discussed. After that, the first chapter will be dedicated to defining what comfort is and how psychological comfort is related to other concepts in this area of study. Next, this paper will have an overview of the factors that are deemed important to make the indoor environment psychologically comfortable in relation to the configuration of space. The chapter following will discuss solutions that deal

with these factors in practice. Finally the results will be compared in a discussion. This paper will end with an overall conclusion and reflection.

2 Methodology

This paper has been written as a review on the current available literature in the field of psychological comfort in architecture. No new research has been executed; all given suggestions are based on information that is already available.

This paper has been written by only using articles from well-known topic related journals. Specifically significant was the Journal of Environmental Psychology, published by Elsevier Ltd. Most references used for this paper, can be found on ScienceDirect or Scopus. In one case, the Cambridge Dictionary was used to define a specific term. The quality of the used papers has been assessed by comparing the conclusions to other researches that have not been mentioned in the original paper. Therefore, contradicting definitions and statements may occur in this paper. However, these contradictions will always be explained.

In the next chapter, a definition of psychological comfort will be described. This concept has been compared to other related topics like well-being, liveability, health and satisfaction. Following, a suggestion will be made on the positive and negative factors that are important in the respective field. After that, a categorization of these factors will be suggested, based on the theoretical framework of space syntax. This is done to make psychological comfort more applicable in the field of computation design. Finally, the solution for the found factors in architectural design will be evaluated; specifically the keywords privacy and personal space were deemed relevant.

Based on the results, but also on the information that couldn't be found, some suggestions will be given for further research in the conclusion.

3 Definition of psychological comfort in architecture

Before explaining the involved factors in psychological comfort, one may deem it important to review the concept in relation to the overall definition of comfort and other related concepts. This will give an insight in general perspectives on the field of study that

will be discussed. Considering that it is not possible to explain all suggested definitions of comfort, only three of them are mentioned in this paper.

Since the birth of the word comfort in the Middle Ages, the definition has changed over time (Elzeyadi, 2002). Even now, the reviewed literature suggests there is no overall accepted definition of the concept.

Rohde et al. (2019) describe comfort as the condition that facilitates a state of satisfaction, based on individual preferences and activity. Furthermore, the paper suggests that there is a strong relation with the concept of well-being, which can be defined as the state where positive stimuli dominate negative stimuli.

Elzeyadi (2002) agrees that comfort has a relation with satisfaction. Individual preferences however, are further divided by physical, psychological, physiological and social properties of the environment that are in line with the activity. Important to note is that these factors cannot be generalized, but depend on personal, mostly demographic related, preferences (Aries et al., 2010).

Shin (2016) states however, that there is a difference between environmental satisfaction and human comfort. Based on this literature review, one could suggest that environmental satisfaction is based on the conscious approval of environmental qualities, based on earlier experience and expectations. This is in contradiction to overall human comfort, which may relate to a physical or mental state of well-being. However, the context where this definition of comfort is used, mostly relates to comfort in physical and physiological means. It has been suggested that researchers should focus on comfort as a holistic and conscious judgement on the environment (Shin, 2016).

Considering these definitions, the question arises how psychological comfort can be defined. Surprisingly, no specific definition for psychological comfort was found in the reviewed literature. However, several literature sources state that attributes of psychological origin are important for the overall definition of comfort (Siefert, 2002). Elzeyadi (2002) classifies these attributes in two parts: environmental (or contextual related) and individual (based on the personal perception). Attributes in this definition may be defined as “those intrinsic, relational characteristics of

things or a class of things that relate them to other things for specific purposes” (Elzeyadi, 2002 as cited in Archea, 1977, p. 119). Considering that this paper is focused on architectural comfort properties, the following definition will be used for psychological comfort: *an overall positive state of mind, caused by environmental attributes that lead to an increased satisfaction of the users to their surroundings.*

4 Spatial factors of psychological comfort

The reviewed literature for this research suggests several factors that may be important in psychological comfort. This section will give an overview of these factors. After that, this chapter will conclude with an overview of factors that may be influenced by spatial design decisions.

Elzeyadi (2002) suggests that psychological comfort factors can be divided in personal space, privacy and status. However, in the overall research area of comfort, 32 different factors are mentioned as important for the psychology of a user. Some of them may be hard to influence by design, for example history and quality of maintenance. Several factors are also closely related to the other fields mentioned.

