

Invloed van het vochtgehalte op schimmelaantasting van constructiehout: ontwikkeling van een testmethode op laboschaal

Vincent Broekaert, Kevin Van Vossel

Studentennummers: 01408347, 01405297

Promotoren: prof. dr. ir.-arch. Marijke Steeman, prof. dr. ir.-arch. Nathan Van Den Bossche

Begeleiders: Michiel Vanpachtenbeke, ir. Liselotte De Ligne

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master of Science in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Academiejaar 2018-2019

Invloed van het vochtgehalte op schimmelaantasting van constructiehout: ontwikkeling van een testmethode op laboschaal

Vincent Broekaert, Kevin Van Vossel

Studentennummers: 01408347, 01405297

Promotoren: prof. dr. ir.-arch. Marijke Steeman, prof. dr. ir.-arch. Nathan Van Den Bossche

Begeleiders: Michiel Vanpachtenbeke, ir. Liselotte De Ligne

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master of Science in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Academiejaar 2018-2019

Woord vooraf

Al vele jaren is de maatschappij begaan met de toenemende klimaatproblematiek. De bouwsector beschikt over de mogelijkheid om een groot verschil te maken in haar bijdrage tot dit complexe probleem. Hierbij behoort de keuze voor het gebruik van bio-gebaseerde bouwmaterialen vaak tot de voorgestelde oplossingen. Keerzijde van de medaille blijkt dat deze keuze ook gepaard gaat met enkele uitdagingen, waaronder schimmelgroei.

Degradatie door schimmelgroei brengt de domeinen van de bouwkunde en de biologie nauw bij elkaar samen en blijkt een belangrijke drijfveer voor onderzoek. Het trachten samenbrengen van deze twee werkvelden was dan ook één van de hoofdmotivaties voor de samenwerking tussen ons in het schrijven van deze masterproef. Wij bleken beiden erg bedreven in de milieuproblematiek en hadden een sterke interesse in zowel de bouwkundige als de biologische aspecten van dit probleem.

Het uitvoeren van de masterproef bracht ons erg veel nieuwe kennis bij over de structuur van hout als bouw materiaal en de parameters die invloed hebben op haar aantasting door schimmels. Bij deze willen wij dan ook graag even de tijd nemen om een aantal personen te bedanken zonder wie deze masterproef niet tot stand kon komen.

In eerste instantie willen wij graag onze begeleiders, ir. Michiel Vanpachtenbeke en ir. Liselotte De Ligne, nadrukkelijk bedanken voor hun continue ondersteuning tijdens dit onderzoek. Zij waren steeds bereikbaar voor het stellen van eventuele vragen, ondersteunden ons bij het organiseren van alle experimenten en vormden onze algemene leidraad doorheen deze thesis.

Vervolgens willen wij ook graag onze promotoren, prof. Marijke Steeman en prof. Nathan Van Den Bossche, van harte bedanken voor de tijd en energie die zij hebben geïnvesteerd in het mogelijk maken van dit onderzoek.

Tenslotte bedanken we graag onze ouders en naaste vrienden en vriendinnen, op wiens onvoorwaardelijke steun we altijd konden rekenen.

Vincent en Kevin

Gent, 31 mei 2019

Abstract

Fungal decay provides the building sector with a considerable challenge. The wood moisture content is an important parameter with regards to the prevention of degradation by wood-rotting fungi. In literature, a lot of research is done into the relationship between the moisture content and the fungal growth, measured as mass loss of wood. However, research into the progress of moisture content and mass loss through time has not yet been conducted. Based on results of existing experiments, it is clear that new test methods should be developed in which the moisture content and mass loss can be measured through time.

The aim of this study was therefore to search for a new, workable test method on laboratory scale that may be used in the future to further investigate the influence of wood moisture content on mass loss through time. A test method is developed in which softwood mini-blocks are subjected to a brown rot fungus, *Coniophora puteana* (Schumach.) P. Karst., in sterile and optimal growing conditions at varying relative humidities.

Based on the results presented in this paper, it is clear that some difficulties arise in this newly developed method, including difficult control of relative humidity and an asymmetry of fungal growth inside the test containers. The presented method may therefore be subject to further improvement.

Keywords:

Wood rot, basidiomycetes, *Coniophora puteana*, moisture content, mass loss

Schimmelgroei vormt een grote uitdaging voor de bouwsector. Het vochtgehalte (*moisture content*, MC) van hout is een belangrijke parameter bij het voorkomen van degradatie door houtrotschimmels. In de literatuur wordt reeds veel onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen het vochtgehalte en de schimmelgroei, gemeten als het massaverlies van hout. Onderzoek naar het verloop van het vochtgehalte en het massaverlies doorheen de tijd ontbreekt hierbij echter. Op basis van de resultaten van bestaande testen kan worden gesteld dat nieuwe testmethoden dienen te worden ontwikkeld waarin het vochtgehalte en het massaverlies kunnen worden opgevolgd doorheen de tijd.

Het doel van dit onderzoek was bijgevolg het zoeken naar een nieuwe, werkbare testmethode op laboschaal die in de toekomst zou kunnen worden gebruikt om de invloed van houtvochtgehalte op massaverlies doorheen de tijd te onderzoeken. Er wordt een testmethode ontwikkeld waarbij *mini-blocks* uit naaldhout worden blootgesteld aan een bruinrotschimmel, *Coniophora puteana* (Schumach.) P. Karst., in steriele en optimale groeicondities bij verschillende relatieve vochtigheden.

Op basis van de resultaten blijkt dat de ontwikkelde testmethode gepaard gaat met enkele moeilijkheden, waaronder een moeilijke beheersing van de relatieve vochtigheid en een asymmetrische schimmelgroei in de testcontainers. De testmethode is dus zeker nog vatbaar voor verdere optimalisatie.

Sleutelwoorden:

Houtrot, basidiomyceten, *Coniophora puteana*, vochtgehalte, massaverlies

Influence of moisture content on fungal degradation of construction wood: developing a test method on laboratory scale

Vincent Broekaert, Kevin Van Vossel

Supervisors: Marijke Steeman, Nathan Van Den Bossche

Abstract: Fungal decay provides the building sector with a considerable challenge. The wood moisture content is an important parameter with regards to the prevention of degradation by wood-rotting fungi. In literature, a lot of research is done into the relationship between moisture content and fungal growth, measured as mass loss of wood. However, research into the progress of moisture content and mass loss through time has not yet been conducted. Based on results of existing experiments, it is clear that new test methods should be developed in which moisture content and mass loss can be measured through time.

The aim of this study was therefore to search for a new, workable test method on laboratory scale that may be used in the future to further investigate the influence of wood moisture content on mass loss through time. A test method is developed in which softwood mini-blocks are subjected to a brown rot fungus, *Coniophora puteana* (Schumach.) P. Karst., in sterile and optimal growing conditions at varying relative humidity's.

Based on the results presented in this paper, it is clear that some difficulties arise in the newly developed test method, including difficult control of relative humidity and an asymmetry of fungal growth inside the test containers. The presented method may therefore be subject to further improvement.

Keywords: Wood decay, *Coniophora puteana*, moisture content, mass loss, mini-block test

I. INTRODUCTION

Wood is a popular construction material. The usage of wood has many advantages but also comes with considerable risks. Due to its biological origin, wood is susceptible to decay. Fungi, bacteria and termites are known for their ability to degrade wood used in construction [1]. These organisms are crucial for the degradation of woody material on the forest floor but also form a great threat to the building industry. Of these organisms, fungi cause the greatest damage in buildings and have a considerable economic impact [2][3][4]. Indoor fungal decay of wood is usually found in places where moisture accumulates, often due to faulty ventilation, water leaks or internal condensation [5][6]. Alongside with preventive treatments and replacement of degraded wood, moisture control belongs to the primary measures to be taken against wood-degrading fungi [7].

Wood-rotting fungi live on the organic materials that are contained inside the cell walls of wood cells. These cell walls are made up of lignocellulose, a composite material made up of cellulose and lignin [8]. Fungi can colonize wood by use of spores and can start growing on the material by extension and

branching of tubular cells called hyphae. Together, these hyphae form a complex network called the mycelium [9]. Fungi that feed on wood can be divided into three categories based upon which substances they feed on and which corresponding damage this causes [7]. Moulds and staining fungi live on non-structural components of wood and mostly stay confined to the surface of the substrate. The damage they cause is mainly limited to changes in the appearance of the wood. Soft-rot fungi are capable of breaking down lignocellulose, which leads to structural degradation and strength loss. They also have the exclusive capacity to decay permanently moistened wood or wood treated with preservatives [7][9]. In most cases however, it is the wood-rotting basidiomycetes that form the greatest problem [10]. Basidiomycetes are fungi that are capable of decaying wood at a much faster rate than soft-rot fungi [9]. Some of them decay both cellulose and lignin and are subsequently called white-rot fungi based upon the bleached appearance they cause on rotten wood. A commonly found white-rot fungus is *Donkioportia expansa* (Desm.) Kotl. & Pouzar [11]. Other basidiomycetes can only degrade cellulose, causing a brown, cubical cracked appearance called brown-rot. The most commonly found indoor brown-rot fungi in Europe include *Serpula lacrymans* (Wulfen) J. Schröt. and *Coniophora puteana* [11]. Of all wood-rotting fungi, these brown-rot fungi cause the most economic damage and are most researched [4][11].

Fungi degrade wood through enzymatic reactions and require nutrients, oxygen, water and a moderate temperature to flourish [9][12]. The moisture content (MC) in wood is the most important factor influencing wood decay and is the only parameter that can be controlled by occupants of buildings in view of wood protection [13]. A low moisture content becomes critical for fungi when water is no longer present in the cell lumens and is exclusively limited to the cell walls. This is called the fiber saturation point (FSP) and corresponds to a MC of approximately 30% for most European-grown wood species [14]. Some studies [5] show however that some indoor basidiomycetes appear to be able to decay wood below the FSP, since they are able to transport water from a moisture source by means of their mycelium.

The influence of temperature and MC on fungal activity is well investigated. Common tests performed by researchers are pile tests and mini-block tests. All reported studies have one aspect in common, which is finding the minimum threshold for wood colonization and decay. Furthermore, optimum and maximum MC-values are essential for defining the growth and

V. Broekaert and K. Van Vossel are students with the faculty of engineering and architecture, Ghent University (UGent), Gent, Belgium.

decay conditions for basidiomycetes. Based on the results of existing test methods, which show very different test results, it can be stated that new, better test methods need to be developed in which the influence of the moisture content on fungal growth and decay can further be investigated. No tests have yet been conducted focusing on the progression of moisture content and mass loss throughout time, since both MC and mass loss are always measured at the end of the test. The aim of this study was therefore to develop a new test method which is able to investigate the influence of MC and the importance of the FSP on the progress of fungal growth over time. A test method is developed in which sapwood mini-blocks are subjected to *Coniophora puteana*, a common brown rot fungus.

II. MATERIALS AND METHODS

A. Wood samples

Mini-block samples with dimensions of 30 x 10 x 5 mm were prepared from Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* Karst.) sapwood. In total, 432 spruce and 432 pine wood samples were prepared. All samples were numbered and were then dried in an oven at 103 °C for at least 24 hours. Afterwards, they were weighed to the nearest 0,0001 g to determine their oven dry weight.

B. Fungi

A brown rot fungus *Coniophora puteana* was used as a test fungus. Sterile cultures of the fungus were first grown on agar plates until inoculation. At least two days prior to the beginning of the exposure, open test glasses with a volume of 330 ml were sterilized, were entirely filled with agar and were inoculated from an active colony of the test fungus. After inoculation, the test glasses were covered with sterilized lids and were placed inside sterilized, closed off, plastic containers that were in turn placed inside a climate controlled chamber at 20 °C and 70% RH.

C. Test setups

Eighteen different test setups were prepared in order to simulate nine different humidity conditions for both pine and spruce test samples. Five of these humidity conditions were to keep the MC under the fiber saturation point using saturated salt solutions, and four others were to keep relative humidity at 100% using pure water and investigate the influence of premoistening the wood samples to a certain moisture content. An overview of the different test setups is given by table 1.

The experiments were conducted inside acrylic plastic containers (dimensions 40 x 30 x 11 cm) that were first sterilized and could be closed off with a lid. For every test setup, two containers were prepared, making a total of 36 containers. Inside every container, five test glasses were placed that were previously inoculated with the test fungus. Attention was paid to the fungus still actively growing on the agar surface and contaminated glasses were discarded. In total, 180 uncontaminated test glasses were used.

In every test glass, a sterilized metal grid of 5 x 5 cm was placed on the agar surface, preventing direct contact and moisture transport between the agar surface and the wood

samples by separating them by about 2 mm. For every container, five mini-blocks were placed on every glass except for one glass on which only four were placed, adding to a total of 48 samples for every test setup. To be able to measure both moisture content and mass loss of the wood samples throughout time, three samples were to be taken from the containers every three days for a total exposure period of 8 weeks (57 days), thereby adding to 48 needed samples.

Table 1: Overview of the 18 different test setups

Saturated salt solution	RH [%]	Wood sample species
K ₂ CO ₃	43	Pine
		Spruce
Mg(NO ₃) ₂	54	Pine
		Spruce
NaNO ₂	66	Pine
		Spruce
NaCl	75	Pine
		Spruce
KCl	85	Pine
		Spruce
Premoistening conditions	RH[%]	Wood sample species
H ₂ O	100	Pine
		Spruce
H ₂ O + 40% MC	100	Pine
		Spruce
H ₂ O + 60% MC	100	Pine
		Spruce
H ₂ O + 80% MC	100	Pine
		Spruce

In ten test setups, saturated salt solutions were used to adjust the relative humidity in the containers, as seen in Figure 1. In each container, five petri dishes (diameter 9 cm) were placed that were filled with the appropriate saturated salt solution. In each of these containers, a small, sterilized fan was also installed to ensure similar moisture conditions inside the entire container



Figure 1: Test setup container for spruce sapwood samples with saturated NaCl-solutions (75% RH) after 6 days of exposure

In eight test setups, the containers were simply filled with one liter of sterilized, demineralized water, as seen in Figure 2. In six of these, all mini-blocks were premoistened to within 10% of a fixed moisture content, specifically 40, 60 and 80% MC.



Figure 2: Test setup container for spruce sapwood samples premoistened to 80% MC with demineralized water (100% RH) after 3 days of exposure

After preparation, all containers were placed inside a climate chamber at a constant temperature of 22 °C and a relative humidity of 70 to 75 %. Subsequently, every three days, three samples were taken randomly from three different glasses out of every test setup. Careful attention was paid to try to affect the other samples as little as possible and avoid contamination. The chosen samples were carefully cleaned by scraping off any surface mycelium and were weighed to the nearest 0,0001 g to determine their moisture content. Afterwards, the samples were oven-dried and weighed again to determine their final oven dry weight and mass loss. Since for every test setup, three samples were taken every three days, all presented MC and mass loss results are averages of three samples. As a result of the chosen measuring pattern, after 24 days, all readings from one container of a test setup are finished, and at 27 days, the second container of the setup was opened and samples could be taken.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Preliminary testing

Preliminary testing of the test setups using saturated salt solutions showed that fungal growth could not be correctly monitored for the desired period of 8 weeks using setups in which mini-blocks were placed on agar petri dishes, since these dishes seemed to rapidly dry out, leaving the fungus without a water source. These tests also showed that the agar had a significant influence on the wood samples, rising both their initial and equilibrium MC, even when no inoculation of a test fungus was done. Based on these preliminary results, the use of open test glasses with a large volume of 330 ml was decided, ensuring the long-term availability of moisture for the fungus.

B. Mini-block test

1) Moisture content and saturated salt solutions

Results of the newly developed test method soon showed that for the test setups with saturated salt solutions, the average moisture content of the mini-blocks was really high and passed the fiber saturation point in a matter of days, depending on which salt was used. This can clearly be seen in figures 1 and 2 for both spruce and pine wood samples. An initial peak in moisture content is also observed, which is explained in a later paragraph of this chapter. Pine samples clearly showed a higher initial moisture content than spruce samples.

Spruce sapwood - Average moisture content

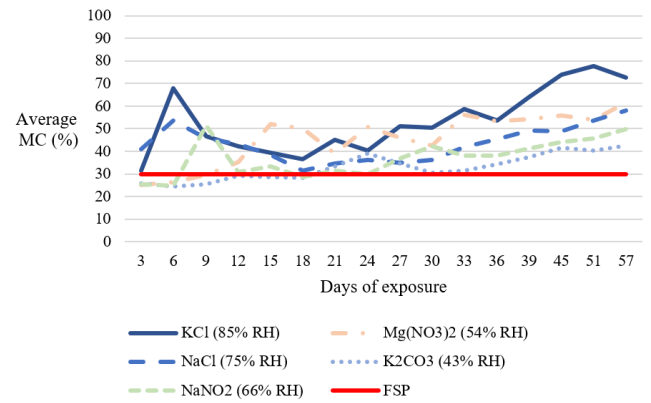


Figure 3: Progression of average moisture content of spruce sapwood samples in time using different salt solutions

Pine sapwood - Average moisture content

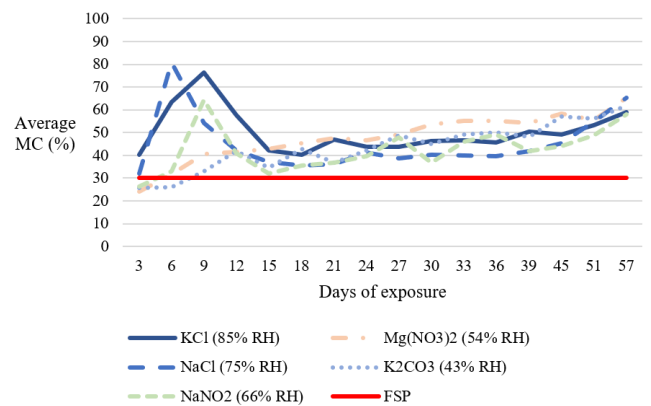


Figure 4: Progression of average moisture content of pine sapwood samples in time using different salt solutions

During the experiment, three important observations were also made. Firstly, the volume of the saturated salt solutions inside the petri dishes seemed to increase overtime, causing the solutions to desaturate and eventually causing the dishes to overflow, requiring emptying and refilling with salt. Secondly, the level of the agar inside the test glasses significantly decreased over time. Thirdly, when relative humidity inside a few test containers was measured with indoor data loggers, results showed that the inside humidity was highly above the desired levels. For the test setup with NaCl-solutions (75% RH) and spruce samples, data loggers that were put inside the container near the end of the experiment showed a relative humidity that was steadily increasing from around 85% to even 92 % over a period of 8 days. Other data loggers showed similar results.

The gradual increase in relative humidity may be explained by the functioning of the salt solutions. Initially, these solutions were saturated, which would make them tend towards a fixed moisture equilibrium with the inside air (75% RH for NaCl). When test glasses filled with agar are introduced to the system however, agar may lose moisture from its surface to the inside air, since it contains a lot of water. This added air moisture in turn shifts the equilibrium of the air with the saturated salt solutions, causing additional moisture to be added to the solutions and eventually causing

them to desaturate and decrease in salinity. As long as moist agar is present in the container, this effect may keep on going, slowly increasing the relative humidity. The effect of agar losing moisture may also be enlarged by evaporation of moisture by the test fungus. This drying effect also may explain the drying out of the agar dishes during preliminary testing. One could conclude from this that the test setups using test glasses may not be ideal for controlling the relative humidity and keeping the wood MC under the FSP.

2) Asymmetry in fungal growth

During the experiments with saturated salt solutions, an asymmetric pattern in fungal growth was visually noticed inside the containers. Test glasses that were close to the fan clearly showed less visible mycelial growth than glasses that were on the other side of the container. A possible explanation for this phenomenon may be that the air current contributes to the previously described effect of drying out the agar and subsequently makes moisture conditions less favorable for the test fungus. Since the air velocity is highest closest to the fan, the drying effect may also be more obvious closer to it.

3) Mass loss results

Results from the mass loss calculations showed remarkable findings. Near to all mini-blocks initially showed significant negative mass losses or mass gains. For pine wood samples, mass gains up to 11,21% were measured. Several samples showing mass gains over 5% were reweighed and confirmed the results. Mass gain is a phenomenon that has also been established by Meyer [15] while conducting a pile test. Huckfeldt & Schmidt [16] explain this phenomenon by contributing mass gain to ingrown mycelium. The mass of the dried mycelium must in this case be higher than the mass loss that has been caused by wood decay.

Results of the test setups with 100% RH showed the highest mass losses as expected. For both tested wood species, the highest individually recorded mass losses occurred in set ups with a relative humidity of 100% and premoistening of the wood samples to 40% MC. For spruce wood samples, the highest individually recorded mass loss was 44,54% after 51 days of exposure. For pine samples, the highest recorded mass loss was 36,19% after 57 days. For both pine and spruce wood samples, no obvious correlation between premoistening and both initial and final mass loss was observed.

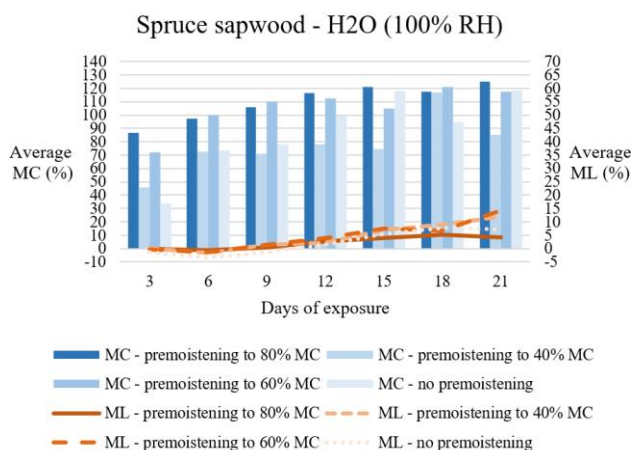


Figure 5: Progress of average MC and mass loss after 21 days of exposure for spruce sapwood samples at 100% RH

4) Moisture content and mass loss

When average moisture content and mass loss results are both examined, an initial peak in moisture content can be noticed in most test setups using saturated salt solutions. This initial peak seems to always come together with mass gain, as seen in figures 6 to 8. This may confirm that ingrown mycelium is moistening the samples and is causing a subsequent gain in mass. The lower the relative humidity of the test setup, the slower this peak in moisture tends to appear, indicating that a lower relative humidity increases the time needed for the fungus to grow onto and into the samples and moisten the wood. As seen in figures 6 and 7 and figures 8 and 9, the peak in moisture content tends to be higher and tends to come sooner in pine wood samples than in spruce samples, indicating a higher water permeability.

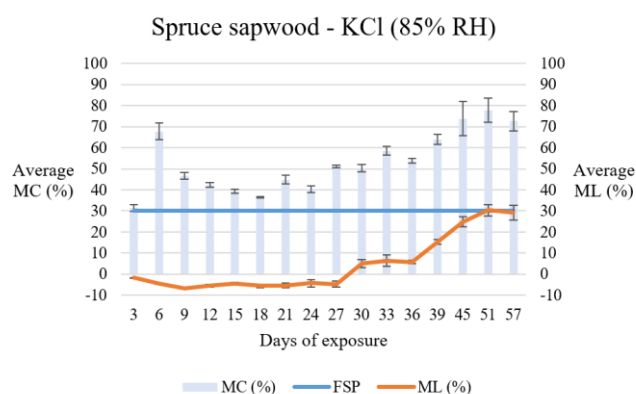


Figure 6: Progress of average MC and mass loss after 57 days of exposure for spruce sapwood samples with saturated KCl-solutions (85% RH)

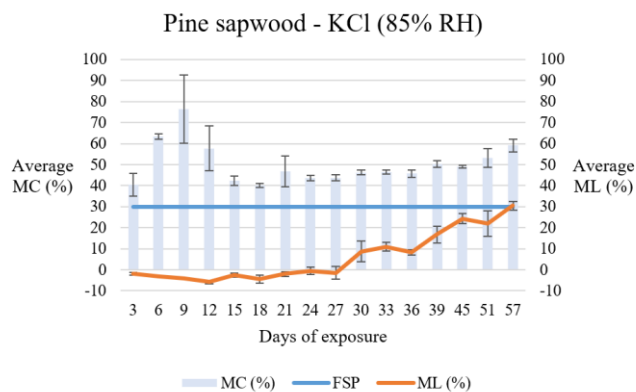


Figure 7: Progress of average MC and mass loss after 57 days of exposure for pine sapwood samples with saturated KCl-solutions (85% RH)

5) Influence of FSP on mass loss

Part of the aim of the experiments using saturated salt solutions was to research the influence of the fiber saturation point on the onset and progress of mass loss. It was expected that the onset of mass loss would be detected when moisture content of the samples would rise higher than the FSP. Due to high humidity levels inside the containers, this could only be checked in the test set-ups using K_2CO_3 -, $Mg(NO_3)_2$ - and $NaNO_2$ -solutions. As shown in figures 6 to 8, it seems that mass loss does seem to start increasing once the MC has surpassed the FSP for at least a couple of days. For pine wood samples, the onset of decay does not seem to significantly come sooner than for spruce samples. Wood decay was not clearly detected under the FSP.

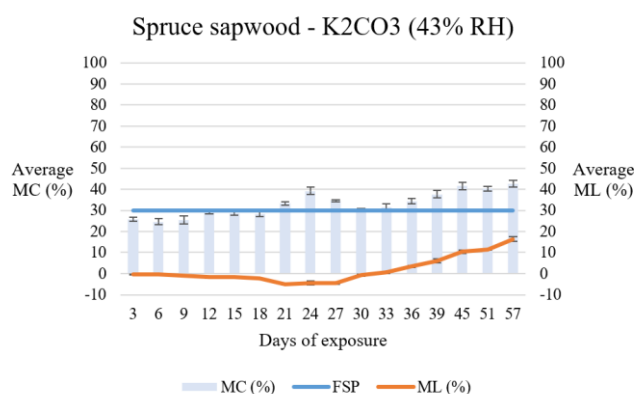


Figure 8: Progress of average MC and mass loss after 57 days of exposure for spruce sapwood samples with saturated K₂CO₃-solutions (43% RH)

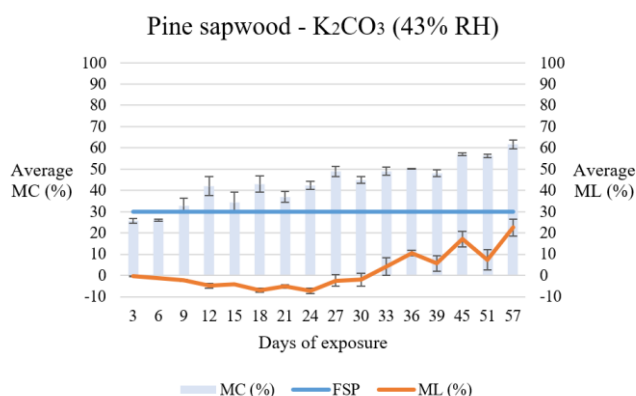


Figure 9: Progress of average MC and mass loss after 57 days of exposure for spruce sapwood samples with saturated K₂CO₃-solutions (43% RH)

6) Measuring pattern

A very important remark about the presented results is that these results are averages of three samples that were taken randomly from the containers. Since considerable variations in fungal growth were present inside each container, partly due to the air current of the fans, results of both MC and mass loss averages were highly affected by which samples were chosen from which test glasses at which given moment in time.

IV. CONCLUSION

Based on the results of the presented mini-block test method, it can be concluded that the use of test glasses filled entirely with agar comes with some considerable difficulties, since it makes controlling the relative humidity using saturated salt solutions inside the containers quite difficult. The high humidity, combined with the moisture of the agar made the MC of the wood samples soon rise above the FSP, which made some setups unfit for research into the influence of the FSP on mass loss. The use of a fan inside the test containers created an asymmetry in fungal growth, which contributed to substantial growth variations. These variations in growth showed that results of both MC and mass loss averages were highly affected by which samples were chosen at which moment in time from which test glasses. The use of more samples and more repetitions of test setups may provide more straight-forward results. Considering these remarks, it can be concluded that the presented mini-block test method faces some difficulties and may be subject to further improvement.

- [1] C. A. Clausen, „Biodeterioration of Wood,” in *Wood handbook - Wood as an engineering material*, Madison, Wisconsin, Forest Products Laboratory, 2010, pp. 14.1-14.16.
- [2] K. Rael en F. Barnoud, *Degradation of wood by microorganisms in Biosynthesis and biodegradation of wood components*, Florida: Academic Press Inc., 1985.
- [3] A. Rayner en L. Boddy, *Fungal decomposition of Wood. Its Biology and Ecology.*, Chichester: Wiley, 1988.
- [4] J. Palfreyman, N. White, T. Buultjens en H. Glancy, „The Impact of Current Research on the Treatment of Infestations by the Dry Rot Fungus *Serpula lacrymans*,” *International Biodeterioration & Biodegradation*, pp. 369-395, 1995.
- [5] H. A. Viitanen, „Modelling the Time Factor in the Development of Brown Rot Decay in Pine and Spruce Sapwood - The Effect of Critical Humidity and Temperature Conditions,” *Holzforschung*, pp. 99-106, 1997.
- [6] WTCB, „Vochtbeheersing bij houtbouw,” *WTCB-Contact*, pp. 12-15, 2013.
- [7] P. Morris, „Understanding Biodeterioration of Wood in Structures,” *Forintek Canada Corp.*, 2013.
- [8] A. Wiedenhoef, „Structure and Function of Wood,” in *Wood handbook - Wood as an engineering material*, Madison, Wisconsin, Forest Products Laboratory, 2010, pp. 3.1-3.18.
- [9] O. Schmidt, *Wood and Tree Fungi. Biology, Damage, Protection, and Use*, Berlijn: Springer, 2006.
- [10] K. de Mattos-Shipley, K. Ford, F. Alberti, A. Banks, A. Bailey en G. Foster, „The good, the bad and the tasty: The many roles of mushrooms,” *Studies in Mycology*, pp. 125-157, 2016.
- [11] J. Gabriel en K. Svec, „Occurrence of indoor wood decay basidiomycetes in Europe,” *Fungal Biology Reviews* 31, pp. 212-217, 2017.
- [12] H. Saito, K. Fukuda en T. Sawachi, „Integration model of hygrothermal analysis with decay process for durability assessment of building envelopes,” *Building Simulation*, pp. 315-324, 2012.
- [13] H. Viitanen en A.-C. Ritschkoff, *Brown rot decay in wooden constructions: Effect of temperature, humidity and moisture*, Sweden: Swed. Univ. Sci. Dept. For. Prod. 222, 1991.
- [14] T. Stienen, O. Schmidt en T. Huckfeldt, „Wood decay by indoor basidiomycetes at,” *Holzforschung*, pp. 9-15, 2014.
- [15] L. Meyer en C. Brischke, „Fungal decay at different moisture levels of selected European-grown wood species,” *International Biodeterioration & Biodegradation*, pp. 23-29, 2015.
- [16] T. Huckfeldt en O. Schmidt, *Hausfäule-und Bauholzpilze*, Cologne: Rudolf Müller, 2006.

Inhoudsopgave

Woord vooraf.....	I
Abstract.....	II
Extended abstract.....	III
Inhoudsopgave.....	VIII
Lijst met figuren.....	X
Lijst met tabellen.....	XII
1. Introductie.....	1
1.1. Hout als bouw materiaal.....	1
1.2. Degradatie van houtconstructies	2
2. Literatuurstudie.....	3
2.1. Opbouw van hout.....	3
2.2. Degraderende schimmels.....	4
2.2.1. Oppervlakteschimmels	5
2.2.2. Zachtrotschimmels	6
2.2.3. Houtrottende basidiomyceten.....	7
2.3. Volgorde van kolonisatie.....	10
2.4. Conditie nodig voor schimmelgroei.....	10
2.4.1. Temperatuur.....	10
2.4.2. Zuurstof.....	11
2.4.3. Water.....	11
2.4.4. pH-waarde	16
2.5. Natuurlijke duurzaamheid.....	17
2.5.1. CEN/TS 15083-1	18
2.6. Bemerkingen bij de bestaande testmethoden.....	20
2.7. Bestaand onderzoek.....	21
2.7.1. Mini-blocktest.....	21
2.7.2. Pile-test	23
3. Onderzoeksvragen.....	25
4. Materialen en methode.....	26
4.1. Mini-blocktesten	26
4.1.1. Doel.....	26
4.1.2. Vorbereiding van de mini-blocks:.....	26

4.1.3.	Gebruikte schimmel	27
4.1.4.	Maken van de agar	27
4.1.5.	Verzadigde zoutoplossingen	28
4.1.6.	Proefopstelling	29
4.2.	Voorafgaande testen	32
4.2.1.	Voorafgaande mini-blocktest	32
4.2.2.	Voorafgaande pile-test	34
5.	Resultaten en discussie	37
5.1.	Resultaten voorafgaande proeven	37
5.1.1.	Pile-test	37
5.1.2.	Voorafgaande mini-blocktest	44
5.2.	Resultaten mini-blocktest	46
5.2.1.	Massaverlies	48
5.2.2.	Verband vochtgehalte - massaverlies	52
5.2.3.	Invloed van het vezelverzadigingspunt op het massaverlies	56
5.2.4.	Invloed van voorconditionering vochtgehalte op het massaverlies	57
5.2.5.	Vergelijking vochtgehaltes verschillende zouten	58
6.	Besluit	59
7.	Referentielijst	61
8.	Bijlagen	65
8.1.	Bijlage A: Massa's mini-blocks	65
8.1.1.	Vuren	65
8.1.2.	Grenen	74
8.2.	Bijlage B: Vochtgehalte (MC) mini-blocks	83
8.2.1.	Vuren	83
8.2.2.	Grenen	92
8.3.	Bijlage C: Massaverlies (ML) mini-blocks	101
8.3.1.	Vuren	101
8.3.2.	Grenen	110
8.4.	Bijlage D: Voorafgaande pile-testen	119
8.5.	Bijlage E: voorafgaande mini-blocktesten	134

Lijst met figuren

Figuur 1: Houtskeletbouw in constructiefase (Offrea, 2019).....	1
Figuur 2: Opbouw van een boomstam (De opbouw van een boomstam, 2019).....	3
Figuur 3: Beeldopname van de celstructuur van naaldhout met een rasterelektronenmicroscop (Morris, 2013).....	4
Figuur 4: Mycelium van <i>Hypholoma fasciculare</i> , groeiend vanaf een houtblokje op een voedingsbodem (Watkinson, et al., 2005)	4
Figuur 5: Productie van sporen bij <i>Endoconidiophora pinicola</i> (Jankowiak, Bilański, Chyrzyński, & Strzałka, 2017).....	5
Figuur 6: Mould op houten panelen (Schmidt, 2006).....	6
Figuur 7: Zachtrot in hout afkomstig van een koeltoren (Schmidt, 2006).....	6
Figuur 8: Vruchtlichamen van <i>Pleurotus ostreatus</i> op een gevelde Amerikaanse eik (de Mattos-Shipley, et al., 2016).....	7
Figuur 9: Productie van rizomorfen door <i>Serpula lacrymans</i> (de Mattos-Shipley, et al., 2016)	8
Figuur 10: Productie van rizomorfen door <i>Coniophora puteana</i> (Van de Ven, 2001).....	8
Figuur 11: Bruinrot in hout (Van de Ven, 2001)	9
Figuur 12: Witrot in hout veroorzaakt door <i>Phanerocheate chrysosporium</i> (de Mattos-Shipley, et al., 2016)	9
Figuur 13: Typische invloed van de temperatuur op de groeisnelheid van een houtrottende basidiomycota (Morris, 2013).....	10
Figuur 14: Duurzaamheidsklassen van hout en houtproducten tegenover aantasting door houtrotschimmels (EN350, 2016)	17
Figuur 15: Duurzaamheidsklassen van massief hout tegenover houtrottende basidiomyceten (EN350, 2016).....	18
Figuur 16: Mini-blocks in petrischaal gescheiden van de agar via rooster (Saito, Fukuda, & Sawachi, 2012).....	21
Figuur 17: Pile-test uitgevoerd met <i>Trametes versicolor</i> , duidelijke grens van schimmelgroei aan de oppervlakte vanaf een bepaald niveau (Meyer & Brischke, 2015)	23
Figuur 18: Proefopstelling D1 na 6 dagen blootstelling	29
Figuur 19: Proefopstelling I1 na 3 dagen blootstelling	30
Figuur 20: Opstelling in de klimaatkast (links A-E en J-N, rechts F-I en O-R)	30
Figuur 21: Petrischaal met miniblocks op geïnoculeerde agar (<i>Trametes versicolor</i>)	32
Figuur 22: Proefopstelling miniblocktest, links: zonder agar, midden: op agar, rechts: agar en <i>Trametes versicolor</i>	33
Figuur 23: Configuraties start voorafgaande pile-testen	35
Figuur 24: Schematische voorstelling van de proefopstelling van de pile-test.....	36

Figuur 25: Pile G1.....	36
Figuur 26: MC-verloop configuratie G0	37
Figuur 27: Configuraties V1 (links) en G1 (rechts) tijdens de test.....	37
Figuur 28: MC-verloop configuratie G1	38
Figuur 29: MC-verloop configuratie V1	38
Figuur 30: MC-verloop configuratie V2 (a)	39
Figuur 31 MC-verloop configuratie V2 (b)	39
Figuur 32: MC-verloop configuratie G2	40
Figuur 33: Schematische voorstelling configuratie G2 (links) en werkelijke pile (rechts).....	40
Figuur 34: Schematische voorstelling configuratie G3.....	41
Figuur 35: MC-verloop configuratie G3 (a)	42
Figuur 36: MC-verloop configuratie G3 (b)	43
Figuur 37: Overzicht vochtgehaltes agar - geen agar (vuren).....	44
Figuur 38: Overzicht vochtgehaltes agar geïnoculeerd met <i>Trametes versicolor</i> (vuren).....	44
Figuur 39: Overzicht vochtgehaltes agar - geen agar (grenen).....	45
Figuur 40: Overzicht vochtgehaltes agar geïnoculeerd met <i>Trametes versicolor</i> (grenen)	45
Figuur 41: Vergelijking gecreëerde vochtgehalte bij NaCl.....	46
Figuur 42: Gemiddeld massaverlies (ML) K ₂ CO ₃ grenen.....	50
Figuur 43: Periodegemiddelde ML voor de verschillende proefopstellingen (vuren).....	51
Figuur 44: Periodegemiddelde ML voor de verschillende proefopstellingen (grenen)	51
Figuur 45: Verband tussen MC en ML bij KCl (85% RH) voor vuren.....	53
Figuur 46: Verband tussen MC en ML bij NaNO ₂ (66% RH) voor vuren.....	53
Figuur 47: Verband tussen MC en ML bij K ₂ CO ₃ (43% RH) voor vuren	54
Figuur 48: Verband tussen MC en ML bij KCL (85% RH) voor grenen.....	54
Figuur 49: Verband tussen MC en ML bij NaNO ₂ (66% RH) voor grenen	55
Figuur 50: Verband tussen MC en ML bij K ₂ CO ₃ (43% RH) voor grenen.....	55
Figuur 51: Variatie in schimmelgroei bij proefopstelling met NaNO ₂ (66% RH) voor grenen.....	56
Figuur 52: Invloed van voorconditionering MC op ML bij 100% RH (vuren)	57
Figuur 53: Verlopen van de gemiddelde vochtgehaltes (vuren).....	58
Figuur 54: Verlopen van de gemiddelde vochtgehaltes (grenen).....	58

Lijst met tabellen

Tabel 1: overzicht proefopstellingen mini-blocktest	27
Tabel 2: Benodigde concentratie zout om verzadigde oplossingen te maken.....	28
Tabel 3: Overzicht proefopstellingen voorbereidende mini-blocktest.....	33
Tabel 4: Data hobologgers NaCl (75% RH) vuren	47
Tabel 5: Verwerking van ML vuren	49
Tabel 6: Verwerking van ML grenen	49
Tabel 7: Gewogen massa's A1-A2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH	65
Tabel 8: Gewogen massa's B1-B2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH.....	66
Tabel 9: Gewogen massa's C1-C2 natriumnitriet ($NaNO_2$): 66% RH.....	67
Tabel 10: Gewogen massa's D1-D2 natriumchloride (NaCl): 75% RH	68
Tabel 11: Gewogen massa's E1-E2 kaliumchloride (KCl): 85% RH	69
Tabel 12: Gewogen massa's F1-F2 water (H_2O): 100% RH.....	70
Tabel 13: Gewogen massa's G1-G2 water 40% MC (H_2O): 100% RH.....	71
Tabel 14: Gewogen massa's H1-H2 water 60% MC (H_2O): 100% RH.....	72
Tabel 15: Gewogen massa's I1-I2 water 80% MC (H_2O): 100% RH	73
Tabel 16: Gewogen massa's J1-J2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH.....	74
Tabel 17: Gewogen massa's K1-K2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH	75
Tabel 18: Gewogen massa's L1-L2 natriumnitriet ($NaNO_2$): 66% RH	76
Tabel 19: Gewogen massa's M1-M2 natriumchloride (NaCl): 75% RH.....	77
Tabel 20: Gewogen massa's N1-N2 kaliumchloride (KCl): 85% RH	78
Tabel 21: Gewogen massa's O1-O2 water (H_2O): 100% RH.....	79
Tabel 22: Gewogen massa's P1-P2 water 40% MC (H_2O): 100% RH	80
Tabel 23: Gewogen massa's Q1-Q2 water 60% MC (H_2O): 100% RH	81
Tabel 24: Gewogen massa's R1-R2 water 80% MC (H_2O): 100% RH.....	82
Tabel 25: Vochtgehaltes A1-A2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH.....	83
Tabel 26: Vochtgehaltes B1-B2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH	84
Tabel 27: Vochtgehaltes C1-C2 natriumnitriet ($NaNO_2$): 66% RH	85
Tabel 28: Vochtgehaltes D1-D2 natriumchloride (NaCl): 75% RH	86
Tabel 29: Vochtgehaltes E1-E2 kaliumchloride (KCl): 85% RH	87
Tabel 30: Vochtgehaltes F1-F2 water (H_2O): 100% RH	88
Tabel 31: Vochtgehaltes G1-G2 water 40% MC (H_2O): 100% RH.....	89
Tabel 32: Vochtgehaltes H1-H2 water 60% MC (H_2O): 100% RH	90

Tabel 33: Vochtgehaltes I1-I2 water 80% MC (H ₂ O): 100% RH.....	91
Tabel 34: Vochtgehaltes J1-J2 kaliumcarbonaat (K ₂ CO ₃): 43% RH.....	92
Tabel 35: Vochtgehaltes K1-K2 magnesiumnitraat (Mg(NO ₃) ₂): 54% RH	93
Tabel 36: Vochtgehaltes L1-L2 natriumnitriet (NaNO ₂): 66% RH	94
Tabel 37: Vochtgehaltes M1-M2 natriumchloride (NaCl): 75% RH.....	95
Tabel 38: Vochtgehaltes N1-N2 kaliumchloride (KCl): 85% RH	96
Tabel 39: Vochtgehaltes O1-O2 water (H ₂ O): 100% RH.....	97
Tabel 40: Vochtgehaltes P1-P2 water 40% MC (H ₂ O): 100% RH.....	98
Tabel 41: Vochtgehaltes Q1-Q2 water 60% MC (H ₂ O): 100% RH	99
Tabel 42: Vochtgehaltes R1-R2 water 80% MC (H ₂ O): 100% RH.....	100
Tabel 43: Massaverliezen A1-A2 kaliumcarbonaat (K ₂ CO ₃): 43% RH.....	101
Tabel 44: Massaverliezen B1-B2 magnesiumnitraat (Mg(NO ₃) ₂): 54% RH.....	102
Tabel 45: Massaverliezen C1-C2 natriumnitriet (NaNO ₂): 66% RH	103
Tabel 46: Massaverliezen D1-D2 natriumchloride (NaCl): 75% RH	104
Tabel 47: Massaverliezen E1-E2 kaliumchloride (KCl): 85% RH	105
Tabel 48: Massaverliezen F1-F2 water (H ₂ O): 100% RH	106
Tabel 49: Massaverliezen G1-G2 water 40% MC (H ₂ O): 100% RH.....	107
Tabel 50: Massaverliezen H1-H2 water 60% MC (H ₂ O): 100% RH	108
Tabel 51: Massaverliezen I1-I2 water 80% MC (H ₂ O): 100% RH.....	109
Tabel 52: Massaverliezen J1-J2 kaliumcarbonaat (K ₂ CO ₃): 43% RH.....	110
Tabel 53: Massaverliezen K1-K2 magnesiumnitraat (Mg(NO ₃) ₂): 54% RH	111
Tabel 54: Massaverliezen L1-L2 natriumnitriet (NaNO ₂): 66% RH.....	112
Tabel 55: Massaverliezen M1-M2 natriumchloride (NaCl): 75% RH.....	113
Tabel 56: Massaverliezen N1-N2 kaliumchloride (KCl): 85% RH	114
Tabel 57: Massaverliezen O1-O2 water (H ₂ O): 100% RH.....	115
Tabel 58: Massaverliezen P1-P2 water 40% MC (H ₂ O): 100% RH	116
Tabel 59: Massaverliezen Q1-Q2 water 60% MC (H ₂ O): 100% RH.....	117
Tabel 60: Massaverliezen R1-R2 water 80% MC (H ₂ O): 100% RH.....	118
Tabel 61: Massa's en MC's pile G0.....	119
Tabel 62: Massa's pile G1.....	120
Tabel 63: Vochtgehaltes pile G1.....	121
Tabel 64: Massa's pile G2.....	122
Tabel 65: Vochtgehaltes pile G2.....	123

Tabel 66: Massa's pile G3a	124
Tabel 67: Vochtgehaltes pile G3a	125
Tabel 68: Massa's pile G3b	126
Tabel 69: Vochtgehaltes pile G3b	127
Tabel 70: Massa's pile V1	128
Tabel 71: Vochtgehaltes pile V1	129
Tabel 72: Massa's pile V2a	130
Tabel 73: Vochtgehaltes pile V2a	131
Tabel 74: Massa's pile V2b	132
Tabel 75: Vochtgehaltes pile V2b	133
Tabel 76: Massa's voorbereidende mini-blocktest V1-30	134
Tabel 77: Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest V1-30	135
Tabel 78: Massa's voorbereidende mini-blocktest V31-45	136
Tabel 79: Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest V31-45	136
Tabel 80: Massa's voorbereidende mini-blocktest G1-30	137
Tabel 81: Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest G1-30	138
Tabel 82: Massa's voorbereidende mini-blocktest G31-45	139
Tabel 83: Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest G31-45	139

1. Introductie

1.1. Hout als bouw materiaal

Hout is populair. Het belang van hout in de Belgische bouwsector neemt alsmaar toe. Sinds 2011 blijft het aantal houtbouwbedrijven in België steeds stijgen, met een totaal van 256 actieve bedrijven in 2018. Deze bedrijven werken meestal volgens één van de vier belangrijkste houtbouwsystemen: houtskeletbouw, houtstapelbouw, het palen-balkensysteem of het systeem met meerlaagse massiefhoutplaten (CLT). Het aandeel van deze systemen in de totale nieuwbouw van eengezinswoningen neemt eveneens toe. In 2018 bedroeg dit aandeel bijna 11% (HoutInfoBois, 2018).

De keuze voor hout als constructiemateriaal kent vele voordelen en valt dus zeker te rechtvaardigen. Een houten structuur is lichter dan een traditionele constructie, de montage op de werf kan zeer snel gebeuren dankzij prefabricatie en het bouwproces gebeurt droog. Onderzoek toont aan dat het materiaal ook een gunstig effect heeft op het binnenklimaat aangezien het fungeert als vochtregulator en de luchtvochtigheid van het gebouw stabiel houdt (Simonson, Salonvaara, & Ojanen, 2001).



Figuur 1: Houtskeletbouw in constructiefase (Offrea, 2019)

Bovendien is de bevolking ook steeds meer op de hoogte van de ecologische voordelen van het gebruik van hout. Tijdens de groei wordt koolstofdioxide (CO₂) opgeslagen in het materiaal dat pas bij verbranding terug in de atmosfeer terecht komt. Dit zorgt ervoor dat hout een CO₂-neutrale levenscyclus kent. Daarnaast is ook relatief weinig energie nodig bij de productie en bij de verwerking tot bouwproducten waardoor de ingebedde energie van het materiaal laag blijft. Tenslotte is hout, in tegenstelling tot metalen en plastics, ook volkomen hernieuwbaar. Aan de hand van een duurzaam bosbeheer is het mogelijk om dit materiaal voor eeuwig beschikbaar te houden (Falk, 2010).

1.2. Degradatie van houtconstructies

Onder de juiste omstandigheden kan hout eeuwenlang meegaan. Omwille van zijn plantaardige oorsprong is hout echter biologisch afbreekbaar. Het materiaal is opgebouwd uit organische stoffen die door vele soorten organismen kunnen worden gebruikt als voedsel (Morris, 2013). Schimmels, bacteriën en bepaalde insecten zoals termieten behoren tot de voornaamste organismen die in staat zijn hout af te breken (Clausen, 2010). Deze organismen zijn cruciaal voor de afbraak van houtachtig materiaal op de bodem of in het water (Morris, 2013).

De biologische afbreekbaarheid van hout leidt tot de grootste oorzaak van houtaantasting in de westerse houtbouwindustrie: schimmelgroei. Onderzoek toont aan dat schimmels houtproducten in grotere mate aantasten dan insecten, bacteriën of andere organismen (Rauel & Barnoud, 1985). Ze veroorzaken dan ook wereldwijd problemen en bepalen de levensduur van houtconstructies die zijn blootgesteld aan de buitenomgeving (Meyer & Brischke, 2015).

Houtrotschimmels hebben een enorme economische impact, zowel tijdens de groeifase als tijdens de gebruiksfase van het hout. In de EU werden de jaarlijkse economische verliezen ten gevolge van groeireductie van bomen en devaluatie van constructiehout ingeschat op meer dan 790 miljoen euro (Woodward, Stenlid, Karjalainen, & Hüttermann, 1998). In de binnenomgeving van gebouwen staat de huiszwam, *Serpula Lacrymans* (Wulfen) J. Schröt., gekend voor het degraderen van houten elementen en is deze jaarlijks verantwoordelijk voor vele miljoenen dollars aan schade (Palfreyman, White, Buultjens, & Glancy, 1995). In Frankrijk werd de jaarlijkse kost van schade door schimmels begroot op ongeveer 30 miljoen euro (Maurice, Le Floch, Le Bras-Quéré, & Barbier, 2011) en in het Verenigd Koninkrijk werden de reparatiekosten aan houtconstructies in opbouw in 1977 zelfs geschat tot een bedrag van meer dan 3 miljoen pond per week (Rayner & Boddy, 1988).

Houtrot ten gevolge van schimmelgroei kan ontstaan wanneer onbehandeld hout wordt blootgesteld aan een gunstige temperatuur en vochtigheidsgraad. Doorgaans ontstaat schimmelgroei dan ook wanneer er sprake is van vochtproblemen. Deze problemen concentreren zich op plaatsen waar water zich accumuleert, vaak ten gevolge van bevochtiging tijdens de bouwfase, onvoldoende ventilatie, waterlekken of inwendige condensatie (Viitanen H. A., 1997; WTCB, 2013). Vochtbeheersing, vervanging van aangetast hout en preventieve behandeling van het materiaal behoren tot de belangrijkste maatregelen om een goede duurzaamheid van houtstructuren te kunnen garanderen en houtrot te voorkomen (Van de Ven, 2001; WTCB, 2013; Morris, 2013).

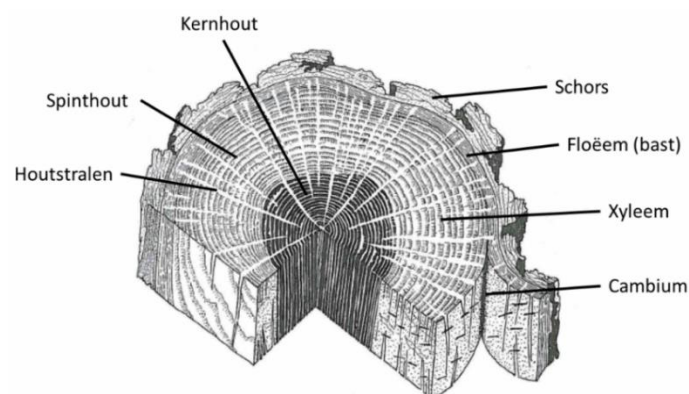
2. Literatuurstudie

2.1. Opbouw van hout

Hout is een complexe, biologische structuur die een structurele en een metabolische functie vervult als onderdeel van een levende boom. Structureel zorgt het materiaal ervoor dat de kruin van de boom boven andere vegetatie uitreikt en zo kan concurreren in de strijd om licht. Metabolisch staat het hout in voor het transport van water en nutriënten van de wortels naar de kruin en zorgt het voor de opslag van voedselreserves (Wiedenhoeft, 2010; Morris, 2013).

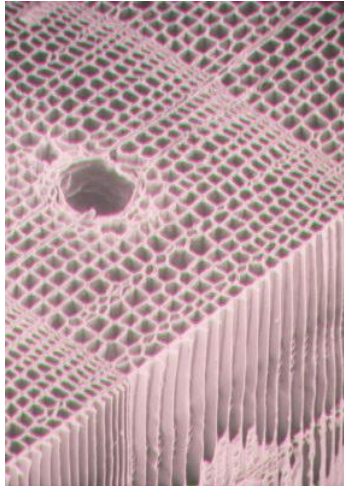
De gevoeligheid van hout tegenover degradatie is gerelateerd aan de chemische opbouw van het materiaal. Op microscopisch niveau bestaat hout uit sterke polymeerketens van cellulose en hemicellulose die samen microvezels vormen. Deze vezels worden samengehouden door een matrix van lignine en vormen zo lignocellulose, het hoofdbestanddeel van de celwand van de houtcellen. Slechts een beperkt aantal organismen beschikken over de mogelijkheid om de cellulose af te breken, welke verantwoordelijk is voor het grootste deel van de sterkte van het materiaal. Lignine is daarentegen nog moeilijker om af te breken (Morris, 2013).