Rohde et al. (2019) also notes the importance of acoustic performance of buildings. Both the absence of noise and presence of pleasurable (mostly nature related) sounds have a positive effect on psychological comfort. Yet, a specific type of acoustic performance that may be important is acoustic privacy, here defined as the users possibility to do activities without being heard by others.

Frontczak & Wargocki (2011) state that visual aspects of a design may also have an impact on psychology. However, it has been said that several qualitative and objective factors of visual comfort can be evaluated, and that it is therefore not deemed fully psychological.

Although several factors related to psychological comfort have now been described, it is essential to mention the subjective aspect of the matter. Pigliautile et al. (2020) explain that personal social-economical and behavioural properties also have their influence on the psychological dimension of comfort. Of course, the notion that the level of influence depends on

the definition used for psychological comfort should be taken in account.

According to the Cambridge Dictionary, spatial can be defined as “relating to the position, area, and size of things” (Cambridge Dictionary, 2020). Based on the reviewed literature and the definition of “spatial”, this paper suggests a categorization of psychological comfort in three subcategories: spatial, subjective/personal and physiological/climate related attributes. This is illustrated in figure 1. In summary, this paper suggests that spatial psychological factors can be described as following: *the access to space with visual and acoustic privacy and a feeling to belonging to owned space, not considering the personal subjective properties of the user.*

5 The isovist as computational expression of privacy and personal space

Now that the most spatially involved factors of psychological comfort have been found, the question arises what solutions are available to describe and alter them.

As mentioned in the introduction, Montello (2007) states there is a relation between space syntax and human comfort. The theory of space syntax provides designers and researchers a method to quantify the layout of space. One of these methods described by Montello (2007) is called the isovist. An isovist can be defined as a spatial representation of how far and how much space can be seen from a viewpoint (Kim & Jung, 2014). Furthermore, calculating multiple isovists on a location, one may be able to create a description of space that approximates reality (Turner et al., 2001).

Batty (2001) states that the isovist is based on five properties: distance, area, perimeter, compactness and convexity. Furthermore, it has been suggested that using the properties of an isovist, feelings of spaciousness can be measured. Specifically convexity, which can be derived from the first three properties, reveals information about the visual accessibility. The question that now arises, is if these properties can be used to describe psychological comfort?

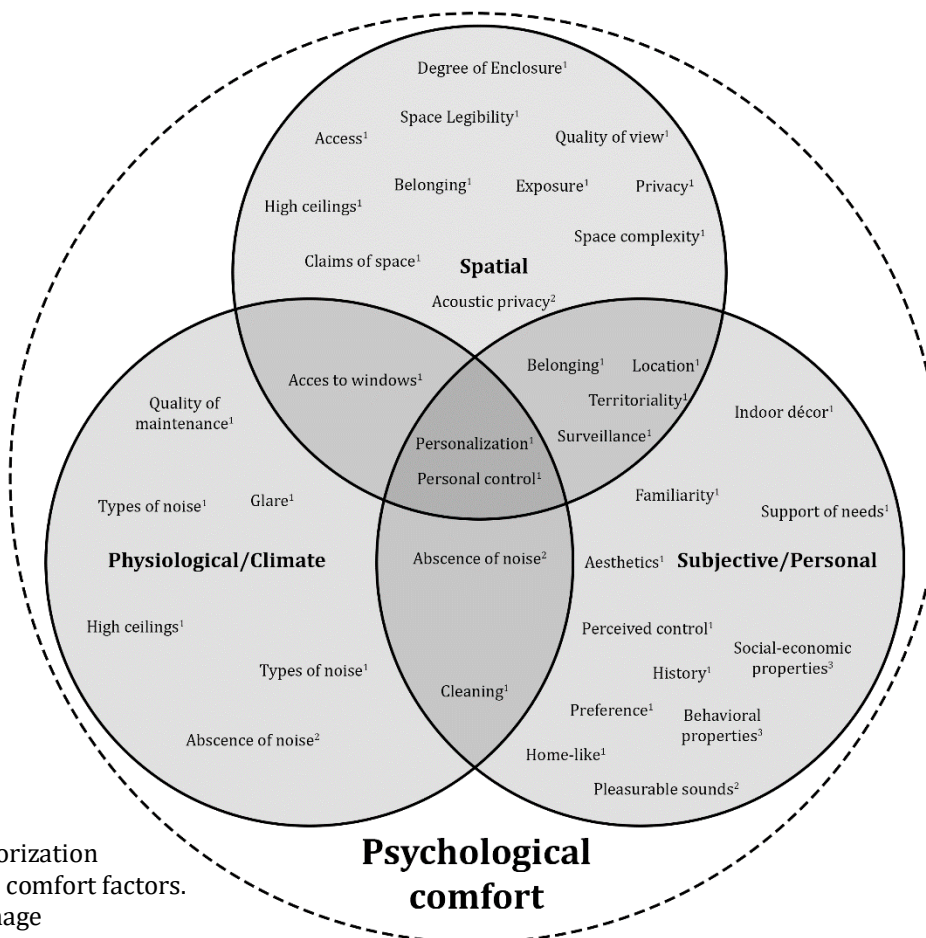


Figure 1: Categorization of psychological comfort factors.

Source: Own image

Based on:

[1] Elzeyadi (2002)

[2] Rohde et al. (2019)

[3] Pigliautile et al. (2020)

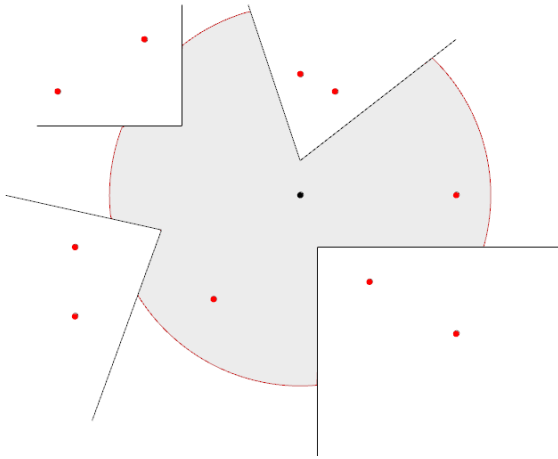


Figure 2: Example of an isovist representation. Black point represents the user. Red points are surrounding people.

Source: own image

Although Montello (2007) doesn't mention the isovist as acoustic solution, perhaps an isovist may also be applicable on acoustical matters. However, original isovist calculations do not include the intensity or 'fuzzyness' of spatial attributes (Turner et al., 2001). This may explain why isovists are not described as analysing method for spatial acoustics. Furthermore, research suggests that density and closeness of attributes or surrounding humans may also have an influence on psychological comfort factors like privacy. For example, a research into crowding in trains found that an increased amount of passengers in the immediate area of a user, may lead to increased stress (Evans & Wener., 2007). Although one may not describe trains as architecture, it is not hard to imagine that research into office spaces and dwelling could lead to the same results.

Based on the reviewed literature, it can be stated that visual and acoustic factors of privacy and personal space may be computationally expressed as the ratio between isovist properties. Yet, it is important that aspects like closeness and intensity are also implemented in the calculation. Furthermore, this paper is not extensive enough to assume positive or negative influences on psychological comfort of the final user. One method to solve this, would be to model isovists of different scenario's and evaluate the real life subjective satisfaction of users. Table 1 suggests some relations between (missing) isovist properties and psychological comfort factors.

Isovist property:	Property based on literature of:	Suggested psychological comfort factor:
Distance	Batty (2001)	Exposure, quality of view
Area	Batty (2001)	Space legibility, territoriality
Perimeter	Batty (2001)	Space complexity
Convexity	Batty (2001)	Social control, surveillance
Compactness	Batty (2001)	Privacy
Closeness [missing]	Evans & Wener (2007)	Indicator of personal space and claims of space
Intensity [missing]	Turner et al. (2001)	Indicator of distracting visibility/acoustic environmental attributes

Table 1: (missing) Isovist properties with suggested relating psychological comfort factor.

Source: own table

6 Conclusion and discussion

This literature review paper discussed the following main research question: *How can psychological comfort be influenced by spatial architecture design?* Firstly, the definition of psychological comfort was analysed by comparing it to related concepts like well-being and satisfaction. Although no specific definition was found, based on the overall available literature, this paper suggests that psychological comfort can be described as *an overall positive state of mind, caused by environmental attributes that lead to an increased satisfaction of the users to their surroundings.*

Next, several papers have been discussed that describe spatial factors that have an influence on psychological comfort. Research suggests that specifically privacy and personal space, both visually and acoustically, may be the most important spatial aspects influencing psychological comfort. Yet, it is important to note that psychological comfort has a subjective and personal aspect. Based on the Montello's (2007) discussion on the space syntax theory, the isovist calculation has been suggested as qualitative evaluation method for psychological comfort. However, further research is necessary to implement closeness and intensity as

parameters to make it a viable tool for measuring comfort.