Op grotere schaal bestaat een boomstam uit een serie concentrische cilindervormige lagen. De buitenste laag is de schors, welke fysiologisch dood is maar erg belangrijk is voor de mechanische bescherming van de onderliggende lagen en het voorkomen van verdamping van water (Wiedenhoeft, 2010). Onder de schors ligt de bast, waarin suikers worden getransporteerd van de bladeren naar de wortels. Daaronder ligt de groeilaag (cambium), waar de diktetoeename van de boom plaatsvindt. Deze laag produceert floëemcellen (bast) aan de buitenzijde en xyleemcellen (spinhout) aan de binnenzijde. Tijdens het begin van het groeiseizoen produceert het cambium grote, relatief dunwandige spinthoutcellen, ook wel vroeghout genoemd. In een later stadium worden kleinere, dikwandige cellen geproduceerd die laathout worden genoemd. De verandering in de ratio tussen celwand en holte (lumen) zorgt voor een jaarlijkse variatie in de dichtheid van het hout die zichtbaar wordt als jaarringen (Wiedenhoeft, 2010; Morris, 2013).



Figuur 2: Opbouw van een boomstam (De opbouw van een boomstam, 2019)

Het spinthout voert water van de wortels naar de bladeren door middel van capillaire werking. De langwerpige kokervormige houtcellen fungeren hierbij als longitudinale watervoerende kanalen en zorgen ervoor dat het hout meer waterdoorlatend is in deze langsrichting. Spinhout bevat veel relatief eenvoudig verteerbare stoffen, waardoor spinthout veel vatbaarder is voor aantasting dan kernhout. In een levende boom wordt het spinthout beschermd door de houtschors, evenals door actieve wondreacties. Eens de boom is verzwakt of gedood verliest het hout deze natuurlijke verdediging. Constructiehout zal dus steeds vatbaar zijn voor degradatie zonder de nodige behandeling (Morris, 2013).

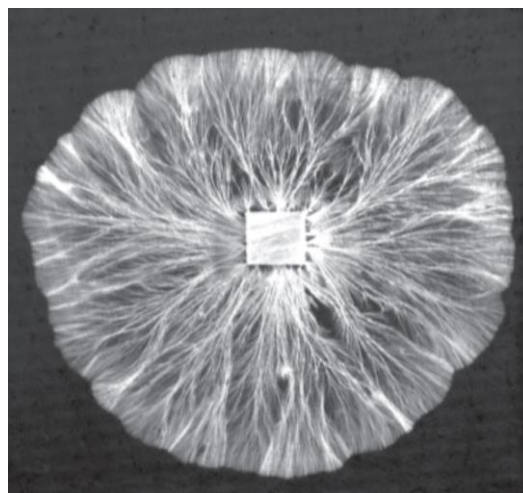


Figuur 3: Beeldopname van de celstructuur van naaldhout met een rasterelektronenmicroscoop (Morris, 2013)

In de levende boom worden de binnenste ringen van het spinhout na verloop van tijd langzaam omgezet in kernhout. Kernhout is fysiologisch dood, maar vervult nog een belangrijke structurele rol. Bij de meeste boomsoorten worden bij deze omzetting doorgangen tussen cellen geblokkeerd waardoor de waterdoorlatendheid drastisch verkleint. Daarnaast ontstaan bij dit proces vaak ook natuurlijke toxische stoffen die het hout beschermen tegen aantasting. Omwille van deze eigenschappen is kernhout vaak beter bestand tegen houtrot dan spinhout (Morris, 2013).

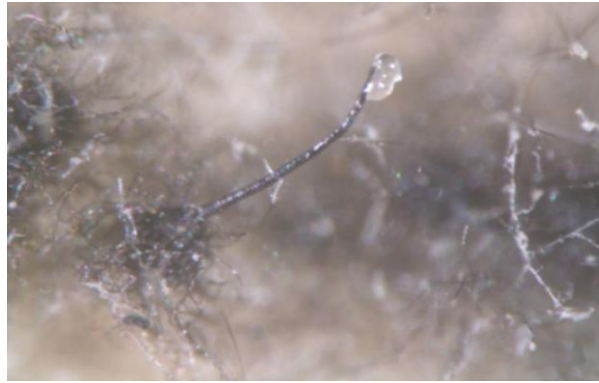
2.2. Degraderende schimmels

Hout kan worden aangetast door vele soorten schimmels. Schimmels zijn organismen die naast planten en dieren een apart rijk vormen en een onmisbare functie hebben in allerlei ecosystemen (de Mattos-Shipley, et al., 2016). Ze voeden zich met organisch materiaal en groeien door het verlengen en vertakken van buisvormige cellen die schimmeldraden of hyfen worden genoemd. Deze microscopische hyfen vormen samen een groeiend netwerk dat het schimmelweefsel of het mycelium wordt genoemd.



Figuur 4: Mycelium van *Hypholoma fasciculare*, groeiend vanaf een houtblokje op een voedingsbodem (Watkinson, et al., 2005)

Schimmels koloniseren hout door middel van microscopisch kleine sporen die door hen worden geproduceerd en toevallig op het hout terecht komen. Deze sporen kunnen zowel door lucht, water als insecten worden getransporteerd (Schmidt, 2006; Morris, 2013). Uit onderzoek is reeds gebleken dat de hoeveelheid sporen die in de buitenlucht aanwezig is sterk afhankelijk is van de seizoenen. Bij de meeste schimmelsoorten ligt de sporenproductie het hoogst in de herfst. Voor sporenproductie is namelijk een hoge relatieve vochtigheidsgraad nodig, en in de herfst komen mist en dauw veel vaker voor dan in de andere seizoenen (Morris, 2013).



Figuur 5: Productie van sporen bij *Endoconidiophora pinicola* (Jankowiak, Bilański, Chyrzyński, & Strzałka, 2017)

De schimmels die hout aantasten kunnen worden onderverdeeld in drie categorieën, op basis van de toenemende schade die zij op hout kunnen veroorzaken. Tot de eerste categorie behoren de oppervlakteschimmels, welke voornamelijk esthetische schade tot gevolg hebben. Tot de tweede en derde categorie behoren respectievelijk de zachtrotters en de houtrottende basidiomyceten. Bij deze twee laatste categorieën gaat het om schimmels die de mogelijkheid hebben om hout structureel aan te tasten en dus houtrot kunnen veroorzaken. Het zijn deze schimmelsoorten die verantwoordelijk zijn voor de degradatie van constructiehout en bijgevolg erg schadelijk zijn voor houtstructuren (Morris, 2013).

2.2.1. Oppervlakteschimmels

De oppervlakteschimmels zijn schimmelsoorten waarvan de ontwikkeling beperkt blijft tot het oppervlak van het substraat waarop zij groeien. Ze produceren microscopisch kleine sporen en hebben hier vaak een hoge relatieve vochtigheid voor nodig. Binnenshuis groeien deze organismen vaak op verscheidene soorten organisch materiaal zoals voeding, dode kamerplanten of gipsplaten. Wanneer ze op hout groeien voeden ze zich enkel met niet-structurele bestanddelen van het materiaal en kunnen ze de sterkte van het hout dus niet beïnvloeden (Morris, 2013).

De oppervlakteschimmels worden vaak onderverdeeld in de moulds en de stainers. Moulds hebben een kleurloos of bleek mycelium en produceren gekleurde sporen. In grote aantallen kunnen deze sporen er voor zorgen dat de schimmel allerlei kleuren kan vertonen, gaande van wit, grijs, groen, geel, bruin tot zwart. De ontwikkeling van de moulds blijft meestal beperkt tot het oppervlak en kan relatief eenvoudig worden verwijderd (Morris, 2013). Onderzoek toont aan dat sommige moulds, waaronder de zwarte schimmel *Stachybotrys chartarum* (Ehrenb.) S.Hughes., wel in staat zijn om ademhalingsproblemen te veroorzaken (Hodgson, et al., 1998).



Figuur 6: Mould op houten panelen (Schmidt, 2006)

Stainers kunnen van moulds worden onderscheiden op basis van de kleur van het mycelium. Bij stainers is dit meestal bruin of zwart, terwijl dit bij moulds vaak bleek is. Stainers veroorzaken algemeen erg weinig schade op hout maar zorgen wel voor een onaangenaam uitzicht. Enkel wanneer ze voor een lange tijd op het hout verblijven kunnen stainers de sterkte van het hout beïnvloeden. In normale vochtcondities worden oppervlakteschimmels echter al snel weggeconcentreerd door de houtrottende schimmels (Morris, 2013).

2.2.2. Zachtrotschimmels

Zachtrotschimmels zijn sterk gerelateerd aan de voorgaande oppervlakteschimmels, maar zijn in tegenstelling tot hen wel in staat om lignocellulose af te breken. Zachtrot leidt dus tot structurele degradatie en vermindering van de sterkte van het hout. Zachtrotters vallen vaak hout aan dat permanent vochtig blijft en werken hier relatief traag op in (Morris, 2013). Ze degraderen het hout geleidelijk aan vanaf het oppervlak naar binnen toe. Zachtrotters verschillen van andere houtrotschimmels doordat ze voornamelijk binnenin de celwand van de houtcellen groeien (Schmidt, 2006). Sommige zachtrotschimmels zijn resistent tegen de toxische stoffen in kernhout, evenals tegen de stoffen die gebruikt worden om hout preventief te behandelen. Zo behoort *Lecythophora hoffmannii* (J.F.H.Beyma) W.Gams & McGinnis tot de belangrijkste soorten die zachtrot veroorzaken in behandeld hout (Bugos, Sutherland, & Adler, 1988).



Figuur 7: Zachtrot in hout afkomstig van een koeltoren (Schmidt, 2006)

Zachtrotters zijn in staat om ernstige schade te veroorzaken aan behandeld hout dat in contact staat met de grond. In onbehandeld hout dat zich bovengronds bevindt worden ze normaal zeer snel opgevolgd door de houtrottende basidiomyceten. Zachtrotschimmels vormen dus vooral een probleem bij behandeld hout in contact met de grond (Schmidt, 2006; Morris, 2013).

2.2.3. Houtrottende basidiomyceten

De houtrottende basidiomyceten zijn schimmelsoorten die de meeste schade in houtconstructies veroorzaken (Gabriel & Svec, 2017). Zij zijn in staat om hout vele malen sneller te degraderen dan oppervlakteschimmels of zachtrotters (Morris, 2013). De basidiomyceten, ook steeltjeszwammen genoemd, vormen een stam of fylum binnen het rijk van de schimmels en zijn herkenbaar door hun productie van grote vruchtlichamen en paddenstoelen. Ze vormen een zeer diverse en erg complexe stam binnen de schimmels en bevatten veel soorten die houtrot veroorzaken (de Mattos-Shipley, et al., 2016). Niet alle basidiomyceten zijn echter in staat om hout aan te tasten, wat het gebruik van de term 'houtrottende basidiomyceten' (HRB) verklaart (Morris, 2013). De oesterzwam, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm. is een gekend voorbeeld van een houtrottende basidiomycota die herkenbare vruchtlichamen produceert.



Figuur 8: Vruchtlichamen van *Pleurotus ostreatus* op een geveld Amerikaanse eik (de Mattos-Shipley, et al., 2016)

In Europa is de huiszwam (*Serpula lacrymans*) veruit de meest voorkomende basidiomycota die in de binnenomgeving wordt aangetroffen, gevolgd door de kelderzwam (*Coniophora puteana*) (Gabriel & Svec, 2017). In België behoren deze twee soorten, samen met de bruine eikenzwam, *Donkioporia expansa* (Desm.) Kotl. & Pouzar., tot de meest aangetroffen soorten, met een aantrefkans van 60% voor de huiszwam en 10% voor zowel de kelderzwam als de bruine eikenzwam (Gabriel & Svec, 2017). Er bestaat weinig twijfel over de aanzienlijke economische impact die de huis- en kelderzwam hebben, mede omwille van het feit dat de schade die zij veroorzaken zeer goed gedocumenteerd is (Gabriel & Svec, 2017).

De huiszwam (*Serpula lacrymans*) produceert een glanzend witachtig mycelium en roestbruine plaat- of consolevormige vruchtlichamen. Daarnaast produceert hij ook dikke, koordachtige structuren die strengen of rizomorfen worden genoemd. Deze rizomorfen bestaan uit langwerpige weefsels die opgebouwd zijn uit meerdere bundels van hyfen en ontstaan wanneer onvoldoende nutriënten beschikbaar zijn in het gekoloniseerde hout. Ze kunnen tot vijf maal sneller groeien dan normale hyfen en kunnen aanzienlijke afstanden afleggen over inerte materialen. Hierdoor kan de schimmel nieuwe, veraf gelegen substraten bereiken en deze koloniseren door het vormen van een nieuw mycelium (de Mattos-Shipley, et al., 2016). Rizomorfen beschikken over een groter vermogen om nieuw materiaal te infecteren dan het mycelium of de sporen (Morris, 2013). Bovendien hebben rizomorfen een grote weerstand tegen uitdroging en beschikken ze over een uniek systeem waarmee zij vocht en nutriënten kunnen transporteren (de Mattos-Shipley, et al., 2016). Rizomorfen worden niet enkel door de huiszwam geproduceerd, maar komen ook voor bij andere houtrotschimmels, waaronder de kelderzwam en de poriënzwammen (Van de Ven, 2001).



Figuur 9: Productie van rizomorfen door *Serpula lacrymans* (de Mattos-Shipley, et al., 2016)

De kelderzwam (*Coniophora puteana*) produceert een beige tot geelbruin mycelium en produceert slechts in zeldzame gevallen okerkleurige, plaatvormige vruchtlichamen. Net zoals de huiszwam produceert ook de kelderzwam rizomorfen, welke echter van de voorgaande zwam verschillen omwille van hun bruine kleur (Van de Ven, 2001). Herkenning van de schimmelsoort is niet evident, aangezien de schimmel zelden vruchtlichamen produceert en ook geneigd is om veel meer mycelium binnenin het hout te ontwikkelen dan aan het oppervlak (Schmidt, 2006).

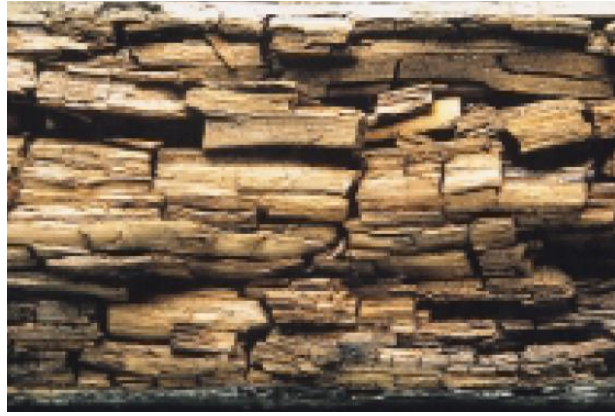


Figuur 10: Productie van rizomorfen door *Coniophora puteana* (Van de Ven, 2001)

De huiszwam en de kelderzwam behoren beide tot de bruinrotschimmels. Houtrottende basidiomyceten veroorzaken namelijk twee verschillende types houtrot, ingedeeld op basis van de verkleuring die ontstaat bij het aangetaste hout. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen enerzijds witrot en anderzijds bruinrot.

Bruinrot

Bruinrot ontstaat wanneer schimmels de cellulose en hemicellulose in hout afbreken maar de lignine grotendeels onveranderd laten (Schmidt, 2006). Hierbij ontstaat steeds een bruine kleur. Bruinrot resulteert in een zeer vroege en snelle afname van de sterkte van het hout doordat de cellulose in het beginstadium van de aantasting in kortere stukken wordt gekapt. Dit proces zorgt er tevens voor dat het hout zal krimpen en in dwarse richting zal scheuren. In combinatie met longitudinale scheurvorming ontstaat een karakteristiek kubisch breukpatroon (Morris, 2013).



Figuur 11: Bruinrot in hout (Van de Ven, 2001)

Bruinrotters zijn uitsluitend basidiomyceten en vertegenwoordigen 6% van alle houtrottende schimmelsoorten (de Mattos-Shipley, et al., 2016). Van alle schimmelsoorten hebben zij echter veruit de grootste economische impact (Palfreyman, White, Buultjens, & Glancy, 1995; Maurice, Le Floch, Le Bras-Quéré, & Barbier, 2011; Rayner & Boddy, 1988). Belangrijke soorten zoals de huiszwam (*Serpula lacrymans*), de kelderzwam (*Coniophora puteana*), de poriëzwammen (*Antrodia spp.*) en de plaatjeshoutzwammen (*Gloeophyllum spp.*) behoren allen tot deze bruinrotters en worden erg vaak binnenshuis aangetroffen (Van de Ven, 2001; Gabriel & Svec, 2017). In het geval van de huiszwam staat de bruinrot die deze veroorzaakt ook wel gekend als “droge rot”, omwille van zijn capaciteit tot het aantasten van hout dat erg weinig vocht bevat (de Mattos-Shipley, et al., 2016).

De meeste bruinrotschimmels zijn gekend voor het frequent aantasten van naaldhout (Ryvarden & Gilbertson, 1993), terwijl witrotters vaker voorkomen op loofhout (Schmidt, 2006). Onderzoek naar bruinrotschimmels is in landen als België bijgevolg erg belangrijk aangezien op het noordelijk halfrond voornamelijk naaldhout wordt gebruikt in de bouwsector (Morris, 2013).

Witrot

Witrot ontstaat wanneer schimmels zowel de cellulose, hemicellulose als de lignine in de celwanden van het hout afbreken. Hierdoor krijgt het hout een vezelige structuur en een bleker uitzicht. Er ontstaan witte plekken en de sterkte van het hout neemt hierbij eerder langzaam af (Morris, 2013). Witrotschimmels hebben het voornamelijk gemunt op hout afkomstig van loofbomen (Schmidt, 2006). In Europa is de bruine eikenzwam (*Donkioportia expansa*) de gevaarlijkste en meest voorkomende witrotter (Stienen, Schmidt, & Huckfeldt, 2014).



Figuur 12: Witrot in hout veroorzaakt door *Phanerocheate chrysosporium* (de Mattos-Shipley, et al., 2016)

2.3. Volgorde van kolonisatie

De houtrottende basidiomyceten (HRB) kunnen gewoonlijk niet onmiddellijk van start gaan met het koloniseren van hout. Dit wordt hen meestal verhinderd door concurrentie met een reeks voorgaande organismen, waaronder bacteriën, moulds, stainers en zachtrotters. Zoals reeds vermeld leven de bacteriën, moulds en stainers enkel op de niet-structurele bestanddelen van het hout en kunnen ze geen lignocellulose afbreken. Ze kunnen hout echter zeer snel koloniseren en verteren hierbij de aanwezige koolhydraten, lipiden en proteïnen die ze makkelijk kunnen halen uit het spinthout. De oppervlakteschimmels blijven zich op het hout ontwikkelen tot op het moment dat deze voedingsstoffen zijn verbruikt. De enige koolstofbron die dan nog overblijft is de lignocellulose, welke enkel door houtrotschimmels kan worden afgebroken. De houtrottende basidiomyceten zullen vanaf dit moment overnemen en zullen hierbij ook de zachtrotters wegconcurreren, tenzij er sprake is van conserveermiddel of een hoog vochtgehalte in het hout. De tijd die nodig is voor het wegconcurreren van de oppervlakteschimmels is onder meer afhankelijk van de vochtcondities, en kan weken tot zelfs maanden in beslag nemen (Morris, 2013).

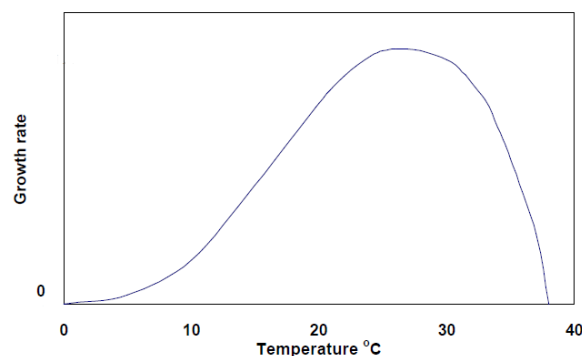
2.4. Conditie nodig voor schimmelgroei

Houtrotschimmels hebben dezelfde basisbehoeften als vele andere organismen: voldoende voedsel, een geschikte temperatuur, zuurstof en water. In geval van aantasting zal het hout zorgen voor nagenoeg alle voedingsstoffen die de schimmel nodig heeft.

2.4.1. Temperatuur

Houtrotschimmels gedijen het best bij temperaturen die ook door mensen als comfortabel ervaren worden. De optimale temperatuur voor schimmelgroei varieert van soort tot soort en ligt vaak tussen 20 en 30 °C (Stienen, Schmidt, & Huckfeldt, 2014). Dit wordt ook bevestigd door Saito et al. (2012) die bij deze temperaturen de hoogste massaverliezen vaststelde. Bij temperaturen hoger of lager dan dit gemiddelde zal de groeisnelheid afnemen. Dit is duidelijk te zien in

Figuur 13.



Figuur 13: Typische invloed van de temperatuur op de groeisnelheid van een houtrottende basidiomycota (Morris, 2013)

De kelderzwam (*Coniophora puteana*) kan bij een temperatuur van 30°C bij relatieve vochtigheden tussen 97 en 100% al na 3 maanden zorgen voor een massaverlies groter dan 30% (Viitanen H. A., 1997). Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat deze resultaten verkregen werden via labotesten waarbij de schimmel voorzien was van de optimale hoeveelheid nutriënten. Bovendien werden ook alle overige niet-onderzochte parameters optimaal gehouden. Daarnaast

hadden de onderzochte samples ook kleine afmetingen waardoor deze makkelijk volledig konden worden overgroeid.

Bij temperaturen hoger dan 46 °C stopt de aangroei van alle houtrottende basidiomyceten (Morris, 2013). Dit wordt bevestigd door Schmidt (2006), die zegt dat T_{max} tussen 25 en 47 °C ligt, afhankelijk van de soort schimmel. Dit betekent niet noodzakelijk dat de schimmels bij een hogere temperatuur meteen zullen sterven. Er wordt gesteld dat schimmels kunnen overleven tot een temperatuur van 60°C.

Bij temperaturen die het vriespunt benaderen, zal de schimmel in een rustfase gaan en zal de aangroei stoppen (Morris, 2013). Dit komt omdat schimmels vloeibaar water nodig hebben voor hun metabolisme en om zich te kunnen ontwikkelen (Schmidt, 2006).

Bij *Coniophora puteana* bijvoorbeeld wordt bij een temperatuur van 0°C na 1 jaar noch groei noch aantasting vastgesteld. Ook 5°C is niet optimaal voor deze schimmel, maar na 6 maanden is bij deze temperatuur aantasting toch duidelijk waarneembaar (Viitanen H. A., 1997).

Reeds meerdere onderzoekers hebben voor deze basidiomycota de optimale temperatuur T_{opt} proberen te bepalen. Wälchli (1977) zei dat deze temperatuur ongeveer 28°C bedraagt. Viitanen en Ritschkoff (1991) daarentegen stelden dat de optimale temperatuur varieert tussen 20 en 32 °C. Schmidt et al. (2002) besloot na onderzoek dan weer dat 22,5 °C de T_{opt} is. Stienen et al. (2014) stelde in zijn onderzoek vast dat de grootste massaverliezen waarneembaar waren bij een temperatuur van 25°C. Het mag dus duidelijk zijn dat er over de exacte waarde nog heel wat onduidelijkheid bestaat.

2.4.2. Zuurstof

Net als alle andere organismen hebben schimmels nood aan zuurstof om te overleven. Het zijn namelijk aerobe organismen (Stienen, Schmidt, & Huckfeldt, 2014). Doorgaans is zuurstof alomtegenwoordig en vormt het geen beperkende factor voor schimmelgroei. Testen hebben overigens aangetoond dat houtrottende basidiomyceten relatief goed bestand zijn tegen een atmosfeer met een laag zuurstofgehalte. Bij normale atmosferische condities bedraagt de zuurstofconcentratie 21% en de groeisnelheid daalt pas wanneer deze concentratie lager komt dan 1 à 2% (Morris, 2013). Dit betekent dat er geen schimmelaantasting kan ontstaan wanneer hout in een anaerobe omgeving terechtkomt, zoals bijvoorbeeld in sedimenten onder water.

2.4.3. Water

Water is veruit de belangrijkste factor die de schimmelgroei beïnvloedt en het controleren en beperken van het houtvochtgehalte vormt de sleutel tot het beheersen van degradatie van houtconstructies. Dit kan onder andere door tijdens het ontwerp van houten constructies erop te letten dat er geen vochtophopingen kunnen ontstaan op bepaalde plaatsen. Voornamelijk ter plaatse van detailleringen in hout wordt extra aandacht aangeraden (Isaksson & Thelandersson, 2013).

Ook volgens Saito et al. (2012) kunnen vochtproblemen, waaruit schimmelgroei kan ontstaan, vermeden worden door rekening te houden met het design van de constructie. Vochtproblemen kunnen voorspeld worden door gebruik te maken van hygrothermische analysemodellen. Deze modellen kunnen de temperatuur aan het vochtgedrag binnenin een woning linken (Hens, 1996). Nofal en Kumaran (1999) (2011) hebben deze modellen gelinkt aan biologische schademodelen. Hieruit kunnen schadevoorspellingen worden gedaan. Deze modellen houden echter geen rekening met het feit dat bepaalde basidiomyceten de cellulose van het hout kunnen afbreken.

Tijdens deze afbraak komt water vrij, en Saito (2012) heeft getracht om dit schimmelgedrag te integreren in het model. In dit model wordt onder andere rekening gehouden met de minimale relatieve vochtigheden van de omgeving om massaverlies te kunnen veroorzaken. Ook de temperatuur die de aantastingssnelheid beïnvloedt wordt in rekening gebracht

De eenvoudigste manier om schimmelgroei te vermijden is door houten elementen zoveel mogelijk te beschermen tegen en weg te houden van water. Beschermen kan door het hout te behandelen. Er bestaan technieken die ervoor zorgen dat de celwanden van het hout minder gemakkelijk water kunnen doorlaten (Ringman, Pilgard, Brischke, & Richter, 2014).

Vochtgehalte

Viitanen en Ritschkoff (1991) stelden dat het vochtgehalte van hout de factor is die de meeste invloed heeft op houtaantasting. Het is ook de enige factor die kan worden beheerst. Het houtvochtgehalte of *moisture content* (MC) wordt uitgedrukt als de verhouding tussen de massa van het water in een houten element ten opzichte van de oven-droge massa van dat element. Bij een levende boom bedraagt het vochtgehalte van het spinhout doorgaans 150 tot 200%, terwijl dat bij het kernhout slechts 30 tot 40% is. Dit verschil wordt veroorzaakt door de sapstroom die in het spinhout in stand wordt gehouden.

Het vochtgehalte heeft een invloed op de celstructuur van het hout. Bij een levende boom blijft de cellulose in de celwanden volledig opgezwollen met water en bedraagt het vochtgehalte van de celwanden ongeveer 27%. Het punt waarbij de celwanden volledig met water verzadigd zijn, maar er zich verder geen vrij water in de cellen bevindt, wordt het vezelverzadigingspunt of *fiber saturation point* (FSP) genoemd. Wanneer hout uitdroogt tot onder dit punt zullen de celwanden vocht verliezen en zal krimp optreden. Bij een snelle uitdroging zullen spanningen in het materiaal ontstaan waardoor het hout zelfs kan barsten (Morris, 2013). Het oven-drogen van constructiehout reduceert de MC doorgaans tot een target van 16% met een maximum van 19% (Morris, 2013).

Het vochtgehalte van hout in verwarmde binnenklimaten varieert tussen 6 en 15% (Sell, 1981). Morris (2013) stelde echter in een recenter onderzoek dat dit vochtgehalte eerder varieert tussen 4 en 10%. Wanneer hout langdurig is blootgesteld aan de buitenlucht, maar er geen regen kan op vallen, ontstaat een evenwicht waarbij de MC typisch tussen 11 en 23% ligt (Sell, 1981). Dit wordt bevestigd door Morris (2013), die de grenzen iets nauwer heeft vastgelegd tussen 12 en 18%. Dit betekent dat in deze omstandigheden hout normaal gezien te droog is voor schimmels (Sell, 1981). Tijdens de wintermaanden kan het vochtgehalte door condensatie echter stijgen tot wel 45%. Hout is tijdens deze periode bijgevolg veel gevoeliger voor aantasting (Dirol & Vergnaud, 1992).

Het vochtgehalte van levend hout wordt bepaald door de sapstromen in het hout, maar bij dood hout zijn er natuurlijk geen sapstromen meer. Het vochtgehalte wordt grotendeels bepaald door de relatieve vochtigheid (relative humidity, RH) van de omgevingslucht. Ook de temperatuur speelt een rol. Onderzoekers trachten deze drie parameters met elkaar te kunnen linken. Bij een typische binnentemperatuur van 20°C veroorzaakt een relatieve vochtigheid van 96% een vochtgehalte in hout van ongeveer 29%. Het is echter heel moeilijk om voor dit verband een eenduidige formule te vinden. Elke houtsoort heeft namelijk ook nog specifieke eigenschappen die dit verband beïnvloeden (Morris, 2013).

Belang van het vochtgehalte voor schimmels

Het vochtgehalte van hout is voor schimmelgroei zeer belangrijk, aangezien zowel de sporen als het mycelium hiervoor vocht vereisen. Dit vocht moeten ze uit het hout kunnen absorberen. Dit vocht is ook nodig om het metabolisme van de schimmel in stand te houden. Het vezelvezelverzadigingspunt speelt bij het onttrekken van vocht uit hout een belangrijke rol. Wanneer het vochtgehalte lager ligt dan het FSP kunnen sporen moeilijk water uit het hout onttrekken. Dit komt omdat er in die situatie enkel nog water in de celwanden aanwezig is en het hout hier grote zuigkrachten op uitoefent. De vochtcondities worden op dat ogenblik dus kritisch voor de schimmel (Meyer & Brischke, 2015). Meer uitleg over het FSP volgt in volgende paragraaf.

Het is belangrijk om op te merken dat schimmels niet dezelfde vochtgehalten vereisen om te kunnen groeien dan om te kunnen aantasten. Het minimale vochtgehalte voor kolonisatie ligt lager dan dat voor aantasting. Zo hebben Huckfeldt en Schmidt (2006) bij spinhout van grenen vastgesteld dat de minimale MC voor kolonisatie varieert tussen 18% en 30% en dat deze voor degradatie varieert tussen 22% en 37%. Morris (2013) stelt dan weer dat het minimale vochtgehalte, nodig voor voortschrijdende degradatie, ligt tussen 22 en 24% MC. Vaak wordt 20% MC aanzien als een maximale veilige waarde waaronder degradatie niet zal plaatsvinden. In Eurocode 5 (2005), de Europese norm voor het ontwerp van houtconstructies, wordt in kader van duurzaamheid verwezen naar de norm EN 335 (2013), waarin wordt gesteld dat een MC boven 20% meestal nodig is voor de ontwikkeling van schimmels.

Naast de minimale waarden van het vochtgehalte zijn onderzoekers ook reeds op zoek gegaan naar waarden voor het optimale en het maximale vochtgehalte. Deze waarden variëren enorm tussen schimmelsoorten onderling. Voor sommige soorten is dit 36%, voor andere kan dit gaan tot 210%. De maximale vochtgehalten variëren dan weer tussen 184% en 262% (Huckfeldt & Schmidt, 2006). Morris (2013) stelt dan weer dat de bovengrens voor degradatie varieert tussen 100 en 250% MC en dat dit afhankelijk is van de dichtheid van het hout.

Moulds

Wanneer specifiek naar moulds gekeken wordt, blijkt uit onderzoek dat sommige moulds zich reeds op hout kunnen ontwikkelen bij een MC van 15 tot 20%. De groei en sporenproductie is in deze situaties echter zeer beperkt. De meeste moulds hebben namelijk een MC boven 20% nodig voor hun groei en sporenproductie (Morris, 2013).

Basidiomyceten

Een vochtgehalte van 20% wordt aanzien als een veilig vochtgehalte waarbij hout beschermd zou zijn tegen aantasting van alle soorten basidiomyceten (Morris, 2013).

Een belangrijke opmerking die dient te worden gemaakt is dat wanneer hout met een vochtgehalte, gunstig voor schimmelgroei, uitdroogt bij normale temperaturen onder de 60°C, de schimmels dan niet direct sterven. In plaats daarvan gaan ze in een rustperiode. Wanneer later opnieuw voldoende vocht in het hout terecht komt kan het degradatieproces opnieuw van start gaan. Houtrottende basidiomyceten kunnen tot 9 jaar overleven bij vochtgehalten van slechts 12%. Als het hout na enige tijd terug vochtiger wordt, dan ligt het optimale vochtgehalte voor verdere degradatie tussen 40 en 80% (Morris, 2013).

Viitanen (1997) stelt dat de minimale luchtvochtigheid voor het ontstaan van degradatie bij grenenhout tussen 90 en 92% ligt. Bij vurenhout varieert dit tussen 87 en 88%. Deze bevindingen werden gedaan bij een temperatuur van 30°C en *Coniophora puteana* werd gebruikt als schimmel.

Stienen (2014) deed onderzoek naar de vochtgehaltes waarbij *Coniophora puteana* voor aantasting kan zorgen. Uit het onderzoek blijkt het minimale vochtgehalte MC_{min} rond 27,4% te liggen. Maximale massaverliezen worden vastgesteld bij MC's tussen 49 en 64%. Dit wordt bevestigd door Viitanen en Ritschkoff (1991), Schmidt (2006) en Ammer (1963). Volgens deze onderzoekers ligt het optimale vochtgehalte voor aantasting tussen 30 en 70%. Het maximale vochtgehalte MC_{max} waarbij nog groei wordt vastgesteld ligt tussen 200 (Stienen, Schmidt, & Huckfeldt, 2014) en 210 % (Huckfeldt & Schmidt, 2006).

Vezelvezadigingspunt (FSP)

Het vezelvezadigingspunt komt bij de meeste Europese houtsoorten overeen met een vochtgehalte van ongeveer 30% (Stienen, Schmidt, & Huckfeldt, 2014). Elke houtsoort heeft echter andere eigenschappen dus specifiek onderzoek is vereist om hierover exacte cijfers te kunnen geven. Bepaalde houtsoorten hebben namelijk celwanden die vocht sneller kunnen doorlaten en opnemen dan andere (Popper & Niemz, 2009). Deze doorlatendheid kan beperkt worden door chemische en thermische behandeling van het hout. Zulke behandelingen zorgen er hoofdzakelijk voor dat het evenwichtsvochtgehalte van hout daalt (Meyer, Brischke, Treu, & Larsson-Brelid, 2014). Het FSP kan echter ook worden verhoogd. Dit kan bijvoorbeeld door hout te behandelen met bepaalde zoutoplossingen (Brischke & Lampen, 2014). Deze verhogen de zuigkrachten van het hout. Een hoger FSP lijkt interessant want dat zou betekenen dat schimmelaantasting pas zou kunnen beginnen bij hogere vochtgehaltes (Meyer & Brischke, 2015).

Het FSP van een houtblok kan via een eenvoudig proces worden bepaald. Eerst wordt het blokje geplaatst in een oven aan 103 °C tot het blokje een constante massa m_0 krijgt. Vervolgens wordt het blokje in een klimaatkamer geplaatst waar de temperatuur constant 20 °C is. In de klimaatkamer wordt met behulp van gedeïoniseerd water gezorgd voor een constante relatieve vochtigheid RH van 100%. Om er zeker van te zijn dat die RH overal heerst wordt de klimaatkamer ook nog geventileerd. Opnieuw wordt er gewacht tot het blokje een constante massa m_{FSP} bereikt. Eens dit het geval is kan aan de hand van volgende formule het vezelvezadigingspunt worden bepaald.

$$FSP = 100 * \frac{(m_{FSP} - m_0)}{m_0} \quad (1)$$

Om met zekerheid het FSP te kunnen vinden van een bepaalde houtsoort, dient deze test meerdere keren te worden gereproduceerd om fouten te vermijden en wordt uit de resultaten een gemiddelde waarde genomen (Meyer & Brischke, 2015).

Vochtgehaltes lager dan FSP

Onderzoek heeft echter reeds uitgewezen dat hout, met een vochtgehalte lager dan het vezelvezadigingspunt, in vele gevallen toch nog vatbaar is voor schimmelaantasting. In het verleden hebben testen namelijk al aangetoond dat er ook schimmelsoorten zijn, voornamelijk basidiomyceten, die voor aantasting kunnen zorgen bij lagere vochtgehaltes. De meeste houtrottende schimmels hebben de capaciteit om hout te koloniseren onder het FSP, waarschijnlijk tot een MC van rond de 20% (Morris, 2013). Meyer (2015) stelde zelf vast dat er reeds schimmeldegradatie optrad bij een MC van 16,3%, terwijl het berekende FSP op 34,6% lag. De voorwaarde voor dit fenomeen is de aanwezigheid van een externe vochtbron (Stienen, Schmidt, & Huckfeldt, 2014), (Meyer & Brischke, 2015). Schmidt (2006) stelde dat basidiomyceten de eigenschap hebben om vocht te transporteren via hun mycelium, en in mindere mate ook via hun strengen.

Deze eigenschap werd door Stienen (2014) aan de hand van enkele pile-testen bewezen. Er werd gewerkt met twee identieke piles. De ene was geïnoculeerd met een schimmel, de andere niet. Deze laatste wordt de controlepile genoemd. Beide piles werden geplaatst in een erlenmeyer met onderaan een laag agar, die dienst deed als vochtbron. Na verloop van tijd werd gemerkt dat de vochtgehaltes van de blokjes van de geïnoculeerde pile veel hoger lagen dan bij de blokjes van de controlepile. Aangezien de overige omstandigheden identiek waren, is dit verschil duidelijk te wijten aan de aanwezigheid van de schimmel.

Stienen toonde deze eigenschap ook nog op een tweede manier aan. Opnieuw werd er gewerkt met twee piles: een testpile voorzien van een metalen ring tussen niveau 7 en 8 en een controlepile zonder deze metalen ring. Beide piles werden aan gelijkaardige omstandigheden blootgesteld (beiden deze keer geïnoculeerd). De metalen ring zorgde ervoor dat er een vochtbarrière ontstond, waardoor het vocht niet rechtstreeks door het hout naar hogere niveaus kon worden getransporteerd. Toch werd er na verloop van tijd vastgesteld dat blokjes die op hetzelfde niveau waren gesitueerd in beide piles, ongeveer hetzelfde vochtgehalte hadden. Dit kon enkel verklaard worden door aan te nemen dat er vochttransport was opgetreden via het mycelium van de schimmel (Stienen, Schmidt, & Huckfeldt, 2014).

Dankzij deze bewezen eigenschap kan een schimmel over een inert materiaal heen vocht naar te droog hout brengen (Morris, 2013). Aan de groei-einden van de schimmel worden waterdruppels afgescheiden door jonge hyfen waterdruppels. Zo wordt er een microklimaat gecreëerd en kunnen schimmels op hout, dat oorspronkelijk te droog was, toch tot ontwikkeling komen. De echte huiszwam (*Serpula lacrymans*) staat gekend als een zeer agressieve schimmel die vaak voorkomt in Europa. Deze kan reeds bij slechte vochtomstandigheden voor aantasting zorgen. Dit komt onder meer doordat deze schimmel de zonet besproken eigenschap bezit (Morris, 2013).

Wateractiviteit

Naast het vochtgehalte MC zijn er nog andere factoren die bepalend zijn of schimmels water uit hout kunnen halen (Schmidt, 2006). Een van deze factoren is de wateractiviteit a_w [-]. Een andere benaming voor deze factor is de relatieve dampdruk van een substraat (hout in dit geval). Dit kan worden berekend met behulp van volgende formule:

$$a_w = \frac{p}{p_0} \quad (2)$$

Hierbij zijn:

- p = de dampdruk in het substraat [Pa]
- p_0 = de druk in zuiver water [Pa]

Onderzoek heeft uitgewezen dat wanneer hout zich op het FSP bevindt, de wateractiviteit gelijk is aan 0,9993. Dit is de minimale waarde voor de meeste schimmels. Verder is reeds aangetoond dat onder een a_w van 0,6 geen microscopisch leven meer kan voorkomen (Stienen, Schmidt, & Huckfeldt, 2014).

Waterpotentiaal

Een volgende factor die betrekking heeft op de beschikbaarheid van water is het waterpotentiaal [MPa]. Deze factor is vooral belangrijk bij lage vochtgehaltes. Dit is de negatieve druk die nodig is om water uit een substraat te kunnen onttrekken (Griffin, 1977). Als hout een vochtgehalte heeft dat overeenstemt met het vezelverzadigingspunt, dan is het waterpotentiaal ongeveer gelijk aan -0,1 MPa. Onderzoek heeft uitgewezen dat de schimmel *Serpula lacrymans* tot -6MPa aan druk kan ontwikkelen. Dit betekent dat deze schimmel zich weldegelijk nog kan ontwikkelen onder het FSP (Clarke, Jennings, & Coggins, 1980).

Invloed van vocht dat vrijkomt bij aantasting

Tijdens de degradatie van hout breken houtrottende basidiomyceten de cellulose van het hout af via enzymatische reacties (Saito, Fukuda, & Sawachi, 2012). Tijdens deze reacties komen zowel koolstofdioxide CO₂ als water H₂O (ongeveer 56% van de reactieproducten is water (Schmidt, 2006)) vrij. Deze reacties zijn op te delen in 2 biochemische reacties: hydrolyse en aerobische degradatie. Tijdens een hydrolyse wordt een molecule water toegevoegd aan een stof. Dit zorgt ervoor dat nieuwe stoffen ontstaan. Zo zal cellulose via cellulase worden omgezet in cellobiose, waarna dit verder via beta-glucosidase wordt omgezet in glucose (Huang & Fu, 2013). Deze reacties vallen verder buiten het bereik van deze thesis.

Deze reacties zorgen er dus voor dat er tijdens de aantasting meer en meer water in het hout vrijkomt. Een deel van dit geproduceerde water zal vrijkomen en kan worden opgenomen door het hout, waardoor het vochtgehalte van dit hout stijgt. Niet al het water komt echter zomaar vrij. Een deel van de omgezette koolhydraten gebruikt de schimmel namelijk om zijn eigen metabolisme in stand te houden en om te kunnen groeien. De toename van het vochtgehalte door vrijkomend water na degradatie wordt dan ook overschat (Schmidt, 2006).

2.4.4. pH-waarde

Onderzoek heeft uitgewezen dat ook de pH-waarde een invloed heeft op de groei van schimmels. Een lichtzure pH-waarde van 5 blijkt de meest optimale te zijn (Stienen, Schmidt, & Huckfeldt, 2014).

2.5. Natuurlijke duurzaamheid

De natuurlijke weerstand van hout tegenover verscheidene vormen van biologische degradatie wordt beïnvloed door vele factoren. Om deze reden kunnen geen eenvoudige, definitieve uitspraken worden gedaan omtrent de biologische duurzaamheid van hout zonder de aanwezigheid van voldoende en nauwkeurige testdata. De Eurocode 5 raadt in kader van duurzaamheid aan dat constructiehout steeds een adequate natuurlijke duurzaamheid moeten hebben, bepaald volgens de norm EN350 (2016). Op basis van deze norm worden hout en houtproducten getest en ingedeeld in verschillende duurzaamheidsklassen volgens hun weerstand tegenover biologische organismen. De duurzaamheid wordt hierbij getest aan de hand van testmethodes die worden beschreven in enkele andere Europese normen.

De weerstand van hout en houtproducten tegenover houtrotschimmels wordt in de norm ingedeeld in vijf duurzaamheidsklassen, gaande van klasse 1 (zeer duurzaam) naar klasse 5 (niet duurzaam). De duurzaamheidsklassen gelden echter enkel voor kernhout. Spinhout wordt namelijk steeds beschouwd als zijnde niet-duurzaam, tenzij testdata dit tegensprekt.

Durability class	Description
DC 1	Very durable
DC 2	Durable
DC 3	Moderately durable
DC 4	Slightly durable
DC 5	Not durable

Figuur 14: Duurzaamheidsklassen van hout en houtproducten tegenover aantasting door houtrotschimmels (EN350, 2016)

Oorspronkelijk werd deze vijfdelige classificatie opgesteld om de prestaties te kunnen voorspellen van hout dat in contact met de grond staat, meer bepaald met gebruikscondities die in de norm EN 335 (2013) voor gebruiksklasse 4 worden gedefinieerd. De meeste testdata die houtsoorten in bovenstaande klassen indelen zijn dan ook gebaseerd op zogenaamde veldtesten. Dit zijn testen die een houtsoort of -product blootstellen aan verschillende gebruiksomgevingen, zoals bovengrondse of ondergrondse toepassingen, en hen onderwerpen aan een brede waaier aan organismen en weersinvloeden.

Om de weerstand tegenover welbepaalde specifieke houtrotschimmels te kunnen inschatten kan echter beroep gedaan worden op zogenaamde labotesten. Deze testen zijn veel specifieker aangezien zij onder volledig gecontroleerde condities worden uitgevoerd. De verschillende parameters die invloed hebben op de schimmelgroei kunnen hier opgevolgd en geregeld worden waardoor de schimmel het hout in een ideale omgeving kan aantasten. In de norm EN350 (2016) wordt de duurzaamheid van massief hout of massieve houtproducten tegenover houtrottende basidiomyceten en zachtrotters dan ook ingedeeld op basis van labotesten. De weerstand tegenover houtrottende basidiomyceten wordt bepaald aan de hand van de norm CEN/TS 15083-1 (2006), en de weerstand tegenover zachtrotters wordt getest volgens CEN/TS 15083-2 (2006). De duurzaamheidsklasse van het geteste hout volgt bij de beschreven testmethoden uit het massaverlies van de geteste houtsamples.

Durability class	Description	Percentage mass loss (ML)
DC 1	Very durable	ML ≤ 5
DC 2	Durable	5 < ML ≤ 10
DC 3	Moderately durable	10 < ML ≤ 15
DC 4	Slightly durable	15 < ML ≤ 30
DC 5	Not durable	30 < ML
ML = highest of the median mass losses (in %) determined for test specimens exposed to each of the used test fungi		

Figuur 15: Duurzaamheidsklassen van massief hout tegenover houtrottende basidiomyceten (EN350, 2016)

Voor het bepalen van de duurzaamheid van niet-massieve houtproducten zoals hout-gebaseerd plaatmateriaal wordt de testprocedure in ENV 12038 gehanteerd.

De norm EN350 (2016) bevat ook een omvangrijke lijst waarin de natuurlijke duurzaamheid, evenals de behandelbaarheid wordt weergegeven voor houtsoorten die in Europa worden verhandeld. De data die in deze tabellen wordt weergegeven is gebaseerd op verschillende bronnen, waaronder historische gegevens, praktische ervaring, labotesten, veldtesten en andere databronnen.

In België wordt voor het optrekken van houten constructies voornamelijk naaldhout gebruikt. Naaldhoutsoorten hebben namelijk een uitstekende kwaliteit in verhouding tot hun prijs en zijn overvloedig beschikbaar in de Europese bossen. Vuren- en grenenhout behoren hierdoor tot de meest gebruikte houtsoorten in België (Morris, 2013). Vurenhout is afkomstig van de fijnspar (*Picea abies* Karst.), een naaldboomsoort die ruim verspreid is in België. Grenenhout komt van de grove den (*Pinus sylvestris* L.), eveneens een boomsoort die talrijk aanwezig is in het land.

Wanneer onbehandeld zijn vuren en grenen relatief niet-duurzame houtsoorten. Op basis van veldtesten wordt het kernhout van de fijnspar volgens EN350 (2016) ingedeeld in duurzaamheidsklasse 4 (weinig duurzaam). Het kernhout van de grove den krijgt hier een duurzaamheidsklasse van 3 tot 4 (matig tot weinig duurzaam). Op basis van labotesten wordt het kernhout van vuren ingedeeld in klassen 4 tot 5 (weinig tot niet duurzaam), terwijl dat van grenen hier in klassen 2 tot 5 (duurzaam tot niet duurzaam) wordt ingedeeld. De variatie in duurzaamheid tegenover houtrotschimmels blijkt bij grenen dus erg groot te zijn.

2.5.1. CEN/TS 15083-1

Bij de labotest CEN/TS 15083-1 (2006) worden houtsamples in een laboratorium blootgesteld aan een cultuur van een houtrottende basidiomycota. In alle gevallen is bij deze test het gebruik van de schimmel *Coniophora puteana* verplicht. Bij het testen van naaldhout is ook het gebruik van *Poria placenta* verplicht.

Voorbereiding testsamples

Van de te testen houtsoort worden per testschimmel minstens 30 testsamples voorbereid met afmetingen van 50x25x15 mm. Daarnaast worden ook minimaal 10 referentiesamples met dezelfde afmetingen voorbereid van een bepaalde referentiehoutsoort. Bij het testen van naaldhout is dit steeds het spinthout van de grove den (*Pinus sylvestris*).

De testsamples worden onderverdeeld in gewone testsamples en MC-testsamples. De gewone testsamples worden blootgesteld aan de relevante houtrotschimmel, terwijl de MC-testsamples worden gebruikt om het vochtgehalte van het hout te controleren.

De referentiesamples worden genummerd en gedurende 18 tot 24 uur gedroogd in een oven bij 103 °C. Vervolgens worden ze in een desiccator geplaatst tot ze zijn afgekoeld en worden ze gewogen tot op 0,01 g. Dit geeft de initiële droge massa m_0 van deze samples. De samples worden dan in een klimaatkamer geplaatst met een temperatuur van 20 °C en een relatieve vochtigheid van 65%

De testsamples en MC-testsamples worden genummerd en in de klimaatkamer geplaatst. Ze worden hier geconditioneerd tot metingen van hun gewicht om de 24 uur niet meer dan 0,01 g variëren. Alle samples worden dan gewogen, wat de initiële geconditioneerde massa m_1 van alle testsamples geeft. De MC-testsamples worden vervolgens uit de klimaatkast gehaald en gedroogd in de oven. Na afkoeling worden ze gewogen ter bepaling van hun ovendroge massa m_0 . Daarna kan de *moisture content* mc van de MC-testsamples berekend volgens:

$$mc = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \quad (3)$$

Tenslotte kan de gemiddelde *moisture content* (MC) van alle MC-testsamples berekend worden. Aan de hand van dit gemiddelde kan de initiële droge massa m_i van alle testsamples bepaald worden met volgende vergelijking:

$$m_i = m_1 \frac{100}{100 + MC} \quad (4)$$

Op deze manier hoeven niet alle testsamples ovendroog te worden gemaakt.

Voorbereiding cultuurmedium

De testsamples worden op een cultuurmedium geplaatst dat wordt bereid uit een mengsel van agarpoeder, maltextract en water. Dit mengsel wordt opgewarmd tijdens de bereiding en wordt daarna in geschikte containers gegoten, zoals Kolle-cultuurkolven. Deze containers worden vervolgens afgesloten en gesteriliseerd in een autoclaaf.

Blootstelling aan schimmel

Het cultuurmedium wordt in de containers geïnoculeerd met een inoculum dat wordt verkregen uit een actieve schimmelcultuur die niet meer dan 4 weken oud is. Na inoculatie worden de containers in een donkere cultuurkast geplaatst bij 22 °C en 70% relatieve vochtigheid. Eens het mycelium van de schimmel het oppervlak van het cultuurmedium volledig heeft overgroeid worden in elke container steriele steunen geplaatst waarop twee gesteriliseerde testsamples worden geplaatst. De containers worden vervolgens terug in de cultuurkast geplaatst en worden 16 weken met rust gelaten.

Resultaat

Op het einde van de test worden de testsamples uit de containers gehaald en wordt het mycelium voorzichtig van de samples verwijderd. De samples worden gewogen (m_2) en worden terug in de oven geplaatst. Na afkoeling wordt finale droge massa m_3 van de samples bepaald. Uit deze laatste waarden kan het finale vochtgehalte van de samples berekend worden als een percentage van de finale droge massa m_3 met:

$$mc = \frac{m_2 - m_3}{m_3} \quad (5)$$

Ook het gemiddelde finale vochtgehalte MC wordt opnieuw berekend.

Tenslotte wordt het massaverlies ML van ieder testsample berekend als een percentage van de initiële droge massa m_i :

$$ML = \frac{m_i - m_3}{m_i} \quad (6)$$

Voor iedere testschimmel wordt de mediaan van het massaverlies van de testsamples bepaald, evenals de mediaan van alle samples (inclusief de referentiesamples). Ook het gemiddeld massaverlies van de referentiesamples wordt berekend.

De resultaten zijn enkel geldig wanneer het gemiddelde massaverlies van de referentiesamples minstens even hoog is als bepaalde minimumwaarden. Voor spinthout van de grove den dient het massaverlies bij blootstelling aan *Coniophora puteana* na 16 weken minimaal 30% bedragen. Bij blootstelling aan *Poria placenta* bedraagt deze minimumwaarde 20%.

Op basis van de resultaten wordt een testrapport opgesteld waarin een duurzaamheidsklasse wordt toegekend aan de geteste houtsoort.

2.6. Bemerkingen bij de bestaande testmethoden

Zoals reeds aangehaald vormt het vochtgehalte van het hout een erg belangrijke factor in de mate waarin hout wordt aangetast door houtrotschimmels. In de hierboven beschreven standaard testmethode wordt echter geen rekening gehouden met de invloed van de relatieve vochtigheid en van het vochtgehalte (*moisture content*, MC) van de houtsamples op het massaverlies (*mass loss*, ML).

In de praktijk is het belangrijk om te weten in welke situaties, meer bepaald vanaf welk vochtgehalte, schade kan optreden aan houten elementen. Om deze reden wordt veel onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen de relatieve vochtigheid van de omgeving, de *moisture content* van het hout en het opgetreden massaverlies.

Zoals reeds aangehaald is het belangrijk een onderscheid te maken tussen veldtesten en labotesten. Bij veldtesten is de MC enkel op het einde van het experiment gekend en afhankelijk van de buitencondities.