This paper suggests that researching design solutions and problems in the field of comfort is mostly based on defining the related terminology. Therefore, one could deem it wise to narrow future research down to specific problems, for example in finding solutions for privacy in open space; especially in literature review papers of this size. Furthermore, it is advised that researchers try to find an overall accepted categorization of the related areas of comfort. One problem encountered during this research, was the fact that researchers speak differently about the meaning of psychological comfort. Therefore, a general overview of this field of study would make further research more approachable and generally applicable.

7 Reflection

Since the main question of this paper has now been answered, it is interesting to position this research in a broader context. Generally speaking, this paper attempts to close the gap between an abstract and partly subjective concept into a falsifiable method of evaluation. Although this may be useful for designers to have a better understanding of human comfort, it may also help reaching future sustainability goals. For example, Mortensen et al. (2017) suggest that finding the most important comfort aspects in design may stimulate people to renovate their house to make it more sustainable.

Considering that comfort is a complex matter with many factors involved, it is advised to make research questions as narrow as possible. It is expected that by simplifying the problems, it will be easier to define them mathematically and then optimizing them using computational design. After all, research into comfort started long ago and will probably continue for quite some time.

References

Archea, J. (1977). The place of architectural factors in behavioral theories of privacy. *Journal of Social Issues*, 33:3, 134. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1977.tb01886.x>

Aries, M.B.C., Veitch, J.A. & Newsham, G.R. (2010). Windows, view, and office

characteristics predict physical and psychological discomfort. *Journal of Environmental Psychology*, volume 30, issue 4, 544-541.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.12.004>

Batty, Michael (2000). Exploring isovist fields: space and shape in architectural and urban morphology. *Environment and Planning B: Planning and Design 2001*, volume 29, 123 – 150. <https://doi.org/10.1068/b2725>

Elzeyadi, I.M.K. (2002). Designing for indoor comfort: a systemetic model for assessing occupant comfort in sustainable office buildings. *Solar 2002, ASES National Solar Energy Conference, 26th National Passive Conference. June 15-20*. Reno Nevada.

Evans, G.W., Wener, R.E. (2007). Crowding and personal space invasion on the train: Please don't make me sit in the middle. *Journal of Environmental Psychology* volume 27, Issue 1, 90-94.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.10.002>

Frontczak, M., Wargocki, P. (2011). Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment* volume 46 Issue 4. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.021>

Kim, Y. & Jung, S.K. (2014). Distance-weighted isovist area: An isovist index representing spatial proximity. *Automation in Construction* 43, 92-97.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.006>

Montello, D.R. (2007). The contribution of space syntax to a comprehensive theory of environmental psychology. *Proceedings, 6th International Space Syntax Symposium, Istanbul*. Istanbul: IUT Faculty of Architecture.

Mortensen, A., Heiselberg, P. & Knudstrup, M.A. (2017). Definition of specific comfort parameters, indoor environmental and architectural quality: Evaluated by Danish single-family homeowners. *Indoor and Built Environment* Volume 27 Issue 8. Sage Publications.

<https://doi.org/10.1177/1420326X17700698>

Pigliatile, I., Casaccia, S., Morresi, N., Arnesano, M., Pisello, A.L., Revel, G.M. (2020). Assessing occupants' personal attributes in relation to human perception of environmental comfort: Measurement procedure and data analysis. *Building Environment*, volume 177 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106901>

Rohde, L., Steen Larsen, T., Lund Jensen, R. & Kalyanova Larsen, O. (2019). Framing holistic indoor environment: definitions of comfort, health and well-being. *Indoor and Built Environment* Volume 29 Issue 8. <https://doi.org/10.1177/1420326X19875795>

Shin, J. (2016). Toward a theory of environmental satisfaction and human comfort: A process-oriented and contextually sensitive theoretical framework. *Journal of Environmental Psychology* volume 25, 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.11.004>

Siefert, M.L. (2002). Concept analysis of comfort. *Nursing Forum* volume 37, Issue 4, 16-23. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6198.2002.tb01288.x>

Spatial (2020). In *Cambridge Dictionary*. Retrieved November 30th, 2020, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/spatial>

Turner, A., Doxa, M., O'Sullivan, D. & Penn, A. (2001). From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space. *Environment and Planning B: Planning and Design*, volume 28, 103-121. <https://doi.org/10.1068/b2684>