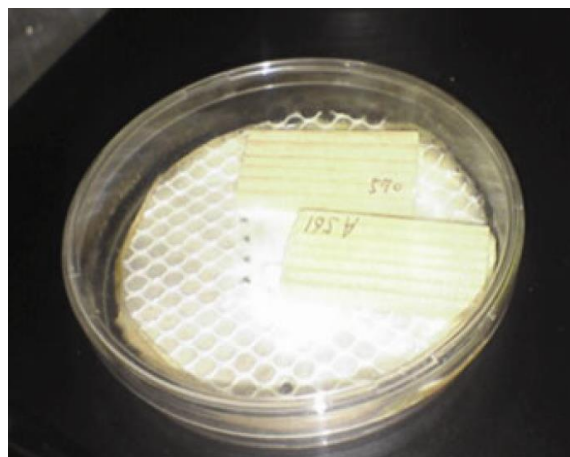
Bij labotesten kan de relatieve vochtigheid van de omgeving worden gecontroleerd. Een belangrijk punt blijkt hier het vezelverzadigingspunt te zijn. Er bestaan echter tegenstrijdige resultaten wat betreft de mogelijkheid tot aantasting boven of onder dit vezelverzadigingspunt. Daarnaast worden ook hier de *moisture content* en het massaverlies niet doorheen de test opgevolgd en aan elkaar gerelateerd. De *moisture content* is enkel op het einde van het experiment gekend.

2.7. Bestaand onderzoek

2.7.1. Mini-blocktest

Reeds in 1938 voerden Bavendamm en Reichelt schimmelgroeitesten uit op kleine houtblokjes. Bij dit experiment werd er gewerkt met agar en zagemeel als externe vochtbron. Om het vochtgehalte te controleren werd er gebruik gemaakt van verzadigde zoutoplossingen. Bij dit onderzoek werd op zoek gegaan naar de minimale RH om een massaverlies te bekomen, hoger dan 2% (Bavendamm & Reichelt, 1938). De eerste onderzoeker die trachtte om de belangrijkste vochtgehaltengrenzen (minimaal, maximaal, optimaal) in kaart te brengen voor bepaalde schimmelsoorten was Theden (1941). Theden stelde in dat onderzoek ook dat zowel ongeïnfekteerde blokjes, reeds geïnfekteerde blokjes als blokjes die reeds aangetast waren waarna ze opnieuw werden gedroogd en bevochtigd, steeds andere vochtomstandigheden vereisen. Aantasting bij vochtgehaltes onder het vezelverzadigingspunt werd door Theden niet vastgesteld. De reden hiervoor was dat de vochtgehaltes van de blokjes pas voor het eerst gemeten waren na 4 maanden. Op dat moment was het vochtgehalte in alle blokjes reeds veel hoger dan het FSP (Brischke, Soetbeer, & Meyer, 2017). Ammer (1963) was de eerste die aantasting vaststelde onder het FSP. In dit onderzoek werd ook gezien dat schimmels invloed hebben op het evenwichtsvochtgehalte van hout. Dit evenwicht ontstaat wanneer hout aan een constante RH wordt blootgesteld.

De meeste mini-blocktesten worden uitgevoerd met behulp van een externe vochtbron. Schimmels kunnen via hun mycelium vocht en voedingsstoffen transporteren naar de houtblokjes. Deze worden gehaald uit de externe vochtbron, meestal agar. Zolang er voldoende agar aanwezig is, kunnen de schimmels dit proces blijven herhalen. Hierdoor is het zeer moeilijk om een vochtevenwicht te vinden. Saito (2012) besloot om na te gaan wat de invloed van agar is op de resultaten door een mini-blocktest uit te voeren waarbij de blokjes geplaatst worden in petrischalen zonder agar. Volgende stappen werden gevolgd: Eerst werden de blokken geïnoculeerd met bruinrotter *Fomitopsis palustris* door deze op een petrischaal met agar te plaatsen. De petrischaal was reeds op voorhand met de schimmel geïnoculeerd. Om direct contact tussen de agar en de blokjes te vermijden, werd gebruik gemaakt van een rooster.



Figuur 16: Mini-blocks in petrischaal gescheiden van de agar via rooster (Saito, Fukuda, & Sawachi, 2012)

Zodra de schimmel duidelijk op de blokjes aanwezig was, werden de blokjes verplaatst naar een nieuwe petrischaal zonder agar. De RH van de proefopstelling werd bepaald met behulp van zoutoplossingen.

Door de testresultaten van Saito's proef te vergelijken met de resultaten van een gelijkaardige mini-blocktest waarbij de blokjes wel op agar werden geplaatst, kon de invloed van agar op het massaverlies worden bepaald. Bij de proef met agar werden massaverliezen vastgesteld die tot driemaal groter waren dan bij de proef zonder agar. Ook werd vastgesteld dat er onder relatieve vochtigheden van 100% geen aantasting voorkwam, terwijl dit bij proeven met agar wel het geval was. Dit alles wijst er op dat agar een grote invloed heeft op de testresultaten. Aangezien schimmels die binnenshuis voorkomen in normale omstandigheden geen agar of andere vochtbron in de nabije omgeving hebben, kan besloten worden dat de proef zonder agar meer waarheidsgetrouwe resultaten reflecteert en dus meer aanleunt bij effectieve blootstellingscondities (Saito, Fukuda, & Sawachi, 2012).

Ook de temperatuur speelt een belangrijke rol bij schimmelaantasting en ook deze invloed kan worden onderzocht met behulp van de mini-blocktest. Zo voerden Saito et al. (2012) zijn experimenten uit bij verschillende temperaturen. Er kon duidelijk vastgesteld worden dat schimmels bepaalde temperaturen prefereren boven andere. T_{opt} komt niet noodzakelijk overeen met de hoogste temperatuur. Om te weten te komen welke temperatuur dan de meest optimale is, wordt gekeken naar de proefopstelling die het hoogste massaverlies veroorzaakt.

Een belangrijke opmerking die bij deze test dient te worden gemaakt is dat deze test wordt uitgevoerd in steriele omstandigheden. Zo moeten de schimmels geen concurrentiestrijd uitvoeren met andere types. De resultaten die worden bekomen zullen dus niet volledig overeenstemmen met de werkelijkheid, maar zullen deze wel benaderen (Brischke, Soetbeer, & Meyer, 2017).

Het is duidelijk dat aan de hand van een mini-blocktest heel wat parameters die schimmelgroei beïnvloeden kunnen worden onderzocht. Er zijn ook meerdere variabele proefopstellingen mogelijk. Een mogelijke variabele proefopstelling is bijvoorbeeld een opstelling waarbij de blokjes worden geïnoculeerd door deze in contact te brengen met reeds geïnoculeerde blokjes (Brischke, Soetbeer, & Meyer, 2017). Het is echter nog niet duidelijk welk van deze opstellingen de meest realistische resultaten oplevert die het best overeenkomen met de werkelijkheid.

Verzadigde zoutoplossingen

Door de concentratie van een bepaald zout in een oplossing te laten variëren, kunnen verschillende relatieve vochtigheden worden gecreëerd. Wanneer er met natriumchloride wordt gewerkt, kan een relatieve vochtigheid van 75% worden bereikt als de oplossing verzadigd is. Wanneer de oplossing niet volledig verzadigd is, en er dus in verhouding meer water in de oplossing aanwezig is, zal de RH hoger liggen (Bavendamm & Reichelt, 1938). Puur water zorgt voor een RH van 100%. Om er tijdens proeven zeker van te zijn dat een oplossing op elk moment verzadigd is, wordt er voor gezorgd dat de zoutoplossingen oververzadigd zijn. Bij oververzadiging worden zoutkristallen gevormd of is er een duidelijke neerslag van zout op de bodem waar te nemen (Brischke, Soetbeer, & Meyer, 2017).

2.7.2. Pile-test

De pile-test is een specifieke proef waarbij onderzoekers al decennia lang op zoek zijn naar een zo goed mogelijke proefopstelling. De proef heeft net als de meeste andere bestaande testen als doel de invloed van zowel de temperatuur als het vochtgehalte te kunnen linken aan schimmelactiviteit. Reeds in 1934 werd dit onderzocht door Cartwright en Findlay (1934). Bij de test worden kleine houtblokjes gestapeld volgens een bepaald patroon om samen een toren te vormen. Het doel van blokjes op elkaar te stapelen is het creëren van een vochtgradiënt (Schmidt, Moreth, & Liese, 1996). De eerste onderzoeker die op zoek is gegaan naar een proefopstelling die zulke gradiënt creëert was Ammer (1963).

Schmidt et al. (1996) waren de pioniers in het uitvoeren van een eerste echte pile-test. Hiervoor werden torens van houtblokjes gebouwd, die achteraf werden geplaatst in een erlenmeyer met onderaan een agarlaag. De blokjes werden vooraf geïnoculeerd met een schimmel. Spontane waterdiffusie zorgde vervolgens voor het ontstaan van een vochtgradiënt (Schmidt, Moreth, & Liese, 1996). Later verfijnde Huckfeldt (2003) de proefopstelling van Schmidt en werd de focus door hem voornamelijk gelegd op basidiomyceten, aangezien dit de gevaarlijkste schimmelsoort is die binnenshuis voorkomt. De proeven van Huckfeldt werden uitgevoerd bij een constante temperatuur van 20°C. De binnentemperatuur in een woning is echter niet constant 20°C. Stienen (2014) voerde bijgevolg gelijkaardige testen uit, rekening houdende met andere temperaturen. Er werden testen uitgevoerd bij 10, 15, 20 en 25 °C. Meyer en Brischke (2015) voerden gelijkaardige testen uit.

Vochtgradiënt

De reden waarom het creëren van een vochtgradiënt belangrijk is, is dat op basis hiervan de minimale en optimale vochtgehaltenes voor zowel de groei van als voor de degradatie door schimmels in kaart kunnen worden gebracht. De doel van de toren is het creëren van verschillende niveaus. Elk blokje dat zich op een bepaald niveau bevindt, moet een vochtgehalte hebben dat iets lager is dan het blokje van het niveau eronder. Om te weten of er een gradiënt aanwezig is in de toren, dient voor elk blokje het vochtgehalte bepaald te worden. Vanaf een bepaald niveau in de toren zal er geen schimmelgroei meer waarneembaar zijn aan de oppervlakte van de blokjes.



Figuur 17: Pile-test uitgevoerd met *Trametes versicolor*, duidelijke grens van schimmelgroei aan de oppervlakte vanaf een bepaald niveau (Meyer & Brischke, 2015)

De vochtomstandigheden zijn op dat niveau niet meer gunstig genoeg voor de schimmel om nog te kunnen ontwikkelen. Dit betekent echter niet noodzakelijk dat het vochtgehalte op dit niveau overeenkomt met de vochtdrempel $MC_{\min, \text{ groei}}$ voor schimmelgroei. Schimmels kunnen zich namelijk ook inwendig in het hout ontwikkelen. *Coniophora puteana* is hier een goed voorbeeld van. Deze bruinrotter groeit voor het merendeel inwendig en in mindere mate op de oppervlakte van hout (Schmidt, 2006). Interne myceliumgroei wordt meestal tot op een hoger niveau vastgesteld (Meyer & Brischke, 2015).

Ook de vochtdrempel $MC_{\min, \text{ degradatie}}$ voor degradatie kan met behulp van de pile-test worden bepaald. Hiervoor wordt er gekeken naar het massaverlies. Bij de meeste houtsoorten wordt vastgesteld dat hoe lager de blokjes zich bevinden in de pile, hoe hoger het vochtgehalte van de blokjes is, en dus bijgevolg ook hoe groter het vermoedelijke massaverlies zal zijn. Meyer (2015) en Schmidt et al. (1996) stelden echter vast dat deze stelling niet geldig is voor alle houtsoorten. Zo werd bij houtblokjes afkomstig van de Douglasspar het grootste massaverlies en de hoogste MC ergens in het midden van de pile vastgesteld (Meyer & Brischke, 2015) (Schmidt, Moreth, & Liese, 1996). Om de drempel te bepalen moeten het vochtgehalte en het massaverlies met elkaar in verband worden gebracht. In de meeste onderzoeken wordt gesteld dat de vochtgehaltedrempel voor schimmelaantasting overeenstemt met de omstandigheden waarbij een ML van minstens 2% wordt vastgesteld. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze drempel afhankelijk is van de periode waarover een experiment loopt. Sommige schimmels hebben meer tijd nodig dan anderen om zich te kunnen ontwikkelen. Dit betekent dat het mogelijk is dat na verloop van tijd, bij lagere vochtgehaltenes, toch ook een massaverlies van meer dan 2% wordt vastgesteld. Daarom is het belangrijk om zulke testen te laten doorgaan over een aanzienlijke periode van tijd (Meyer & Brischke, 2015).

Meyer (2015) stelde bij het uitvoeren van de pile-test ook nog iets anders opvallends vast. Wanneer de test uitgevoerd werd met hout afkomstig van de Douglasspar, dan vertoonden bepaalde blokken, afkomstig uit de bovenste niveaus van de pile, een negatief massaverlies wanneer er werd gewerkt met *Coniophora puteana*. Een mogelijke verklaring hiervoor was dat er in de blokjes mycelium was gegroeid waarbij de massa van het mycelium hoger was dan het massaverlies door aantasting (Huckfeldt & Schmidt, 2006).

De pile-test is uitvoerbaar op meerdere manieren. Er kan gekozen worden om de blokjes reeds op voorhand te inoculeren met een schimmel, maar er kan ook voor gekozen worden om bij de proefopstelling geen schimmel te voorzien, noch op de blokjes, noch op de agar. Bij de laatste mogelijkheid is het de bedoeling om na te gaan bij welke omstandigheden schimmels uit zichzelf beginnen te groeien op hout. Deze proefopstelling leunt dan ook meer aan bij de werkelijke omstandigheden waaraan hout in de praktijk wordt blootgesteld. Bij nog andere proefopstellingen worden de blokjes eerst bevochtigd of worden de piles met hun onderzijde volledig in het water geplaatst. Er kan in plaats van met agar ook gewerkt worden met vochtig gemaakt zagemeel als externe vochtbron.

Een belangrijke opmerking bij het verwerken van de resultaten van deze proef is dat het moeilijk is om rekening te houden met infectie door sporen. Deze kunnen reeds aanwezig zijn geweest in de lucht of op het hout en voor extra aantasting zorgen en zo de resultaten beïnvloeden.

3. Onderzoeksvragen

Op basis van de resultaten van bestaande testmethodes kan worden gesteld dat nieuwe testmethodes dienen te worden ontwikkeld waarin de invloed van de *moisture content* op de schimmelgroei beter kan worden bestudeerd.

Eenzijds dient een nieuwe testmethode te worden ontwikkeld welke in staat is om de invloed van de MC op de voortgang of 'progress' van de schimmelgroei te onderzoeken doorheen de tijd. Hiervoor wordt een nieuwe mini-blocktest (= labotest) ontwikkeld waarin steriel wordt gewerkt en de houtrotschimmel via inoculatie wordt geïntroduceerd bij verschillende relatieve vochtigheden.

Anderzijds moet een nieuwe methode worden ontwikkeld waarbij het minimaal vochtgehalte nodig voor het ontstaan of de 'onset' van schimmelgroei wordt bestudeerd bij verschillende vochtregimes. Hiervoor wordt een pile-test ontwikkeld waarin niet-steriel wordt gewerkt en geen schimmels worden geïnoculeerd. Het hout wordt blootgesteld aan omstandigheden die in de praktijk kunnen voorkomen. Ook hier wordt de MC en het massaverlies doorheen de tijd opgevolgd.

De data die onderzoekers bekomen in verband met minimale vochtgehalte variëren van elkaar. Dit is voornamelijk te wijten aan het experimentele ontwerp (Brischke, Soetbeer, & Meyer, 2017). Elke onderzoeker werkt met een eigen proefopstelling en het is belangrijk om te weten te komen welke proefopstelling resultaten kan weergeven die het meest aansluiten bij de werkelijkheid.

Het doel van deze testen is een werkzame methode te ontwikkelen die in de toekomst kan gebruikt worden om de invloed van het vochtgehalte op de schimmelgevoeligheid van houtstalen makkelijk te kunnen bepalen.

4. Materialen en methode

4.1. Mini-blocktesten

4.1.1. Doel

Bij de mini-blocktesten is het de bedoeling om de voortgang van schimmelgroei te onderzoeken onder gecontroleerde vochtcondities in het laboratorium. In kader van deze thesis wordt specifiek de aandacht gevestigd op de invloed van de *moisture content* op de degradatie, gemeten als massaverlies, en vooral op de progressie van deze twee veranderlijken doorheen de tijd. De aandacht wordt hier voornamelijk gevestigd op het al dan niet overschrijden van het vezelverzadigingspunt en de gevolgen hiervan voor het massaverlies.

In bestaande experimenten is het niet mogelijk om de progressie van het vochtgehalte te meten aangezien het vochtgehalte enkel kan gemeten worden tijdens het wegnemen van de blokjes uit de proefopstelling. Dit komt omdat het blokje niet zonder enige beïnvloeding kan worden teruggeplaatst. Tijdens het wegen moet het blokje namelijk worden ontdaan van schimmelweefsel.

Daarom wordt een proefopstelling bedacht waarbij blokjes onderhevig zijn aan identieke condities. Bij deze proef worden op regelmatige basis blokjes uit de proefopstelling verwijderd en wordt ervoor gezorgd dat de overige blokjes zo min mogelijk worden beïnvloed.

Met behulp van verzadigde zoutoplossingen worden verschillende vochtcondities gecreëerd.

4.1.2. Voorbereiding van de mini-blocks:

Bij het uitvoeren van deze testen wordt gebruik gemaakt van mini-blocks afkomstig van twee verschillende houtsoorten: vurenhout (hout van de fijnspar of *Picea abies*) en grenenhout (hout van de grove den of *Pinus sylvestris*). Dit zijn beiden zachte houtsoorten afkomstig van naaldhout. Er wordt specifiek gekozen om enkel testen uit te voeren op deze soorten omdat vuren en grenen de houtsoorten zijn die het meest worden toegepast in de Belgische bouwsector.

Ter voorbereiding worden 432 blokjes van elke houtsoort gezaagd. Er wordt voor gezorgd dat alle blokjes identieke afmetingen hebben (LxBxH: 30x10x5 mm). Blokjes waar gaatjes of hars inzaten werden niet gebruikt. Om de blokjes van elkaar te onderscheiden worden ze zorgvuldig genummerd met potlood. Vervolgens worden ze in een oven geplaatst en minstens 18-24 uur gedroogd aan 103 °C. Hierdoor krijgen alle blokjes hetzelfde vochtgehalte. Vervolgens wordt het ovendrogen gewicht bepaald. Het wegen gebeurt met een weegschaal die nauwkeurig is tot op 4 cijfers na de komma.

Er worden negen verschillende proefopstellingen opgebouwd. Dit geldt zowel voor de vuren (A tot I) als voor de grenen (J tot R). Bij vijf van de negen wordt de relatieve vochtigheid van de omgeving gecontroleerd door gebruik te maken van verzadigde zoutoplossingen. De laatste vier opstellingen maken gebruik van water om de RH op 100% te houden.

Bij 3 van de 4 opstellingen met water worden de blokjes ook nog gepreconditioneerd. Het doel hiervan is de blokjes van bij de start van het experiment een bepaald vochtgehalte mee te geven. De blokjes in kwestie worden eerst gesteriliseerd door ze minimaal 20 minuten in een autoclaaf te plaatsen bij 120°C. Vervolgens worden ze in een dessicator gestoken die steriel is gemaakt met behulp van ethanol. Deze dessicator is gevuld met water dat ook werd geautoclaveerd. De dessicator wordt met behulp van een vacuümpomp vacuüm getrokken. Hierdoor raken de blokjes vacuümverzadigd. Vervolgens worden de blokjes in een steriele omgeving (de laminar flow) uit

het water gehaald waarna ze kunnen beginnen drogen. De massa van de blokjes wordt constant gewogen met behulp van een weegschaal, met een nauwkeurigheid tot op 2 cijfers na de komma. Aan de hand van de meetwaarden kan het vochtgehalte van de blokjes constant worden bijgehouden. Er wordt gewerkt met drie ranges: een vochtgehalte van 80%, 60% en 40%. Zodra één van de natte blokjes één van deze vochtgehalten bereikt heeft, wordt dit blokje ingepakt in zilverpapier waardoor het niet verder kan uitdrogen. Uiteindelijk worden er per vochtgehalte 48 blokjes geprepareerd. Dit komt neer op 144 grenen- en 144 vurenblokjes.

Tabel 1: overzicht proefopstellingen mini-blocktest

Overzicht proefopstellingen									
Temperatuur klimaatkast: 22°C									
Schimmel: <i>Coniophora puteana</i>									
Meetmomenten: 3,6,9,12,15,18,21,24,27,30,33,36,39,45,51,57 dagen									
V U R E N	Nummer proefopstelling	Zoutoplossing	RH [%]	Blokjes	G R E N	Nummer proefopstelling	Zoutoplossing	RH [%]	Blokjes
	A1	K ₂ CO ₃	43	V295-318		J1	K ₂ CO ₃	43	G295-318
	A2			V319-342		J2			G319-342
	B1	Mg(NO ₃) ₂	54	V391-414		K1	Mg(NO ₃) ₂	54	G391-414
	B2			V415-438		K2			G415-439
	C1	NaNO ₂	66	V343-366		L1	NaNO ₂	66	G343-366
	C2			V367-390		L2			G367-390
	D1	NaCl	75	V1-24		M1	NaCl	75	G1-24
	D2			V25-48		M2			G25-48
	E1	KCl	85	V49-72		N1	KCl	85	G49-72
	E2			V73-96		N2			G73-96
	F1	H ₂ O	100	V97-120		O1	H ₂ O	100	G97-120
	F2			V121-144		O2			G121-144
	G1	H ₂ O 40%	100	Variabel tussen V151-294 en V446- 450		P1	H ₂ O 40%	100	Variabel tussen G151-294
	G2					P2			
	H1	H ₂ O 60%	100			Q1	H ₂ O 60%	100	
	H2					Q2			
	I1	H ₂ O 80%	100			R1	H ₂ O 80%	100	
	I2					R2			

4.1.3. Gebruikte schimmel

De schimmel die bij deze test gebruikt werd is de *Coniophora puteana*, ook wel dikke kelderzwam genoemd. Dit is een bruinrotter die behoort tot het type van houtrottende basidiomyceten. De hyfen en het mycelium zijn aanvankelijk wit van kleur. De sporen die in een latere fase worden gevormd zijn donkerbruin. Deze schimmel kan zorgen voor structurele schade aan bouwcomponenten. Dit komt doordat het de cellulose van de houtcellen kan afbreken. De optimale groeitemperatuur van de schimmel ligt rond kamertemperatuur. De schimmel vereist echter redelijk hoge vochtgehaltenes en komt daardoor voornamelijk voor in vochtige ruimtes zoals kelders waar hout voortdurend vochtig kan zijn.

4.1.4. Maken van de agar

Om de schimmel te voorzien van een externe vochtbron wordt gewerkt met een agarmedium. Dit medium zal op een later tijdstip geïnoculeerd worden met een schimmel. Na het maken van het medium wordt de agar in glazen van 330 ml gegoten. In totaal zijn er voor de proef 180 glazen nodig dus dient er minstens 60 liter agar te worden gemaakt.

Om dit medium te maken wordt gebruik gemaakt van volgende samenstelling: 100 gram water + 5 gram moutextract + 2 gram agarpoeder. Voor 60 liter komt dit neer op 60 kg gedemineraliseerd water, 1,8 kg mout en 1,2 kg agarpoeder. Indien het niet mogelijk is om deze 60 liter in 1 keer te maken, kan het proces meerdere keren worden herhaald.

Om te beginnen wordt het agarpoeder vermengd met ongeveer $\frac{2}{3}$ ^e van de benodigde hoeveelheid water. Dit gebeurt in een kookpot die wordt verwarmd op een gasvuur. Het overblijvende deel van het water wordt in een aparte pot vermengd met het moutextract. Tijdens het verhitten wordt het moutmengsel aan de kookpot toegevoegd. Er wordt vervolgens geroerd tot een zuivere oplossing wordt bekomen. Het roeren zorgt er ook voor dat het mengsel niet aankookt aan de bodem. Wanneer er damp boven de kookpot verschijnt wordt het agarmengsel in glazen flessen gegoten. Deze flessen worden geautoclaveerd bij 120°C gedurende minimaal 20 minuten. Tijdens het autoclaveren moet de dop van de flessen lichtjes losgedraaid zijn zodat de druk in de fles niet kan oplopen.

4.1.5. Verzadigde zoutoplossingen

Bij proefopstellingen A tot E (vuren) en J tot N (grenen) wordt gebruik gemaakt van verzadigde zoutoplossingen om de relatieve vochtigheid te regelen.

De zouten worden in oplossing gebracht in gedemineraliseerd water. Dit water wordt met behulp van de autoclaaf eerst gesteriliseerd. Voldoende zout wordt toegevoegd zodat het mengsel zich na afkoeling minstens in verzadigde toestand bevindt. Als dit het geval is kan de beoogde RH worden gecreëerd.

Tabel 2 geeft een overzicht weer van de gebruikte zouten en toont de concentraties die nodig zijn om een verzadigde oplossing te creëren.

Tabel 2: Benodigde concentratie zout om verzadigde oplossingen te maken

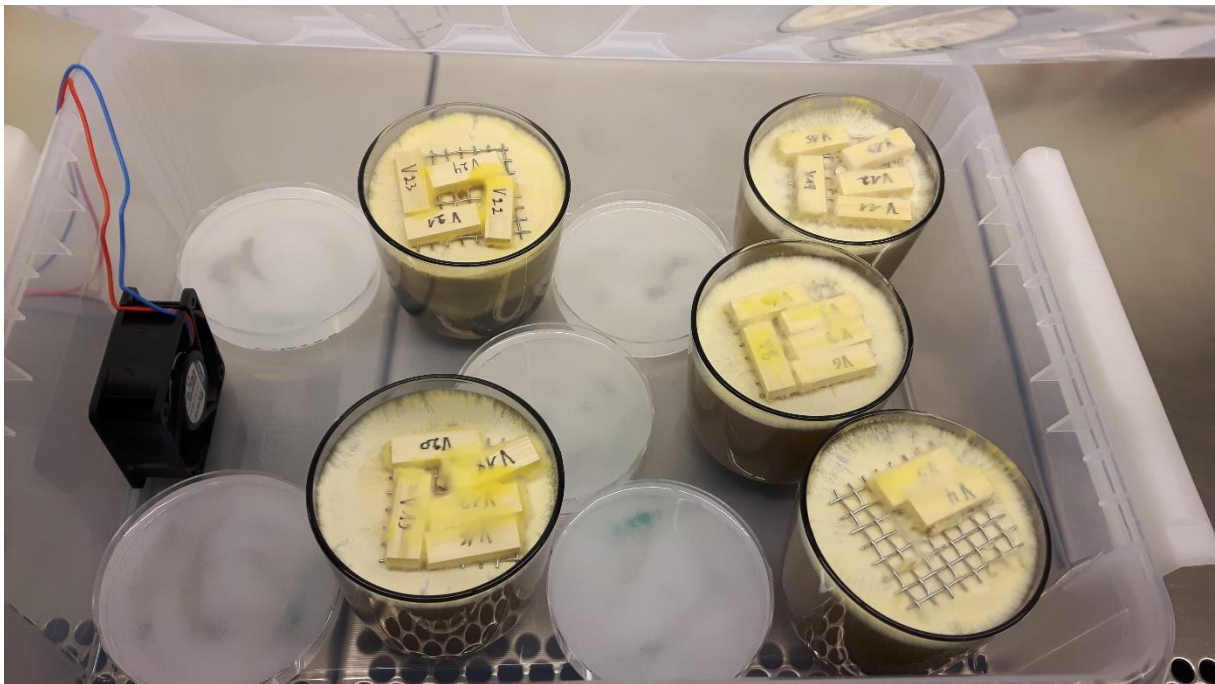
Zout	RH [%]	Concentratie zout nodig voor verzadiging bij 20°C [g/100 ml]	Concentratie zout nodig voor verzadiging bij 100°C [g/100 ml]
K₂CO₃	43	112	156
Mg(NO₃)₂	54	125	geen data
NaNO₂	66	87	160
NaCl	75	35,9	weinig T-invloed
KCl	85	25,39	36,05

Er dient opgemerkt te worden dat de benodigde concentraties afhankelijk zijn van de temperatuur. Wanneer een oplossing gemaakt wordt volgens de verhoudingen voor 20°C, dan zal deze oplossing, wanneer deze in een ruimte geplaatst wordt bij bijvoorbeeld 25°C niet meer verzadigd zijn. Hier dient dus rekening mee te worden gehouden. Omdat het moeilijk te zien is wanneer een oplossing exact verzadigd is, wordt er voor gezorgd dat de oplossingen minstens oververzadigd worden gemaakt. De oplossingen mogen echter niet volledig gekristalliseerd zijn.

4.1.6. Proefopstelling

Om de proefopstellingen op te bouwen wordt gebruik gemaakt van containers uit acryl. In totaal worden er 36 containers gebruikt. Deze zijn allen voorzien van een deksel dat ervoor zorgt dat de inhoud van de container volledig van buitenlucht wordt afgesloten. De afmetingen van de containers zijn 40x30x11 cm. De inhoud van één container bedraagt 8 liter.

Bij proefopstelling A tot E en J tot N worden in elke container 5 petrischalen (Ø: 9 cm) geplaatst met daarin de verzadigde zoutoplossing. Verder worden in elke container 1 ventilator en 5 glazen geplaatst die tot aan de rand gevuld zijn met agar. De ventilator zorgt ervoor dat in elke container een luchtstroom ontstaat om zo zeker te zijn dat op elke plaats dezelfde vochtomstandigheden heersen.



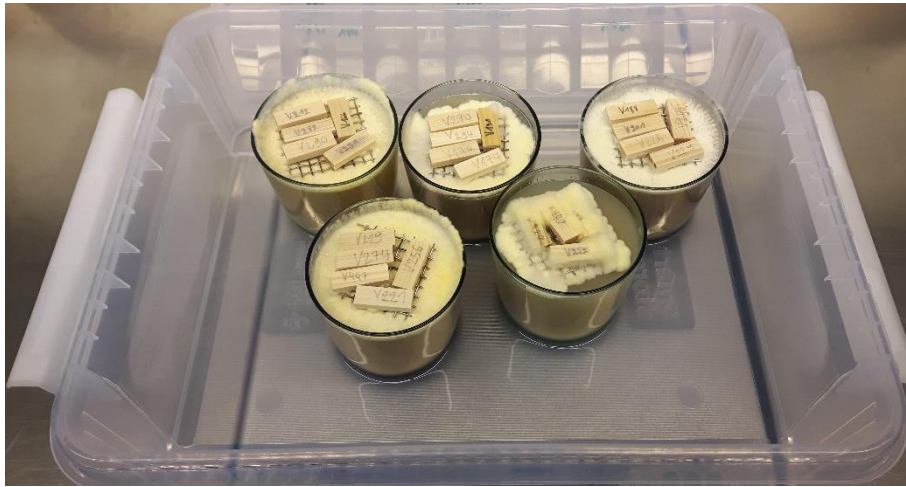
Figuur 18: Proefopstelling D1 na 6 dagen blootstelling

Deze glazen worden op voorhand geïnoculeerd met *Coniophora puteana*. Op het moment dat de schimmel ongeveer de helft van het bovenoppervlak heeft ingenomen, wordt op de agar een metalen rooster geplaatst. Op dit rooster komen de blokjes. De roosters zorgen ervoor dat de blokjes niet rechtstreeks in contact komen met de agar.

Het is heel belangrijk dat al dit werk steriel gebeurt. De containers worden gesteriliseerd met behulp van ethanol. De roosters worden ter voorbereiding geautoclaveerd. De blokjes worden per 20 verpakt in aluminiumfolie en in de autoclaaf gestoken. Pas zodra deze verpakking zich in een vooraf ontsmette laminar flow bevindt mag deze worden geopend. De blokjes worden vervolgens met behulp van een steriel pincet op de roosters geplaatst. In elke container worden 24 blokjes geplaatst, wat overeenkomt met 4 glazen met elk 5 blokjes en 1 glas met slechts 4 blokjes. Bij het plaatsen van de blokjes wordt ervoor gezorgd dat de blokjes elkaar niet raken.

Bij proefopstelling F en O worden de met zout gevulde petrischalen vervangen door water. Dit zorgt voor een relatieve vochtigheid van 100%. In elke container wordt 1 liter gedestilleerd water gegoten. Ook dit water werd vooraf geautoclaveerd. De glazen staan dus met hun voet in het water. Ook hier worden 5 glazen en in totaal 24 blokjes per container geplaatst.

Bij proefopstellingen G, H, I en P, Q, R worden de containers opnieuw gevuld met 1 liter gedestilleerd water. De gepreconditioneerde blokjes worden echter eerst nog eens gewogen alvorens ze op de roosters worden gelegd om het exact initiële vochtgehalte van elk blokje te weten.



Figuur 19: Proefopstelling I1 na 3 dagen blootstelling

Elke proefopstelling wordt tweemaal gemaakt om zo 48 blokjes per proefopstelling te kunnen testen.

Zodra een container volledig is gevuld wordt deze gesloten en wordt op het deksel nog eens de plaats van elk blokjes duidelijk vermeld. De containers worden vervolgens in een klimaatkamer geplaatst bij een constante temperatuur van 22°C.



Figuur 20: Opstelling in de klimaatkast (links A-E en J-N, rechts F-I en O-R)

Om de 3 dagen worden uit elke container 3 willekeurige blokjes genomen. Omdat de proef 8 weken in beslag moet nemen werd ervoor gekozen om de laatste 3 weegmomenten maar om de 6 dagen te laten plaatsvinden. De containers mogen enkel worden geopend wanneer deze geplaatst zijn in de laminar flow. Zodra de blokjes geplaatst zijn worden deze ontdaan van schimmels waarna ze vervolgens zo snel mogelijk worden gewogen. Het wegen gebeurt met dezelfde weegschaal waarmee de weging van de initiële massa werd uitgevoerd. m_1

De blokjes die uit de containers zijn gehaald worden opnieuw in de oven geplaatst voor minstens 18-24 uur aan 103°C. Hierna worden ze nogmaals gewogen.

Aan de hand van volgende formules kunnen de resultaten worden verwerkt:

Vochtgehalte MC van de blokjes:

$$MC = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100 \text{ in } [\%] \quad (7)$$

Hierbij zijn :

- m_1 = de massa van het blokje direct nadat het uit de container wordt gehaald [g]
- m_2 = de massa van het blokje na beëindiging van de proef, na droging in de oven [g]

Massaverlies ML van de blokjes:

$$ML = \frac{m_0 - m_2}{m_0} * 100 \text{ in } [\%] \quad (8)$$

Hierbij zijn:

- m_0 = oven-droge massa bij aanvang van de proef [g]
- m_2 = de massa van het blokje na beëindiging van de proef, na droging in de oven [g]

4.2. Voorafgaande testen

Alvorens gestart werd met de effectieve proef van deze thesis, de hierboven uitgebreid besproken mini-blocktest, werden eerst voorafgaande proeftesten uitgevoerd. Het betreft hier een voorafgaande mini-blocktest en voorafgaande pile-testen.

4.2.1. Voorafgaande mini-blocktest

Doel

Het doel van deze test is het onderzoeken van zowel de invloed van het agarmedium als van de testschimmel op het vochtgehalte van de blokjes. Het controleren van deze invloed is namelijk van belang om de waarde van het vochtgehalte te kunnen inschatten alvorens met de mini-blocktest van start wordt gegaan. Er wordt namelijk gestreefd naar vochtgehaltes rond het vezelverzadigingspunt.

Methode

Er worden 45 blokjes uit het spinhout van vuren en 45 blokjes uit het spinhout van grenen gezaagd. Deze hebben allen dezelfde afmetingen: LxBxH: 30x10x5 mm. De voorbereiding van deze mini-blocks gebeurt op dezelfde manier als bij het effectieve experiment dat in paragraaf 4.1.2. reeds werd beschreven.

Ook de voorbereiding van de agar gebeurt zo goed als identiek (zie 4.1.4.). Enkel de verhouding van de verschillende stoffen is licht verschillend. Per 100 gram water wordt er 5 gram moutextract en 2 gram agarpoeder gebruikt.

Ook de voorbereiding van de zoutoplossingen gebeurt identiek (zie 4.1.5). Er wordt gebruik gemaakt van 3 zoutsoorten om de verzadigde zoutoplossingen te maken.

De proefopstelling wordt voorbereid door 9 containers uit acryl met deksel te voorzien. De containers hebben volgende afmetingen: 40x30x11 cm. Ze hebben een volume van 8 liter. In elke container worden een kleine ventilator (60x60 mm, merk ebm-papst, 12V), een grote petrischaal met een diameter van 15cm met daarin een verzadigde zoutoplossing en twee kleinere petrischalen met diameters van 9cm. In de kleine petrischalen worden 5 mini-blocks geplaatst. In de ene petrischaal worden steeds grenenblokjes gelegd, in de andere steeds vurenblokjes.



Figuur 21: Petrischaal met miniblocks op geïnoculeerde agar (*Trametes versicolor*)

In 3 containers worden de blokjes op een agarmedium geplaatst, in 3 containers wordt dit agarmedium eerst geïnoculeerd met de schimmel *Trametes versicolor*, en in de overige 3 containers worden de blokjes ter controle in een lege petrischaal geplaatst. Per 3 containers worden de 3 zoutoplossingen onderzocht. Tabel 3 geeft een overzicht van de verschillende proefopstellingen.



Figuur 22: Proefopstelling miniblocktest, links: zonder agar, midden: op agar, rechts: agar en *Trametes versicolor*

Tabel 3: Overzicht proefopstellingen voorbereidende mini-blocktest

Overzicht proefopstellingen							
Temperatuur klimaatkast: 22°C							
V U R E N	Nummer proefopstelling	Zoutoplossing	RH [%]	Agar	Schimmel	Blokjes	Meetmomenten na x dagen
	A1	K ₂ CO ₃	43	Nee	/	V26-30	3,6,9,13,16,20,23,41
	A2			Ja	/	V11-15	3,6,9,13,16,20,23,41
	A3			Ja	<i>Trametes versicolor</i>	V31-35	6,10,13,16,20,31
	B1	NaCl	75	Nee	/	V21-25	3,6,9,13,16,20,23,41
	B2			Ja	/	V6-10	3,6,9,13,16,20,23,41
	B3			Ja	<i>Trametes versicolor</i>	V36-40	6,10,13,16,20,31
	C1	KNO ₃	94	Nee	/	V16-20	3,6,9,13,16,20,23,41
	C2			Ja	/	V1-5	3,6,9,13,16,20,23,41
	C3			Ja	<i>Trametes versicolor</i>	V41-45	6,10,13,16,20,31
	Nummer proefopstelling	Zoutoplossing	RH [%]	Agar	Schimmel	Blokjes	Meetmomenten
G R E N E N	D1	K ₂ CO ₃	43	Nee	/	G26-30	3,6,9,13,16,20,23,41
	D2			Ja	/	G11-15	3,6,9,13,16,20,23,41
	D3			Ja	<i>Trametes versicolor</i>	G31-35	6,10,13,16,20,31
	E1	NaCl	75	Nee	/	G21-25	3,6,9,13,16,20,23,41
	E2			Ja	/	G6-10	3,6,9,13,16,20,23,41
	E3			Ja	<i>Trametes versicolor</i>	G36-40	6,10,13,16,20,31
	F1	KNO ₃	94	Nee	/	G16-20	3,6,9,13,16,20,23,41
	F2			Ja	/	G1-5	3,6,9,13,16,20,23,41
	F3			Ja	<i>Trametes versicolor</i>	G41-45	6,10,13,16,20,31

Het is opnieuw erg belangrijk dat er steriel te werk wordt gegaan bij het opstellen van de proef. Iedere container wordt in de laminar flow met behulp van ethanol steriel gemaakt. Vervolgens wordt in de container aan de rand de ventilator vastgekleefd met behulp van plakband. De blaasrichting van de ventilator wijst hierbij naar het centrum van de container. Nadien wordt de verzadigde zoutoplossing in de grote petrischaal gegoten en in het midden van de container geplaatst. De twee kleinere petrischalen worden aan de andere kant geplaatst. De proefopstelling is te zien in Figuur 22.

De containers worden in een klimaatkamer geplaatst met een constante temperatuur van 22 °C en worden om de drie à vier dagen opnieuw gewogen op de weegschaal. Hieruit wordt telkens het vochtgehalte bepaald.

4.2.2. Voorafgaande pile-test

Doel

Bij de pile-testen worden torens van houtblokjes (vuren- en grenentorens) gemaakt die in direct contact met water worden geplaatst. Het doel van deze proef is een bepaald stapelpatroon vinden dat ervoor zorgt dat er een geleidelijke vochtgradiënt ontstaat die zo stabiel mogelijk blijft in de tijd. Als deze vochtgradiënt wordt gevonden, kan in een volgende stap worden onderzocht vanaf welk vochtgehalte schimmelgroei kan ontstaan. Hierna is het ook nog mogelijk om te kijken vanaf welk vochtgehalte er effectief massaverlies wordt waargenomen. Ook de mate van aantasting kan worden onderzocht, maar bij deze voorafgaande test werd er vooral gefocust op het vinden van een patroon.

De configuratie van de blokjes en vooral de positie van het kopse vlak van ieder blokje is erg belangrijk. Water wordt namelijk makkelijker getransporteerd in deze kopse richting (Morris, 2013). Er wordt gepoogd om een configuratie te zoeken waarbij de vochtgradiënt het meest gelijkmatig wordt uitgespreid. De torens die hiervoor gebouwd worden zijn steeds 20 cm hoog. Er wordt gevarieerd tussen torens die bestaan uit 20 of 40 lagen. Hierbij zijn de blokjes respectievelijk elk 1 cm of 0,5 cm hoog. Extra vochtinsluitingen kunnen gecreëerd worden door op bepaalde niveaus te werken met 2 halve blokjes. Vochtinsluitingen zijn ideale plaatsen voor schimmels om zich te kunnen ontwikkelen. Het dient vermeden te worden dat vocht zich te makkelijk naar boven kan transporteren, daarom worden tussen lagen met halve blokjes steeds volle blokjes geplaatst. Vochttransport kan ook bemoeilijkt worden door ter plaatse van bepaalde niveaus een blok te plaatsen met het kopse vlak aan de zijkant (zijkops).

Methode

Bij de start van dit experiment worden 4 torentypes gebouwd en getest. Uit de resultaten van de eerste testen worden nieuwe opstellingen bedacht en getest. Dit is te zien in het deel resultaten en discussie.

Zodra de blokjes op maat gesneden zijn worden deze gestapeld. Volgende configuraties worden getest:

Grenen

- G0: patroon: enkel volle blokken, kops gealigneerd, dikte blokjes: 10 mm
- G1: patroon: vol (K) - half (K) - vol (K) - half (Z), dikte blokjes 10 mm

Vuren

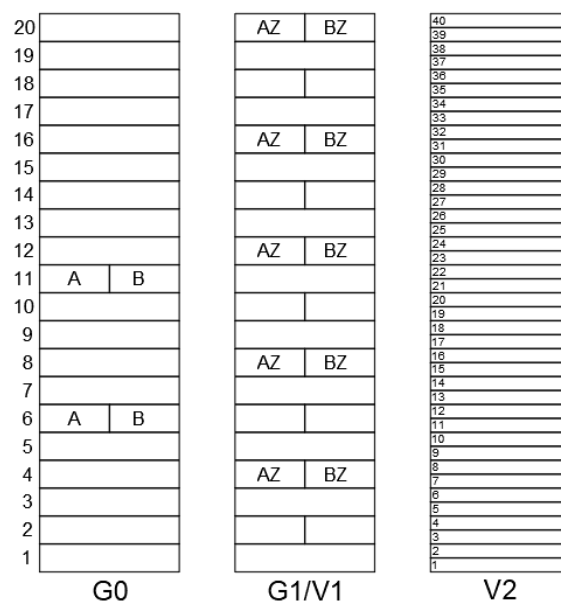
- V1: patroon: vol (K) - half (K) - vol (K) - half (Z), dikte blokjes 10 mm
- V2: patroon: enkel volle blokken, kops gealigneerd, dikte blokjes: 5 mm

Hierbij betekent 'K' kops en 'Z' zijkops.

Volle blokjes zijn blokjes met volgende afmetingen: $L \times B = 50 \times 50 \text{ mm}$.

Halve blokjes zijn blokjes met volgende afmetingen: $L \times B = 50 \times 25 \text{ mm}$.

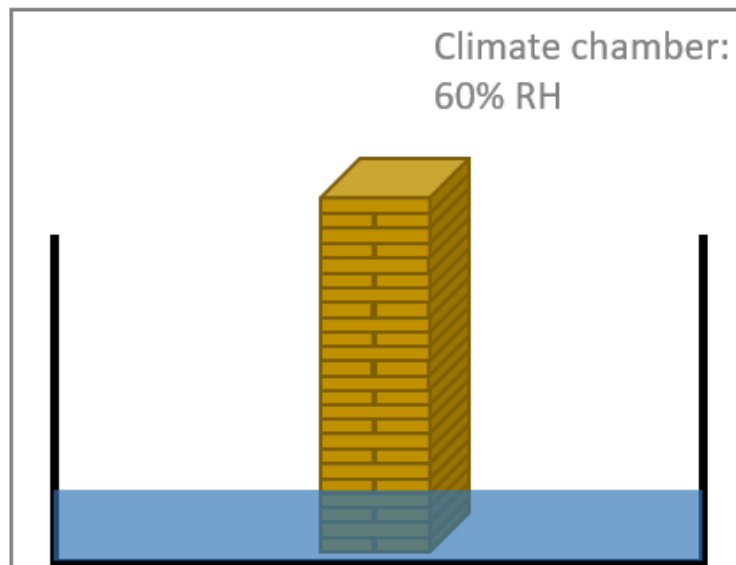
Patronen worden herhaald tot de toren 20 cm hoog is.



Figuur 23: Configuraties start voorafgaande pile-testen

Eens de toren gebouwd is worden alle blokjes eenduidig genummerd met een potlood (voorbeeld: G1-2A, G staat voor grenen, 1 staat voor de 1e stapel, 2 staat voor de 2e laag van de stapel en A staat voor het linkse blokje van deze laag). Op de zijkant van de blokjes waarvan het kopse vlak aan de zijkant gelegen is, wordt op de zijkant van de blokjes een extra letter 'z' geschreven. Zo kan extra duidelijkheid worden geschept. Er worden elastieken gebruikt als hulpmiddel om de blokjes bij elkaar te houden. Dit maakt het nummeren makkelijker. Zodra de blokjes genummerd zijn gaan deze voor minstens 24 uur de oven in bij 103 °C.

Op het moment dat de blokjes uit de oven worden genomen, worden ze onmiddellijk in een dessicator met silicaparels als droogmiddel geplaatst. Vervolgens wordt het ovendroge gewicht van elk blokje bepaald met behulp van een tot op 1/10.000ste nauwkeurige weegschaal. Nadien worden deze verschillende torens in een plastic bak geplaatst die in een klimaatkamer staat (20°C). Zodra de torens in deze bak geplaatst zijn wordt deze bak gevuld met water. De bak wordt gevuld tot dat de torens met hun 3 onderste lagen volledig in het water staan. Het is belangrijk dat er geen spatten op de hoger gelegen blokjes vallen tijdens het vullen. Dit zou het vochtgehalte namelijk beïnvloeden. In de bak is een vlotter aangebracht die ervoor zorgt dat dit waterpeil constant blijft. Aan de vlotter is een watertank gekoppeld. De blokjes worden in de mate van het mogelijke om de 3 tot 4 dagen gewogen. Het vochtgehalte van ieder blokjes wordt hierbij bepaald en zo kan gekeken hoe het vocht wordt getransporteerd in de toren.



Figuur 24: Schematische voorstelling van de proefopstelling van de pile-test



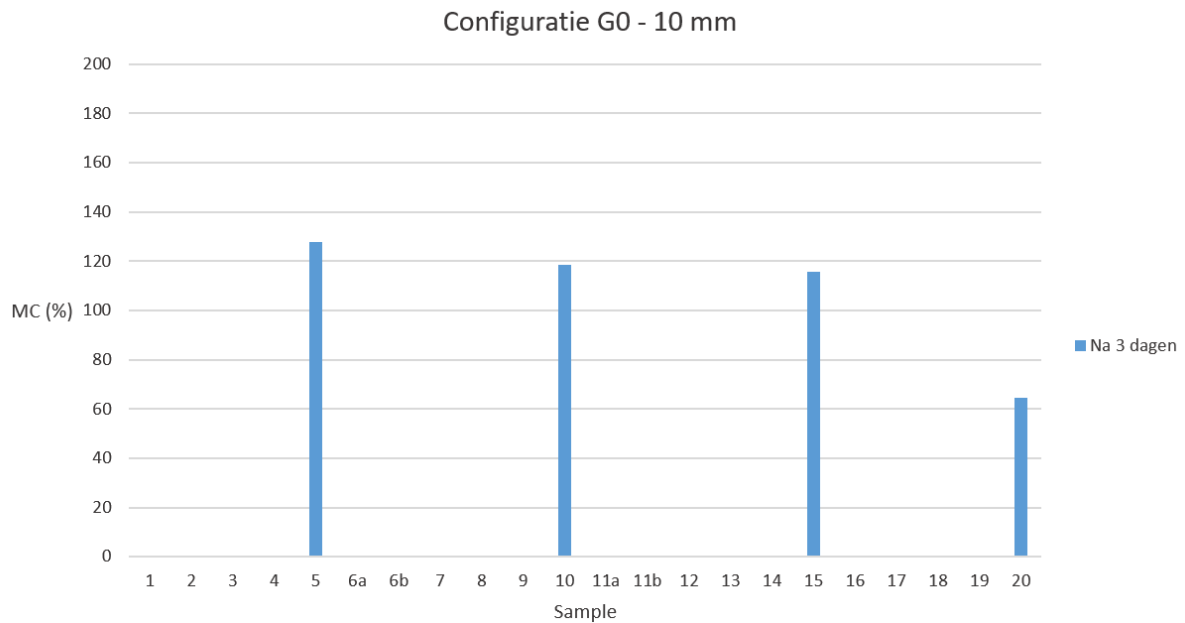
Figuur 25: Pile G1

5. Resultaten en discussie

5.1. Resultaten voorafgaande proeven

5.1.1. Pile-test

De eerste configuratie die onderzocht wordt, is G0. Na één meting is het echter al duidelijk dat dit geen goede opbouw is om een vochtgradiënt te creëren bij een grenenpile. De vochtgehaltes bereiken namelijk reeds na drie dagen waarden die veel te hoog zijn. Daarom zijn deze niet interessant voor het experiment en voldoet de configuratie dus niet.



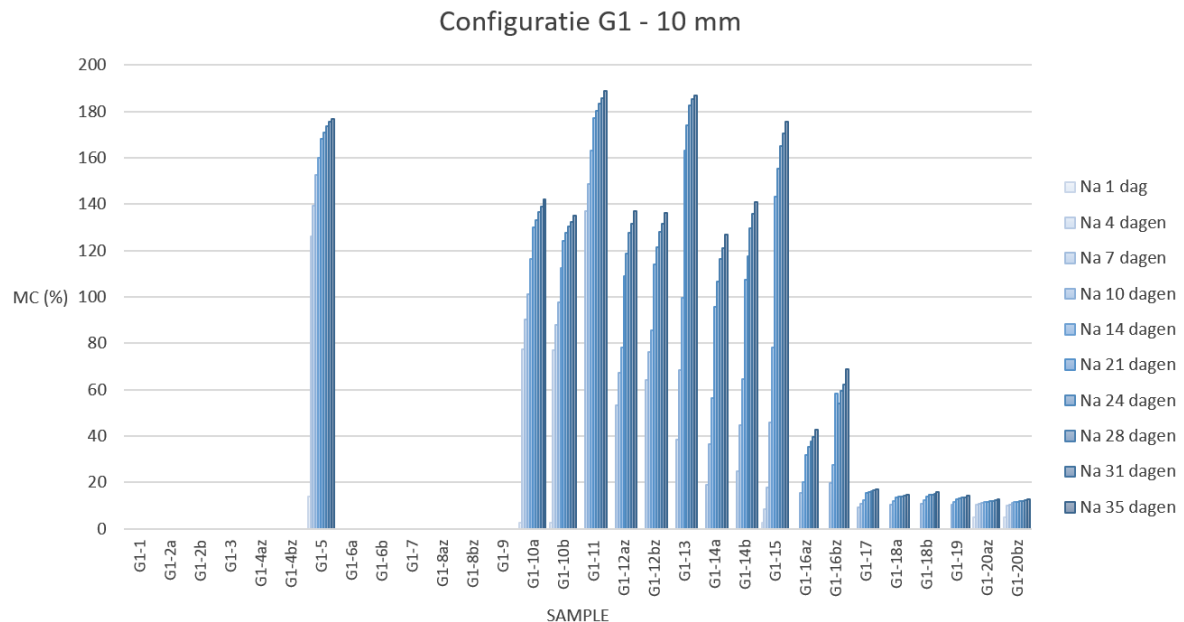
Figuur 26: MC-verloop configuratie G0

Op Figuur 27 is duidelijk te zien dat het visuele vochtfront bij G1 veel hoger reikt dan bij V1. De configuratie is nochtans identiek. Dit toont aan dat grenenhout een grotere capillaire zuigkracht uitoefent op het water.