Circulariteit: drie criteria voor duurzaam ontwerpen

Een onderzoek naar de beoordelingsmethodiek van circulair ontwerpen

BK6AC3 Academische ontwerpreflectie
BSc Bouwkunde, Technische Universiteit Delft

Job de Vogel

BK studienummer: 4580109
jobdvoegel@gmail.com

Datum: 13 mei 2020

Naam docent: Roswitha Abraham

Abstract / Samenvatting: In dit onderzoek is als doel gesteld om criteria te formuleren die de circulariteit van een ontwerp kunnen beoordelen. De volgende hoofdvraag is dan ook gesteld: Welke circulaire ontwerpprincipes kunnen toegepast worden om tot een duurzamer ontwerp te komen? Om deze vraag te beantwoorden is als eerste gepoogd op basis van literatuur tot een allesomvattende definitie te komen van circulariteit. Vervolgens is onderzocht hoe circulariteit geïmplementeerd kan worden in de duurzaamheidsconsensus. Tot slot volgen enkele criteria die de ontwerper kan gebruiken om zijn/haar ontwerp te toetsen aan het circulaire gedachtegoed.

De opgestelde criteria zijn gebaseerd op de volgende definitie van circulariteit: Het hergebruik van het verleden, beperken van heden en voorbereiden op de toekomst, gefocust op het gebruik van materialen met een beperkte klimaatimpact. De positionering van het begrip circulariteit is onmogelijk gebleken binnen de duurzaamheidsconsensus, in verband met nog niet bestaande wetgeving. Wel toont deze paper aan dat circulariteit kan fungeren als middel om duurzaamheid te bereiken.

Key words / Sleutelbegrippen: circulariteit, duurzaamheid, definitie, architectuur, criteria, circulaire economie,

1. Inleiding

Sinds de jaren '70 ontstaat steeds meer bewustzijn dat grondstoffen op aarde beperkt zijn en dat de huidige consumptie van de mens moet veranderen (Doepel, 2015). Enkele decennia later nu, meent men de oplossing gevonden te hebben in het begrip 'de circulaire economie'. Het is van belang dat men afstapt van de lineaire grondstoffenexploitatie en op zoek gaat naar een methode waarop deze circulair toegepast kan worden. Uit onderzoek is gebleken dat de bouw wereldwijd zorgt voor de consumptie van 40% van alle beschikbare grondstoffen (Pomponi & Moncaster, 2016). Door gebouwen te realiseren in het gedachtegoed van de circulaire economie, zou dit verbruik af kunnen nemen. Eén van de knelpunten om dit in de praktijk echter toe te passen is het gebrek aan een goede definitie van het concept (Eberhardt, 2019). Hierom zou het goed zijn om enkele allesomvattende criteria te beschrijven waaraan het circulaire gedachtegoed van een gebouw getoetst kan worden. Sterker nog, de literatuur die onderzocht is voor deze paper adviseert dat studenten zelf een definitie opstellen van het concept, voordat zij aan de slag gaan met circulariteit (Kirchherr & Reike & Hekkert, 2017). In deze paper wordt dan ook de vraag gesteld: Welke circulaire ontwerpprincipes kunnen toegepast worden om tot een duurzamer ontwerp te komen?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, zal gepoogd worden om op basis van literatuur een definitie te geven aan circulair ontwerpen. Vervolgens wordt onderzocht welke plaats het begrip circulariteit inneemt binnen de algemene duurzaamheidsconsensus. Hierna volgt een overzicht van enkele theorieën die samen een aantal criteria vormen om een circulair gebouw aan te toetsen. Tot slot zal deze paper afgesloten worden met een discussie, conclusie en reflectie.

2. Het concept circulariteit

Voordat onderzocht kan worden welke principes bij circulariteit horen, is het van belang om een allesomvattende definitie te formuleren. In de praktijk wordt het begrip circulariteit vaak gekoppeld aan een breder begrip: de circulaire economie (Veldhuis et al, 2020). Men zou kunnen stellen dat circulair ontwerpen slechts de bouwgerelateerde toepassing is van de circulaire economie. Grondstoffengebruik komt immers niet alleen in de bouw voor, maar ook in veel andere processen.

Uit een onderzoek van Kircherr (2017) naar de circulaire economie blijkt wel dat het moeilijk is om tot een allesomvattende beschrijving van het concept te komen. Een analyse van 114 papers toont aan dat het begrip zowel in verschillende contexten als soms misplaatst toegepast wordt. Sterker nog, Kircherr (2017) stelt dat het concept in de toekomst verloren zou kunnen gaan doordat de variërende omschrijving een onhaalbare droom wordt.

Aangezien het dan ook niet mogelijk is om alle definities hier te behandelen, worden twee omschrijvingen hier genoemd: op basis van Nederlandse en op basis van internationale literatuur. Kircherr (2017) stelt dat de circulaire economie zich voornamelijk focust op een raamwerk van hergebruik, recycling en herstel van materialen, dat op verschillende schalen wordt toegepast. Dit leidt tot economische haalbaarheid en sociale gelijkheid voor huidige en toekomstige generaties. Uit verder literair onderzoek blijkt dat het raamwerk vaker terugkomt. Platform CB'23, een organisatie die streeft naar (Nederlandse) nationale afspraken om tot een circulaire bouw te komen, stelt de definitie voor circulair bouwen als volgt: *'Circulair bouwen betekent het ontwikkelen, gebruiken en hergebruiken van gebouwen, gebieden en infrastructuur, zonder natuurlijke bronnen uit te putten, de leefomgeving te vervuilen en ecosystemen aan te tasten. Bouwen op een wijze die economisch en ecologisch verantwoord is en bijdraagt aan het welzijn van mens en dier. Hier en daar, nu en later.'* (Veldhuis et al, 2020)

Opvallend in beide definities is de nadruk op het feit dat circulariteit door de tijd heen werkt. Samenvattend kan gesteld worden dat circulariteit draait om hergebruik van het verleden, beperken van het heden en voorbereiden op de toekomst, gefocust op het gebruik van materialen met een beperkte klimaatimpact.

3. Circulariteit als duurzaamheidsconcept

Eén van de redenen om als samenleving aan de slag te gaan met het begrip circulariteit, is de ambitie om de duurzaamheid van de bouw te verbeteren. Duurzaamheid bestaat immers uit een veelvoud van termen, zoals toekomstbestendigheid, modulariteit en energieneutraliteit. Vooraf aan deze paper werd de hypothese gesteld dat circulariteit geïnterpreteerd kan worden als een volgende duurzaamheidsstap na de realisatie van een energieneutraal pand. In het nu volgende hoofdstuk wordt gepoogd de positie die circulariteit heeft binnen duurzaamheid te beschrijven. Vanwege de omvang van deze paper wordt gefocust op Nederlandse bronnen.

Door het feit dat duurzaamheid uit veel verschillende aspecten bestaat, zou men kunnen stellen dat het gevaar dreigt dat het concept, net als Kircherr (2017) stelt over circulariteit, in de toekomst verloren gaat. In tegenstelling tot circulair bouwen heeft de overheid echter handvatten geboden aan de definitie van duurzaam bouwen middels de zogenoemde BENG (bijna energie neutrale gebouwen) criteria (Greup et al, 2019). Een gebouw mag hierdoor een maximale hoeveelheid (fossiele) energie gebruiken waarvan een deel voortkomt uit hernieuwbare bron.

Zoals blijkt uit de bovenstaande alinea is de huidige omschrijving van duurzaamheid vanuit de overheid georiënteerd op energiegebruik en niet gekoppeld aan materiaalgebruik. De overheid realiseert zich echter dat circulariteit kansen biedt om de uitstoot van fossiele brandstoffen te beperken (Veldhuis et al, 2020). Hierom wordt nu gewerkt aan wetgeving vanaf 2023 zodat de bouw moet voldoen aan bepaalde circulariteitseisen. In november 2019 is de overheid begonnen met het scherp krijgen van deze criteria.

Hieruit kan men concluderen dat circulariteit in Nederland op dit moment voornamelijk gezien wordt als middel om te komen tot duurzaamheid. Het focust zich op materiaalgebruik en biedt daarmee kansen om energiegebruik van gebouwen te beperken. Aangezien circulariteit nog niet omschreven wordt in wetgeving, kan circulariteit nog niet goed gepositioneerd worden tussen andere termen binnen de duurzaamheidsconsensus.

4. Circulaire ontwerpprincipes

De literatuur beschrijft verschillende principes die toegepast kunnen worden om een gebouw circulair te ontwerpen. Enkele van de belangrijkste theorieën, op basis van de gehanteerde definitie uit hoofdstuk twee zullen nu volgen. Vervolgens wordt per aspect een criterium geïntroduceerd dat als maatstaf kan dienen voor circulaire ontwerpen.