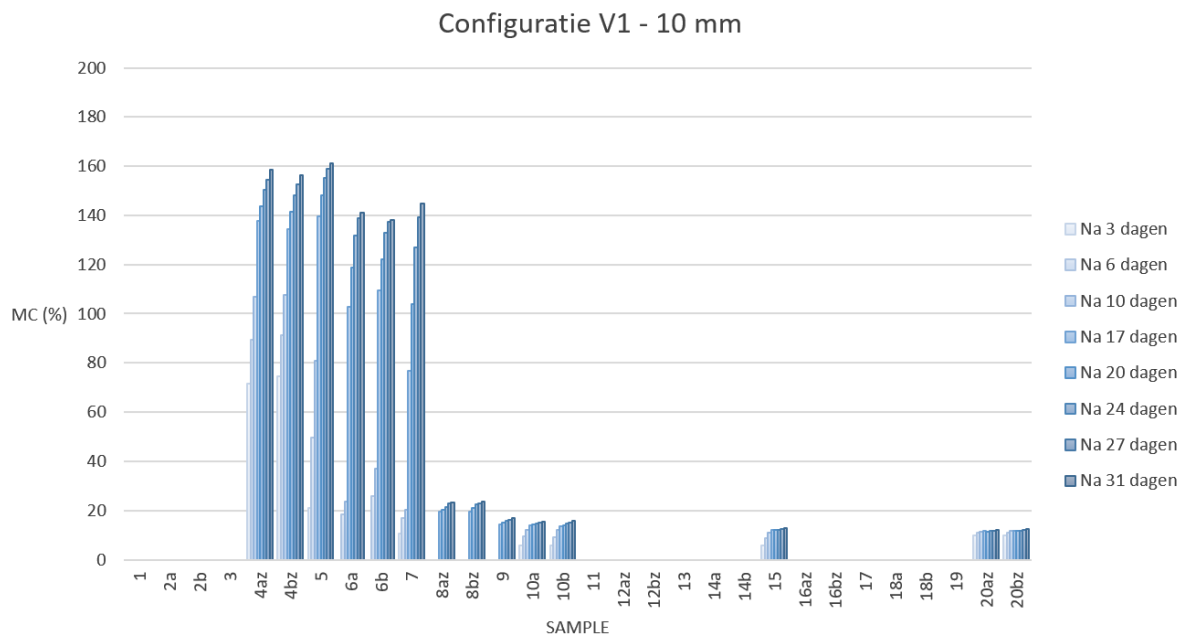
Figuur 27: Configuraties V1 (links) en G1 (rechts) tijdens de test

Het visuele vochtfront wordt bevestigd in de grafieken van het vochtgehalte van configuraties G1 en V1. De MC-waarden liggen bij de grenenpile veel hoger dan bij de vurenpile. Op Figuur 28 is duidelijk geen stabiele gradiënt waarneembaar en kan dus best naar een alternatieve configuratie worden gezocht.



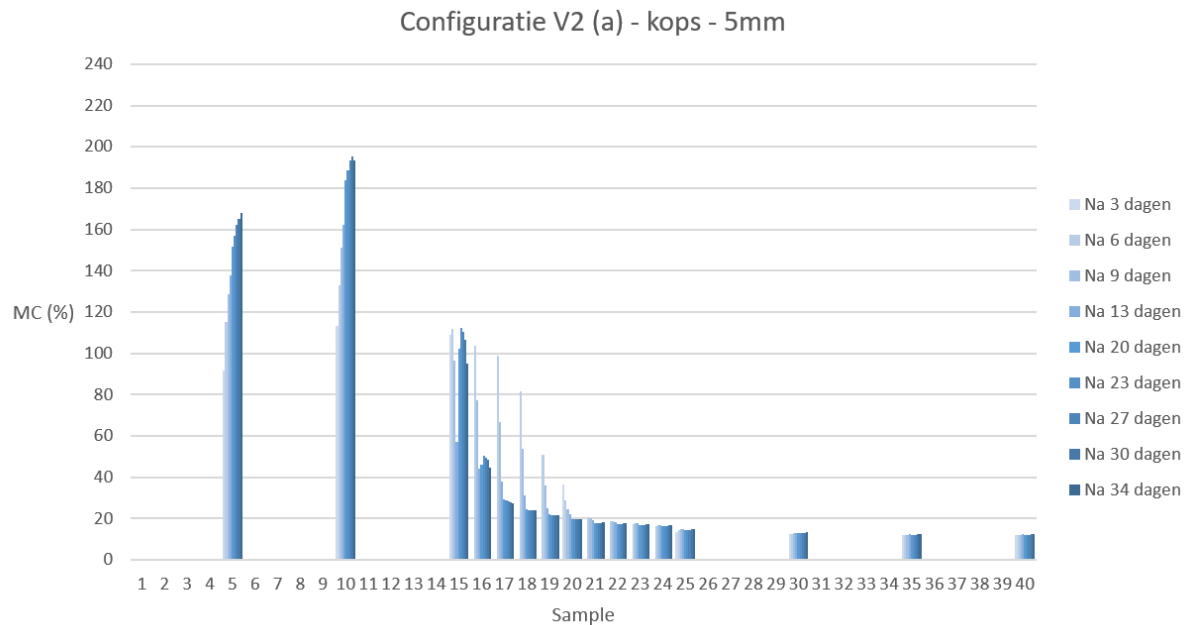
Figuur 28: MC-verloop configuratie G1

Op Figuur 29 is te zien dat het vochtfront nauwelijks doorheen de zijkopse barrière ter hoogte van niveau 8 breekt. Hier kan dus ook geen gradiënt ontstaan. Het vocht geraakt wel door de zijkopse barrière ter hoogte van niveau 4 aangezien dit niveau zich deels onder het waterniveau bevindt.

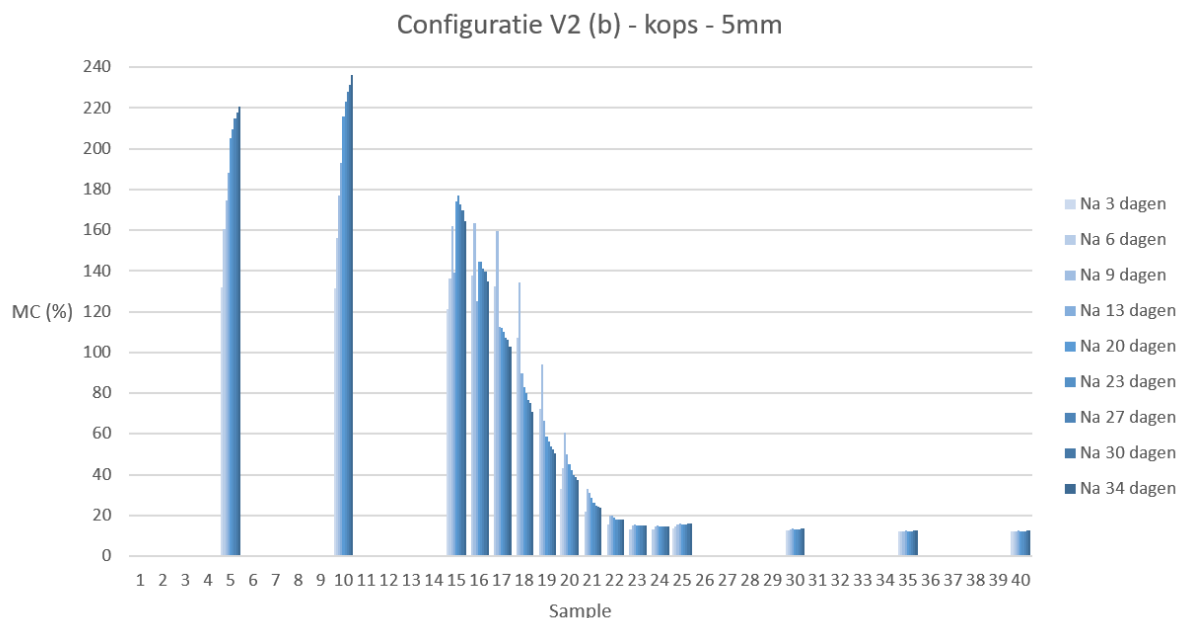


Figuur 29: MC-verloop configuratie V1

De tweede configuratie met vuren hout die getest wordt bestaat enkel uit kopse lagen met een dikte van 5mm. Hier worden dus geen zijkopse lagen gebruikt. Uit onderstaande figuren 30 en 31 valt op te merken dat er een stabiele gradiënt ontstaat. Deze configuratie wordt tweemaal getest. Bij beide opstellingen ontstaat na verloop van tijd een stabiele gradiënt, maar het valt ook op dat de locatie en vorm van de vochtfronten in de piles beduidend verschillen van elkaar. Ook binnen eenzelfde configuratie kunnen dus ook aanzienlijke verschillen ontstaan. Omwille van de gevonden gradiënt wordt deze configuratie voor vuren piles gekozen.



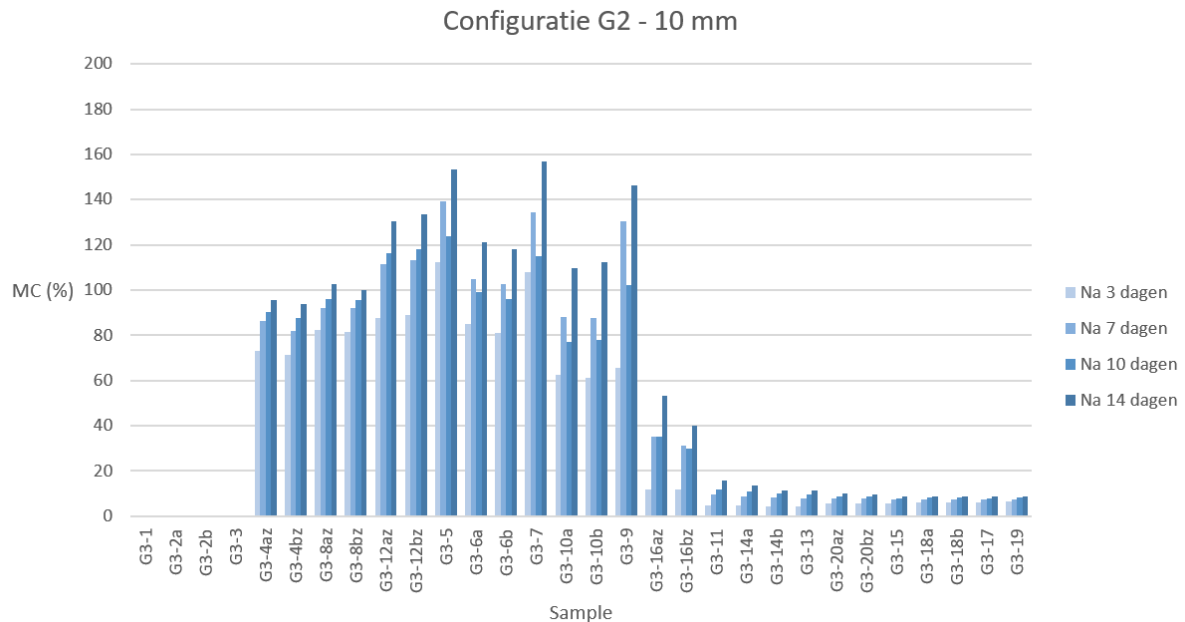
Figuur 30: MC-verloop configuratie V2 (a)



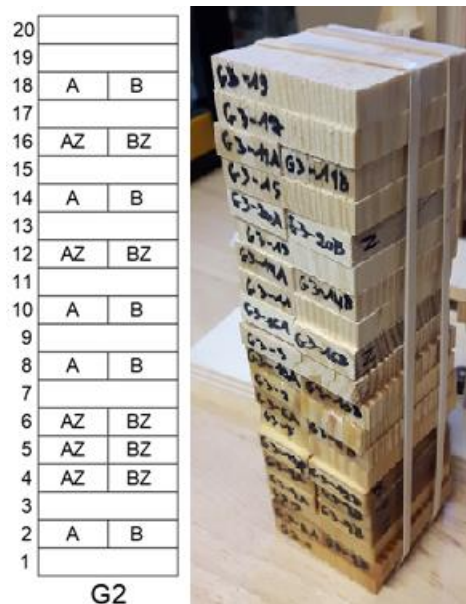
Figuur 31 MC-verloop configuratie V2 (b)

Er moet worden opgemerkt dat het waterniveau van de proefopstelling een grote invloed heeft op de stabiliteit van de vochtgradiënt.

Aangezien configuratie G1 niet voldoet, worden enkele nieuwe configuraties getest. Bij configuratie G2 wordt getracht om het vochtfront onderaan tegen te houden door gebruik te maken van drie zijkopse niveaus, waarbij elk niveau steeds bestaat uit twee blokjes. Bovenaan worden ook nog extra zijkopse lagen toegevoegd. Uit onderstaande figuur 32 blijkt dat de halve zijkopse lagen onderaan het vocht niet tegenhouden. Het vocht wordt wel tegengehouden ter hoogte van niveau 16 maar ook hier ontstaat geen gradiënt.



Figuur 32: MC-verloop configuratie G2



Figuur 33: Schematische voorstelling configuratie G2 (links) en werkelijke pile (rechts)

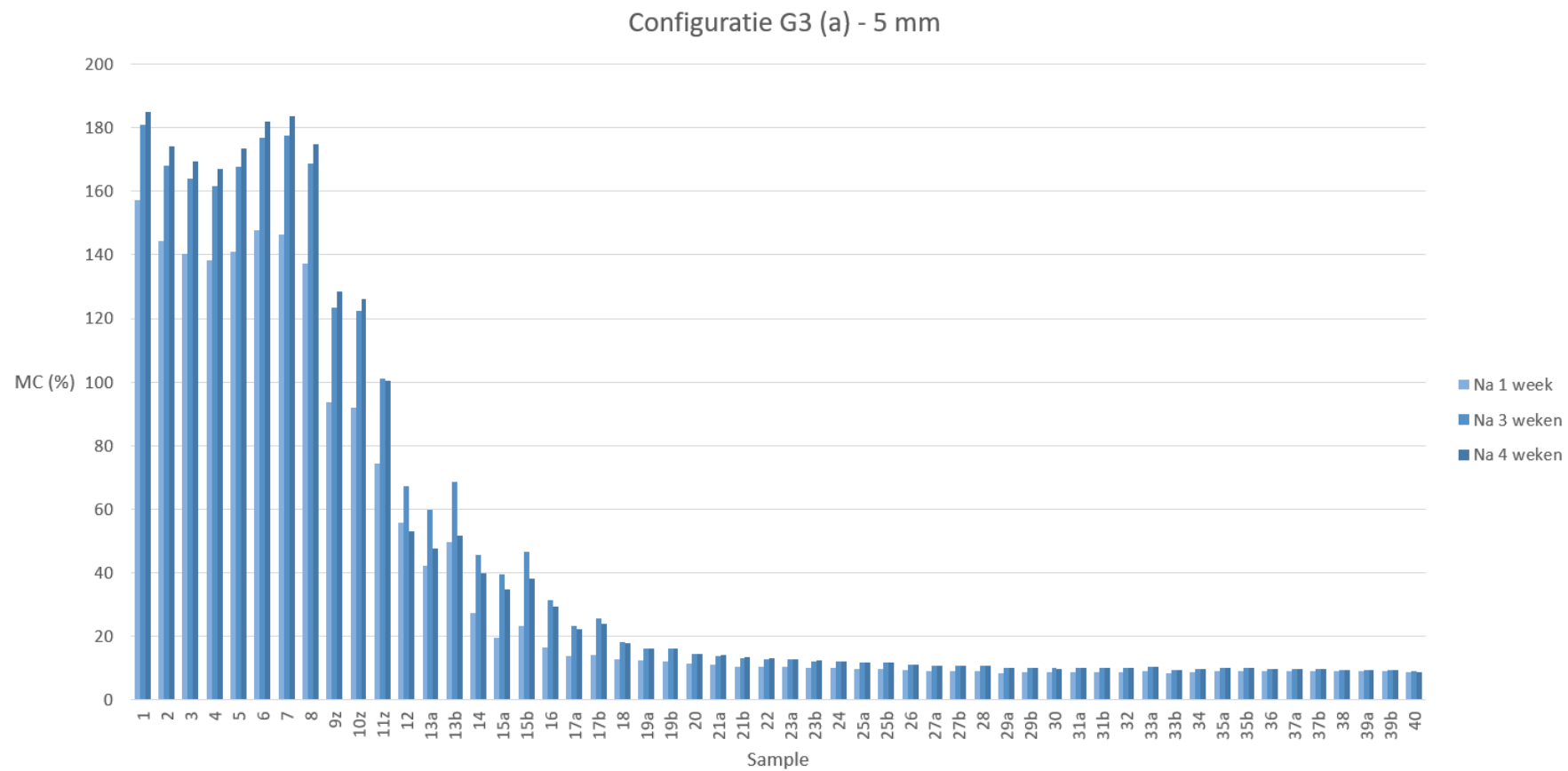
Omwille van het ontbreken van een gradiënt in G2 wordt een nieuwe configuratie getest waarbij onderaan de pile opnieuw gebruik gemaakt wordt van drie zijkopse niveaus. In dit geval bestaan de zijkopse lagen enkel uit volle blokjes en wordt er bovendien nauw op toegezien dat het waterniveau steeds onder deze zijkopse niveaus blijft. Deze configuratie wordt tweemaal getest. In figuren 35 en 36 is ditmaal duidelijk een gradiënt te zien die min of meer stabiel blijft in de tijd. Naar deze configuratie gaat dan ook de uiteindelijke voorkeur betreffende de grenenpiles.

40			
39	A		B
38			
37	A		B
36			
35	A		B
34			
33	A		B
32			
31	A		B
30			
29	A		B
28			
27	A		B
26			
25	A		B
24			
23	A		B
22			
21	A		B
20			
19	A		B
18			
17	A		B
16			
15	A		B
14			
13	A		B
12			
11		Z	
10		Z	
9		Z	
8			
7			
6			
5			
4			
3			
2			
1			

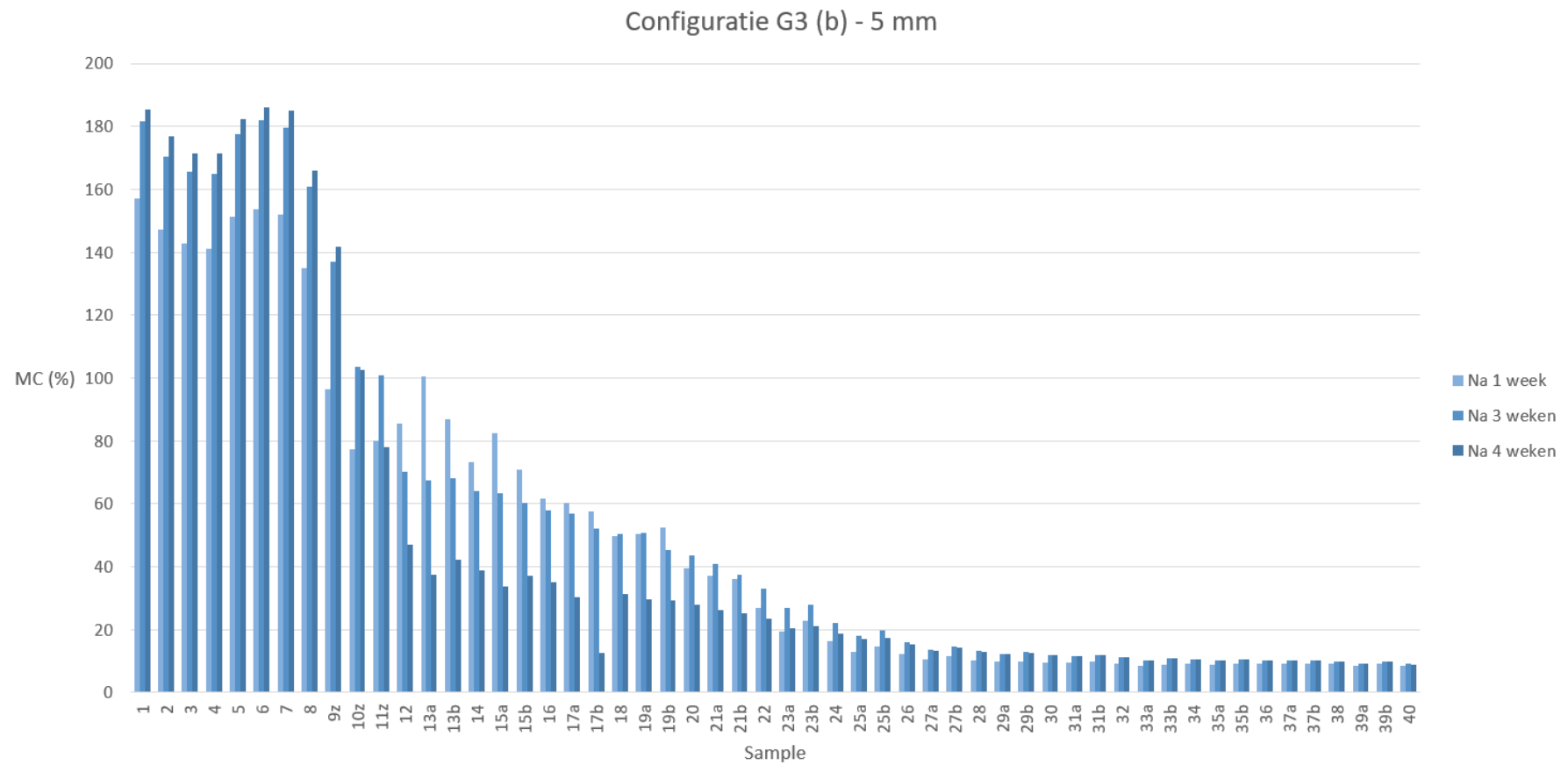
G3

Figuur 34: Schematische voorstelling configuratie G3

In bijlage D worden alle meetwaarden en berekende vochtgehaltes numeriek weergegeven.



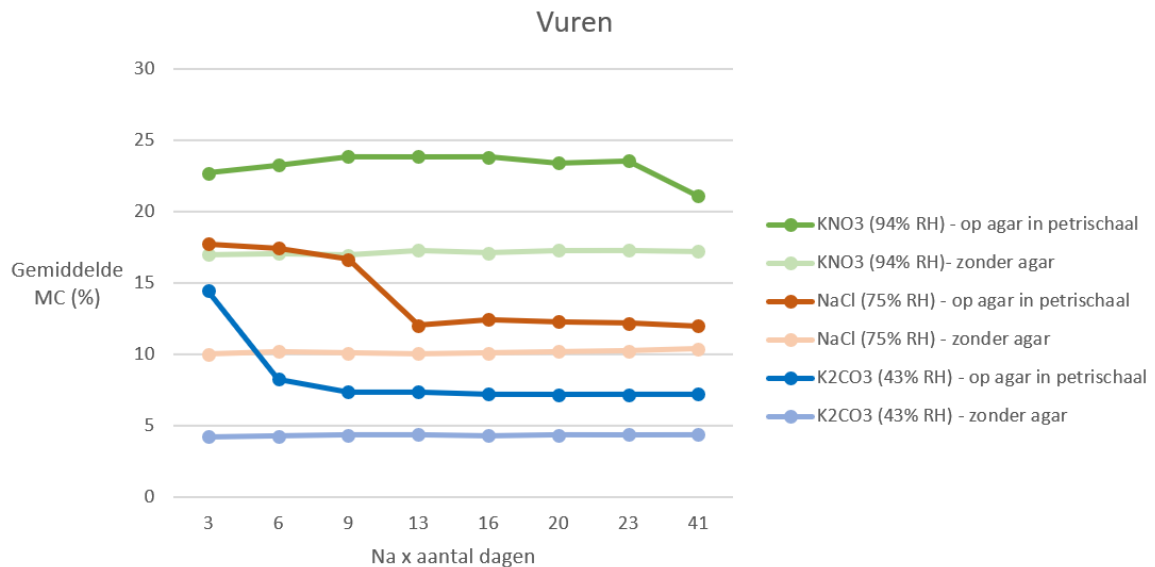
Figuur 35: MC-verloop configuratie G3 (a)



Figuur 36: MC-verloop configuratie G3 (b)

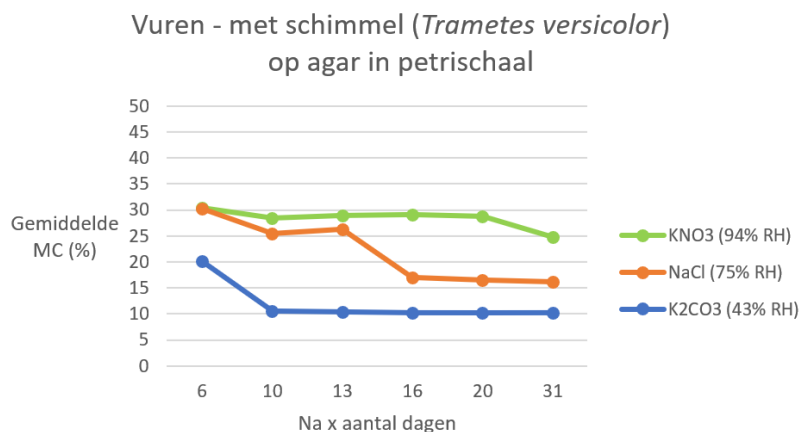
5.1.2. Voorafgaande mini-blocktest

Uit onderstaande grafiek blijkt dat de containers zonder agar snel evolueren naar een vochteevenwicht. Bij de containers met agar kent het vochtgehalte tijdens de eerste dagen een piek. Na verloop van tijd evolueert dit naar een evenwicht. Dit evenwicht ligt telkens duidelijk hoger dan bij de proefopstellingen waar geen agar werd gebruikt. Dit wijst er dus op dat agar weldegelijk invloed heeft op het ontstaan van een vochteevenwicht.



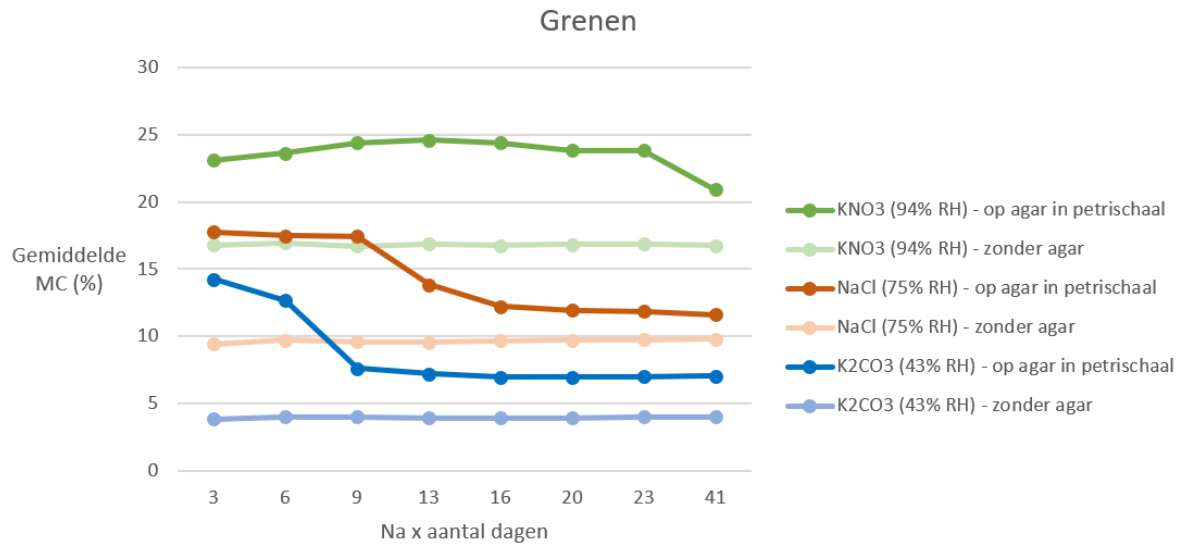
Figuur 37: Overzicht vochtgehaltes agar - geen agar (vuren)

Het vochtgehalte kent opnieuw een piek tijdens de eerste dagen maar de piek ligt hier hoger. Na verloop van tijd is te zien dat het vochtgehalte daalt en daarna stagneert. Dit zou kunnen worden verklaard doordat de schimmel vocht haalt uit de agar en deze in het blokje brengt om zo gunstige vochtomstandigheden voor zichzelf te creëren. Op een bepaald moment is de agar echter uitgedroogd, waardoor de schimmel het blokje niet meer kan bevochtigen en het blokje terugvalt naar het evenwicht dat wordt gecreëerd door de zoutoplossing. Wat ook opvalt is dat het vezelverzadigingspunt van het blokje enkel tijdens de initiële vochtpiek kan worden bereikt, wat niet gunstig is voor de beoogde proef.