4.1 Voorbereiden op de toekomst

Pomponi (2016) introduceert het begrip 'Life-cycle Assessment' en 'material-flow analysis' als kansrijke methode om circulariteit te analyseren. Hierbij wordt per gebouwcomponent nagegaan hoe lang het gebruikt kan worden en waar de materialen na hun functionele levensduur opnieuw gebruikt kunnen worden. De literatuur relateert hier de theorie van Stewart Brand (1994) aan, waarin een gebouw gezien moet worden in verschillende componenten, zoals de gevel en draagconstructie, maar ook de locatie. Ieder component heeft zijn eigen levensduur en moet daarom anders ontworpen worden. Eberhardt (2019) stelt daarbij dat de circulaire impact van een component toeneemt in relatie tot de schaal. Een allesomvattend circulair criterium kan daarom als volgt gedefinieerd worden: *'De mate waarin de ontwerper van grote naar kleine schaal zijn/haar ontwerp heeft aangepast aan de levensduur van de verschillende componenten, waarbij een plan is gemaakt voor functioneel overschrijdende levensduren van materialen.'*

4.2 Hergebruik van het verleden

Doepel (2015) stelt dat, buiten het ontwerpen vanuit componenten, hergebruik van bestaande gebouwen en componenten een belangrijk aspect is van circulariteit. Een specifieke ontwerp houding is hier van belang. De ontwerper dient te focussen op wat het gebouw of component te bieden heeft en minder om welke aanpassingen nodig zijn om te bereiken wat de ontwerper en gebruiker zouden willen. Dit leidt tot minder vrijheid maar beter gebruik van wat aanwezig is. Het volgende criterium kan hieraan gekoppeld worden: *'De wijze waarop de ontwerper gebruik gemaakt heeft van bestaande bouw en componenten waardoor materiaal-intensieve aanpassingen vermeden worden.'*

4.3 Beperken van het heden

Als laatste criterium heeft de ontwerper de kans om materiaalgebruik in het heden te beperken. Dit aspect van circulair ontwerpen kan beschouwd worden als direct gevolg van de eerder genoemde criteria. Doepel (2015) stelt dat grondstoffengebruik verminderd worden door te kijken naar gerecyclede en natuurlijk degraderende materialen. De keuze voor de een of de ander is uiteraard afhankelijk van het verleden van het materiaal en de verwachte levensduur in de toekomst. Door deze kringloop zoveel mogelijk te sluiten wordt circulariteit geoptimaliseerd. Hieruit volgt een laatste en sluitend ontwerp principe: *'De mate waarin de ontwerper het gebruik van gerecyclede materialen en natuurlijke materialen geoptimaliseerd heeft in relatie tot de functionele levensduur van het bouwcomponent.'*

Samenvattend zijn drie ontwerp criteria aangeboden die als toetsende criteria kunnen worden toegepast op basis van beschikbare literatuur. Het is van belang om te realiseren dat de criteria aan elkaar gerelateerd zijn. Dit onderschrijft het feit dat het moeilijk is circulariteit te definiëren door de vele aspecten die invloed hebben op het concept.

5. Discussie

Uit onderzoek blijkt een sterk verschil in standpunt over circulariteit tussen enerzijds Nederlands en anderzijds internationaal georiënteerde bronnen. Zo schrijft Kircherr (2017) dat uit internationale analyse blijkt dat de circulaire economie maar beperkt gerelateerd kan worden aan duurzaamheidsambities, maar voornamelijk op financieel gewin. Nederlandse bronnen leggen daarentegen ongenueanceerd een directe link tussen de concepten. Het is dus van belang te realiseren dat het onderscheid in definities groter wordt bij onderzoeken met een internationaal karakter. Mogelijk zijn de genoemde ontwerp criteria internationaal dus niet altijd geldig, maar verder onderzoek is hier voor vereist.

Op basis van alternatieve definities van circulariteit kunnen andere randvoorwaarden als pijlers gehanteerd worden. Om deze reden zou het goed zijn als onze samenleving middels wetgeving overkoepelende eisen stelt. Vanwege de omvang van deze paper is circulariteit voornamelijk in relatie tot de Nederlandse consensus van duurzaamheid beschouwd.

Op dit moment heeft de literatuur alleen aan kunnen tonen dat circulariteit als middel dient om duurzaamheid te bereiken. Dit leidt tot de vraag of circulariteit wel beoordeeld zou moeten worden of dat het relevanter is om slechts duurzaamheid als overkoepelend concept te beoordelen. Verder onderzoek naar de positionering van circulariteit binnen de internationale ambitie om duurzaamheid te bereiken is hiervoor vereist.

7. Conclusie

Dit literatuuronderzoek poogt antwoord te geven op de volgende vraag: 'Welke circulaire ontwerpprincipes kunnen toegepast worden om tot een duurzamer ontwerp te komen?'. Samenvattend blijkt dat deze principes ten eerste afhankelijk zijn van de definitie die gehanteerd wordt voor de circulaire economie en daarmee ondergeschikt: circulair ontwerpen. Deze paper stelt dat de definitie bestaat uit drie aspecten: '*Hergebruik van het verleden, beperken van het heden en voorbereiden op de toekomst, gefocust op het gebruik van materialen met een beperkte klimaatimpact*'. Aangezien circulariteit in Nederland nog niet opgenomen is in de wetgeving, blijkt het moeilijk om het begrip te positioneren binnen het concept duurzaamheid. Wel is geconcludeerd dat circulariteit als middel dient om duurzaamheid te bereiken en niet functioneert als doel op zich. Tot slot zijn in relatie tot beschikbare literatuur drie criteria aangeboden die, onafhankelijk van wetgeving, handvatten bieden bij het beoordelen van circulariteit.

Hoewel circulariteit gezien kan worden als een middel om te komen tot duurzaamheid, kan gesteld worden dat het van belang is om principes te hanteren die het begrip definiëren. Middels de genoemde criteria kan het circulair gedachtegoed van een project getoetst en gekwantificeerd worden. Mogelijk kan hier in de toekomst een alom geaccepteerde definitie uit voortkomen.

8. Reflectie

Deze paper is geschreven om vast te kunnen stellen wanneer een gebouw circulair is. In principe is dit onderzoek daarmee toepasbaar op alle gebouwen. De opgestelde criteria om circulariteit te beoordelen zijn echter niet sluitend, aangezien andere definities van circulariteit mogelijk zijn. Wel biedt het ontwerpers handvatten om begrip te krijgen voor de aspecten die van belang zijn voor een circulair ontwerp.

Zoals ook genoemd in de literatuur wordt ontwerpers aanbevolen om, op dit moment, zelf vast te stellen hoe circulariteit gedefinieerd kan worden. Toekomstige wetgeving kan hier echter verandering in brengen en tot algemeen geaccepteerde uitgangspunten leiden.

Dit onderzoek heeft inzicht geboden in de wijze waarop een ontwerper kan werken naar een circulair gebouw. De verschillende criteria hebben allen impact op de volgorde waarin een ontwerp gecreëerd wordt. Zo ligt de focus vanuit het toekomstcriterium op het werken van grote naar kleine schaal. Ook stelt het circulariteitsprincipe eisen aan de manier waarop met oude panden omgegaan moet worden. Hoewel het tegendeel van de hypothese uit hoofdstuk twee nog niet aangetoond is, kan aangenomen worden dat circulariteit geen hoger doel is dan energieneutraliteit. Circulariteit moet gezien worden als middel en aspect van duurzaamheid, dat niet los gezien kan worden van andere onderdelen.

Het positioneren van circulariteit leidde dan ook tot de vraag hoe circulair ontwerpen zich verhoudt tot andere duurzaamheidsconcepten als modulair bouwen. Een volgend onderzoek zou een opsomming kunnen bieden van de verschillende duurzaamheidsconcepten en pogen daartussen een relatie te leggen. Hieruit zou een overkoepelende toetsende methode kunnen volgen om duurzaamheid als geheel in de bouw te kunnen beoordelen.

Aantal woorden: 2061

9. Literatuurlijst

Brand, S. (1994). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built?*. USA: Stewart Brand

Doepel, D. (2015). *Naar een circulaire en inclusieve bouwpraktijk*. Rotterdam: Kenniscentrum RDM

Eberhardt, L.C.M. et al (2019). Potential of Circular Economy in Sustainable Buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471.

Greup, R. et al (2019). *BouwdetailWijzer Handboek BENG Bijna energieneutrale gebouwen*. Alphen aan den Rijn: Drukkerij Holland

Kirchherr, J. & Reike, D. & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 217, 221-232. Elsevier Ltd.

Pomponi, F. & Moncaster, A. (2017). Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of Cleaner Production*, 143, 710-718. Elsevier Ltd.

Veldhuis, J.H. & R.M.H. Bos & Potemans, A. & Leclercq, E.M. & Kraaijeveld, J. (2020). *Circular Success Canvas*. Delft: TU Delft