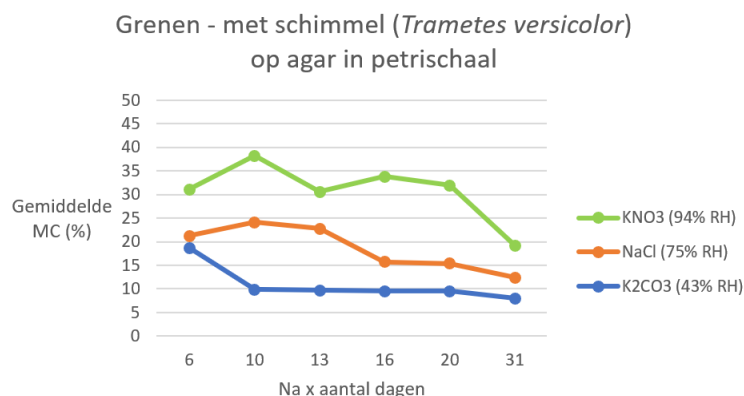
Figuur 38: Overzicht vochtgehaltes agar geïnoculeerd met *Trametes versicolor* (vuren)

Net zoals bij de vuren wordt ook bij grenen een initiële vochtpeik vastgesteld. Na verloop van tijd daalt het vochtgehalte opnieuw, waarbij opvalt dat hoe hoger de gecreëerde relatieve vochtigheid is, hoe langer deze daling op zich laat wachten. Uit deze meetresultaten kan niet worden afgeleid of de proefopstelling van KNO_3 met agar na 41 dagen zijn evenwicht reeds heeft bereikt.



Figuur 39: Overzicht vochtgehaltes agar - geen agar (grenen)

De resultaten voor grenen met schimmel zijn gelijkaardig als de resultaten voor vuren.

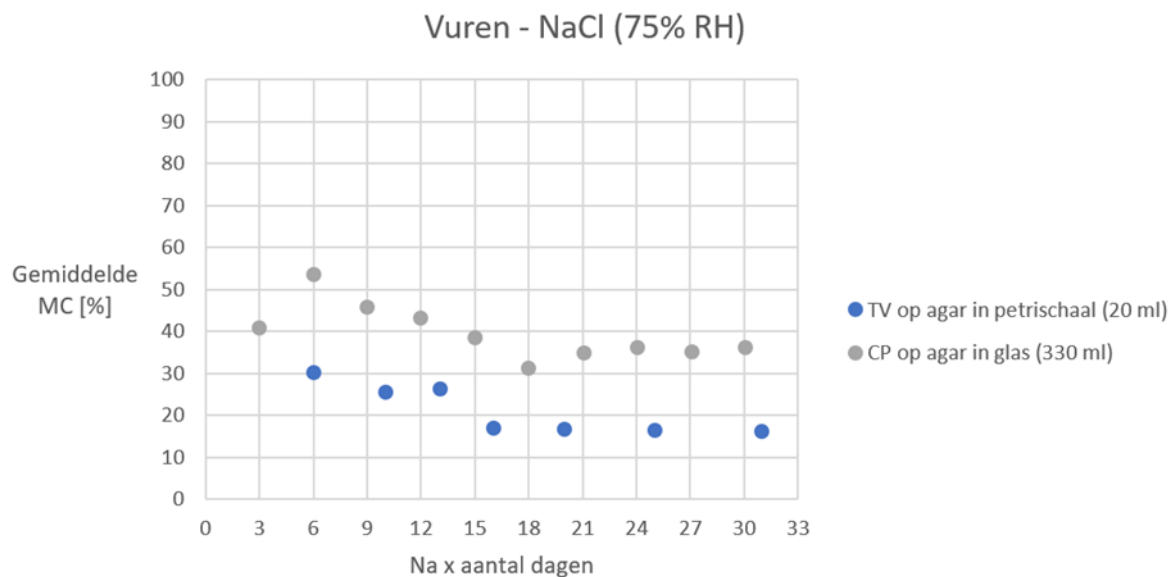


Figuur 40: Overzicht vochtgehaltes agar geïnoculeerd met *Trametes versicolor* (grenen)

Uit de voorafgaande mini-blocktest is gebleken dat met de gebruikte proefopstelling vochtgehaltes rond het vezelverzadigingspunt moeilijk kunnen worden bereikt. Dit komt omdat er te weinig vocht in het systeem kan worden gebracht door enkel te werken met de verzadigde zoutoplossingen en het dunne laagje agar. Om dit vochtgebrek op te lossen wordt gewerkt met glazen van 330 ml die volledig gevuld zijn met agar. Dit zorgt ook voor de zekerheid dat de schimmel gedurende de gehele proef over voldoende vocht en voedingsstoffen zal kunnen beschikken waardoor deze actief zal blijven. Dit is nodig omdat er gestreefd wordt naar identieke omstandigheden gedurende de beoogde proefduur van acht weken.

5.2. Resultaten mini-blocktest

Wanneer de proefopstellingen met natriumchloride worden bekeken, wordt vastgesteld dat het gemiddelde vochtgehalte van de blokjes reeds na 3 dagen hoger is dan het vezelverzadigingspunt. Er kan dus niet nagegaan worden of er een sneller massaverlies ontstaat vanaf het FSP. Dit is een vreemde vaststelling, want in de voorafgaande experimenten met de mini-blocks is er ook gewerkt met NaCl. Hier zijn alle vastgestelde vochtgehalten lager dan het FSP. Het evenwichtsvochtgehalte situeert zich bij de opstelling met agar en *Trametes versicolor* rond de 16%. Figuur 41 toont duidelijk aan dat het vochtgehalte bij de proefopstelling met agarglazen beduidend hoger ligt.



Figuur 41: Vergelijking gecreëerde vochtgehalte bij NaCl

Het enige verschil tussen beide opstellingen is de hoeveelheid agar. Bij de voorafgaande experimenten wordt gewerkt met een dun laagje agar (20 ml) op de bodem van een petrischaal. Bij de mini-blocktest proef wordt gewerkt met glazen van 330 ml die tot bovenaan gevuld waren. Het verschil in vochtgehalte moet hier dus gezocht worden.

Gedurende het experiment worden drie belangrijke vaststellingen gedaan. De eerste vaststelling is dat de petrischalen waarin de verzadigde zoutoplossingen zijn geplaatst, na verloop van tijd overlopen. Er komt dus extra vocht in deze petrischalen, en de enige mogelijke vochtbron is het agarglas.

De tweede vaststelling die wordt gedaan is dat het niveau van de agar in de glazen na verloop van tijd sterk daalt. Schimmels kunnen via hun mycelium en via hun strengen vocht uit externe vochtbronnen halen en transporteren naar het hout (Stienen, Schmidt, & Huckfeldt, 2014). De daling van het agarniveau is echter te significant om door de blokjes alleen te kunnen zijn opgenomen. De vochtgehalten van de blokjes zouden dan namelijk extreem hoge waarden moeten aannemen. Deze extreme waarden worden niet vastgesteld. Dit bewijst dat het vocht vanuit de agar op een bepaalde manier getransporteerd wordt naar de petrischalen.

De derde vaststelling is dat wanneer de relatieve vochtigheid in de container wordt gemeten met behulp van hobologgers, deze niet overeen komt met de vooropgestelde waarde van 75%. Nochtans werd er bij het begin van de proef goed op gelet dat de oplossing wel degelijk oververzadigd was, en is er meermaals extra NaCl toegevoegd geweest aan de petrischalen. Een selectie uit de gemeten waarden voor de proefopstelling van NaCl met vurenhout is te zien in tabel 4.

Tabel 4: Data hobologgers NaCl (75% RH) vuren

Data hobologger NaCl (75% RH) vuren					
Datum	Uur	RH [%]	Datum	Uur	RH [%]
25/04/2019	17:15	65,530	26/04/2019	6:00	86,738
25/04/2019	17:30	80,494	26/04/2019	8:00	86,889
25/04/2019	18:00	83,487	26/04/2019	10:00	87,011
25/04/2019	18:30	84,301	26/04/2019	12:00	87,089
25/04/2019	19:00	84,773	26/04/2019	14:00	87,172
25/04/2019	19:30	85,076	26/04/2019	16:00	87,255
25/04/2019	20:00	85,267	26/04/2019	18:00	87,311
25/04/2019	21:00	85,593	27/04/2019	6:00	87,870
25/04/2019	22:00	85,839	27/04/2019	11:25	79,606
26/04/2019	0:00	86,158	27/04/2019	18:00	88,250
26/04/2019	2:00	86,421	3/05/2019	13:10	92,490
26/04/2019	4:00	86,594	3/05/2019	13:15	50,340

De metingen van deze proefopstelling vonden plaatst op 27 april en op 3 mei. Op 25 april om 17:30 werd de hobologger in de proefopstelling geplaatst. De gemeten waarde lag op dat tijdstip duidelijk lager dan 75%. Dit komt omdat de proefopstelling op dat moment net geopend was, waardoor de dampdeeltjes die op dat moment in de lucht aanwezig waren, verdwenen waren in de droge lucht van de laminar flow. Ook op de twee tijdstippen waarop metingen werden uitgevoerd is deze daling te merken. Hoe langer de container open heeft gestaan in de laminar flow, hoe lager de RH wordt. Bij de andere metingen is duidelijk te zien dat de gemeten waarden veel hoger liggen dan de beoogde 75%. Bovendien bleven de waarden stijgen met verloop van tijd, wat erop wijst dat het systeem constant naar een evenwicht streeft maar dit nooit bereikt.

De graduele stijging van de relatieve vochtigheid kan verklaard worden aan de hand van de werking van de zoutoplossingen. Initieel zijn deze verzadigd en zorgt het vochtevenwicht tussen de oplossing en de lucht voor een constante relatieve vochtigheid van 75%. Wanneer zich echter agarglazen in de container bevinden, welke een grote hoeveelheid vocht bevatten, zal het agarmedium dit vocht verliezen aan de lucht en zal de luchtvochtigheid in de container stijgen. Deze stijging zorgt er op zijn beurt voor dat de zoutoplossingen naar een nieuw evenwicht evolueren door opname van bijkomende waterdeeltjes in de oplossing. Het volume van de zoutoplossingen neemt bijgevolg toe en de zoutconcentratie daalt. Zolang de agar vocht bevat zal het systeem blijven streven naar een evenwicht en zal de relatieve vochtigheid toenemen.

Het staat niet vast of agar rechtstreeks vocht kan verliezen aan de lucht, of dat hiervoor schimmels nodig zijn. Schimmels zorgen er namelijk voor dat er tijdens het afbraakproces van de cellulose van de celwand water en CO₂ vrijkomt. Normaal gezien wordt dit water voor een deel opgenomen door het blokje, waardoor de vochtomstandigheden optimaal blijven voor de schimmel. Een ander deel van het water wordt gebruikt door de schimmel om zijn metabolisme in tact te houden (Schmidt, 2006). Door het streven van het systeem naar evenwicht, is het echter mogelijk dat een deel van het vrijgekomen water door de lucht wordt opgenomen. De waterdeeltjes verplaatsen zich vervolgens naar de petrischalen.

De reden waarom dit fenomeen bij de voorafgaande testen niet kon worden ontdekt, is dat er bij deze testen gewoon niet voldoende agar aanwezig was waardoor er visueel geen significante stijging van het niveau van de zoutoplossingen kon worden waargenomen.

Hieruit kan geconcludeerd worden dat deze proefopstelling door de grote hoeveelheden agar niet optimaal is om onderzoek te doen naar het verband tussen het vochtgehalte dat zich situeert rond het vezelverzadigingspunt en het massaverlies.

5.2.1. Massaverlies

Alle mini-blocks worden bij aanvang van de proef gedurende drie dagen in een oven geplaatst bij een temperatuur van 103°C. Zodra ze uit de oven komen wordt de ovendroge massa m_0 van de blokjes bepaald. Vervolgens gaat de proef van start en worden de blokjes aangetast door de bruinrotschimmel *Coniophora puteana*. Om de drie dagen worden uit iedere proefopstelling drie blokjes genomen. Indien mycelium van de schimmel op het blokje is gegroeid wordt dit voorzichtig verwijderd met een mesje, waarna het blokje voor een tweede keer wordt gewogen (m_1). Vervolgens worden de blokjes drie dagen in de oven geplaatst, opnieuw bij 103°C, waarna het blokje een laatste keer wordt gewogen en de finale ovendroge massa m_2 wordt genoteerd. Alle gewogen massa's, vochtgehaltes en massaverliezen kunnen worden teruggevonden in bijlagen A, B en C.

In de literatuur worden de blokjes gedroogd tot de ovendroge massa m_0 een constante is (Meyer & Brischke, 2015). Meestal volstaat 18 tot 24 uur in een oven aan 103°C. Voor aanvang van de mini-blocktest wordt een kleine test uitgevoerd om na te gaan of de massa van blokjes die één dag in de oven hebben verbleven dezelfde is als de massa van diezelfde blokjes als deze drie dagen in de oven hebben verbleven. Hieruit is gebleken dat de massa's na drie dagen steeds enkele milligram lager lagen dan de massa's na één dag in de oven te hebben verbleven. Om zo nauwkeurig mogelijk te werk te gaan werd hieruit besloten om de blokjes steeds drie dagen in de oven te plaatsen.

Aangezien bij elke meting drie blokjes uit de proefopstelling worden verwijderd, worden de blokjes niet allemaal even lang blootgesteld aan de schimmel. Voor aanvang van de proef wordt verwacht dat de blokjes die snel uit de proefopstelling waren genomen, geen of slechts geringe massaverliezen zullen vertonen. Dit komt omdat schimmels een bepaalde tijd nodig hebben om het hout te kunnen koloniseren en om zich vervolgens te kunnen ontwikkelen. Kolonisatie zou bij deze proef in principe niet al teveel tijd in beslag mogen hebben genomen aangezien de blokjes bij aanvang van de proef volledig steriel worden gemaakt door de autoclaaf. De concurrentiestrijd met andere schimmeltypen moet dus niet worden aangegaan.

Verder wordt er verwacht dat het massaverlies geleidelijk aan toeneemt naarmate de tijd dat de blokjes door de schimmel worden aangetast vordert. Schimmels die blootgesteld waren aan gunstigere vochtcondities zouden normaal gezien ook voor meer massaverlies moeten zorgen. De juistheid van deze verwachtingen zullen in dit deel van de thesis worden gecontroleerd.

Tabel 5: Verwerking van ML vuren

Vuren: Proefopstelling	RH [%]	Gemiddelde ML tussen 0 en 24 dagen [%]	Gemiddelde ML tussen 27 en 57 dagen [%]	Gemiddelde ML tussen 0 en 57 dagen [%]	Minimale waarde ML [%]	Maximale waarde ML [%]
K ₂ CO ₃	43	-2,1230	5,3623	1,6197	-7,6017	19,8848
Mg(NO ₃) ₂	54	-2,0276	11,4962	4,7343	-9,4731	37,9920
NaNO ₂	66	0,2099	10,7256	5,4677	-2,9740	25,8701
NaCl	75	-3,5394	7,3365	1,8986	-11,7007	30,5776
KCl	85	-4,8268	13,9733	4,5732	-8,4703	39,6759
H ₂ O	100	3,6184	20,5412	12,0798	-4,1843	33,3722
H ₂ O 40%	100	5,2060	16,4276	10,8168	-2,5610	44,5837
H ₂ O 60%	100	5,4526	14,8055	10,1291	-1,9013	29,6003
H ₂ O 80%	100	2,8091	15,0103	8,9097	-0,8851	37,1355

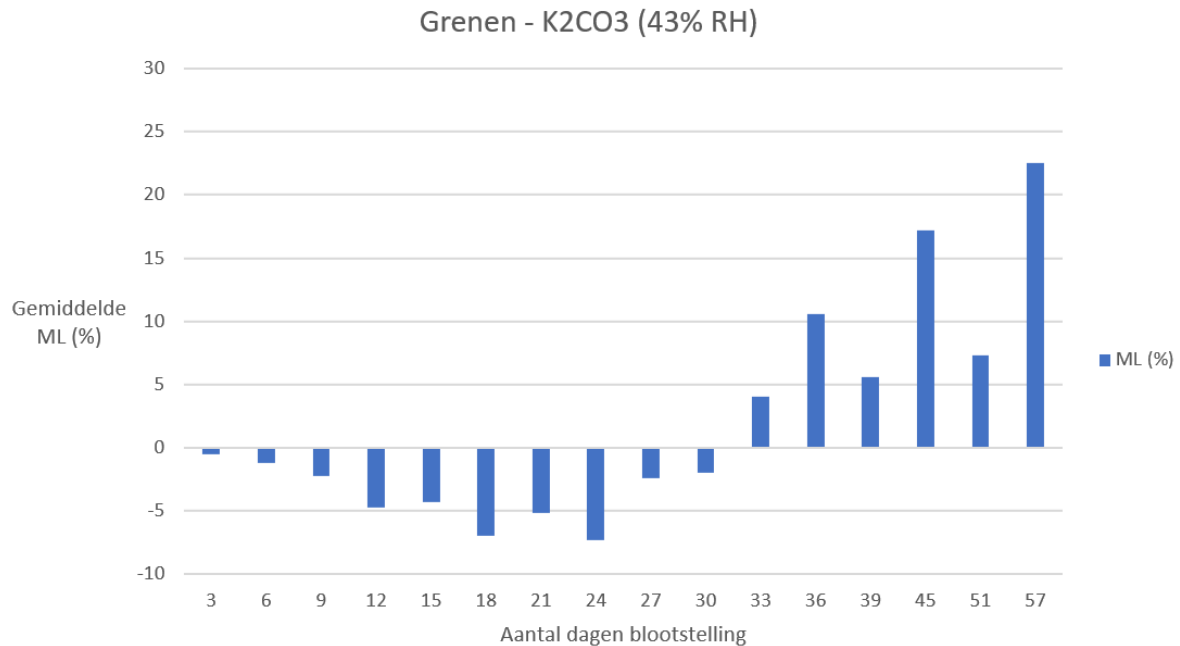
Tabel 6: Verwerking van ML grenen

Grenen: Proefopstelling	RH [%]	Gemiddelde ML tussen 0 en 24 dagen [%]	Gemiddelde ML tussen 27 en 57 dagen [%]	Gemiddelde ML tussen 0 en 57 dagen [%]	Minimale waarde ML [%]	Maximale waarde ML [%]
K ₂ CO ₃	43	-4,0422	7,8530	1,9054	-11,2114	29,9336
Mg(NO ₃) ₂	54	-0,9720	12,1029	5,5655	-5,0176	31,7310
NaNO ₂	66	-0,0682	10,2285	5,0802	-5,6459	33,8774
NaCl	75	-3,8378	6,7802	1,4712	-9,2556	29,4585
KCl	85	-3,0702	15,0144	5,9721	-8,2204	35,9489
H ₂ O	100	2,9182	16,3524	9,6353	-3,3230	35,8745
H ₂ O 40%	100	5,9231	19,1086	12,5159	-1,4083	36,1901
H ₂ O 60%	100	4,1674	16,8547	10,5111	-2,0304	31,5058
H ₂ O 80%	100	4,0732	13,7198	8,8965	-1,7196	27,2618

ML in de eerste 24 dagen

In tegenstelling tot de verwachtingen worden bij de eerste berekeningen van het massaverlies vooral negatieve waarden vastgesteld. Dit betekent dat de blokjes aan massa hebben gewonnen. Dit wordt vastgesteld bij alle proefopstellingen. In de ene situatie al wat extremer dan bij de andere. De maximale massawinst die bij vurenhout wordt vastgesteld is 11,7007%. Deze massawinst werd gemeten bij de proefopstelling met natriumchloride (75% RH) na 21 dagen blootstelling aan de schimmel. Bij grenenhout bedraagt de maximale massawinst 11,2114%. Deze werd gemeten bij de proefopstelling met kaliumcarbonaat (43% RH) na 24 dagen blootstelling. Het valt op dat de massawinsten voornamelijk worden vastgesteld bij de zoutoplossingen die een lage relatieve vochtigheid veroorzaken. Figuur 42 illustreert deze bevinding.

Naarmate het onderzoek vordert ontstaat weldegelijk massaverlies. Na 24 dagen komen er bij de meeste proefopstellingen geen massawinsten meer voor. Om na te kijken of er een verband is tussen de massawinst en de RH wordt voor de eerste 24 dagen van elk zout een gemiddelde berekend. Dit gemiddelde wordt weergegeven in tabellen 5 en 6.



Figuur 42: Gemiddeld massaverlies (ML) K₂CO₃ grenen

Uit tabellen Tabel 5 en Tabel 6 valt voor de proefopstellingen met zouten op dat bij de metingen tussen 0 en 24 dagen het massaverlies gemiddeld negatief uitvalt. Bij de proefopstellingen waarbij gewerkt wordt met H₂O worden gemiddeld geen negatieve waarden gemeten.

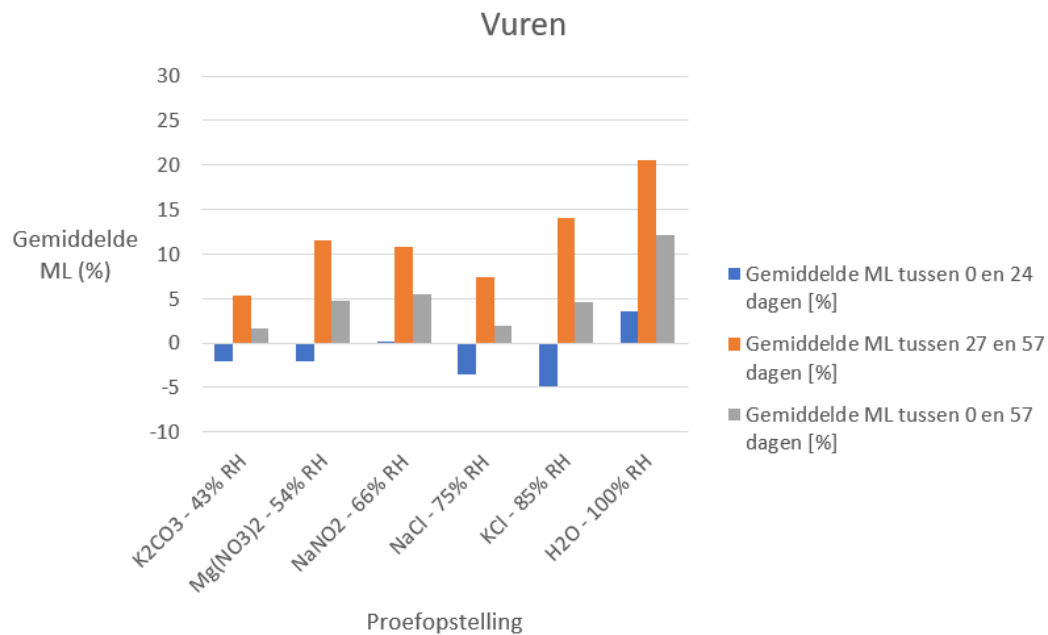
De grootste gemiddelde massawinst bij de grenen wordt vastgesteld bij K₂CO₃, dus bij de minst optimale vochtomstandigheden voor de schimmel. Dit ligt in de lijn van de verwachtingen. Bij vuren is de grootste gemiddelde massawinst echter te vinden bij KCl. Hier zijn de vochtomstandigheden nochtans veel beter. Ook opvallend is de hoge waarde van massawinst bij NaCl en de lage waarden van NaNO₂ bij zowel vuren als grenen. Een eenduidig besluit kan uit deze gegevens dus niet worden gehaald.

Wat ook opvalt, is de duur waarover massawinst wordt waargenomen. Bij de proefopstellingen met H₂O wordt er tot maximum 12 dagen na de start van de proef massawinst vastgesteld. Dit in tegenstelling tot bij K₂CO₃ van de grenen, waar er zelf na 51 dagen nog een mini-block werd gevonden die in massa is gestegen.

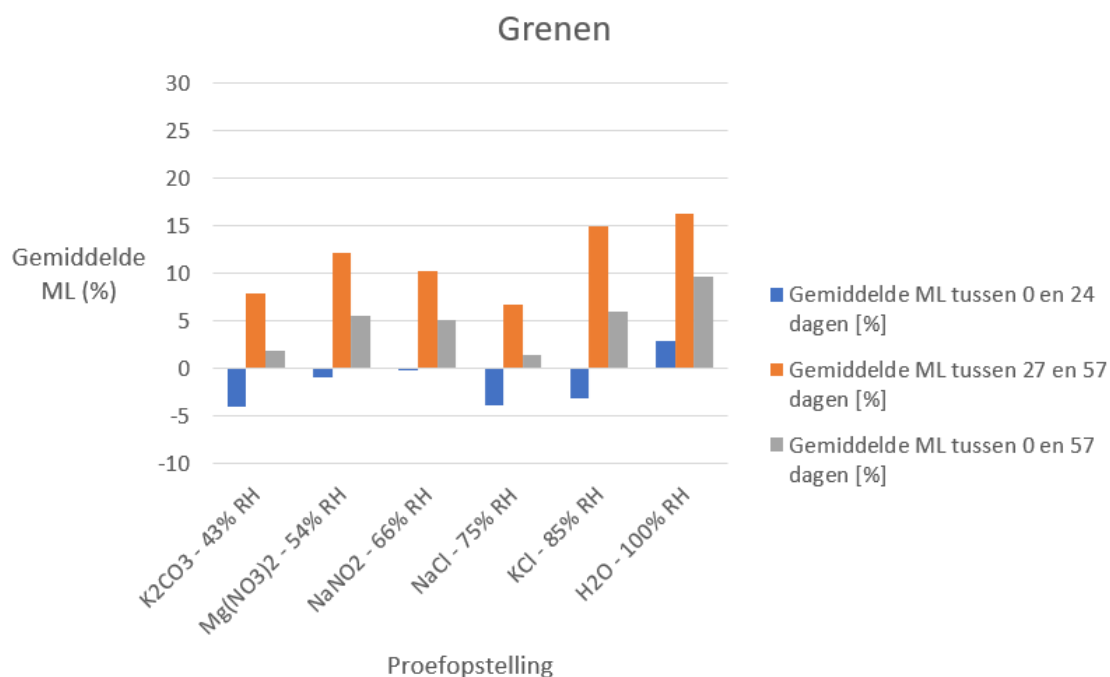
Massawinst is een fenomeen dat door Meyer (2015) reeds werd vastgesteld bij het uitvoeren van een pile-test. De massawinsten beperkten zich hier wel tot 5%. Om er zeker van te zijn dat er tijdens het verwerken van de resultaten geen fouten waren gemaakt, werden alle blokjes die een massawinst vertoonden die groter was dan 5% opnieuw gedurende drie dagen in de oven geplaatst. De massa's na de nieuwe droging waren allen enkele milligram gedaald. Dit had echter weinig effect op het massaverlies in %. Een mogelijke verklaring voor deze daling is dat deze blokjes in totaal 6 dagen in de oven hebben gezeten. Maar een meer aannemelijke verklaring voor dit verschil is de onnauwkeurigheid van de gebruikte weegschaal. De gebruikte weegschaal kan tot op 1/10.000^e van een gram wegen. Gebruik van de weegschaal heeft echter aangetoond dat er maar betrouwbare resultaten kunnen worden bekomen tot op 1/100^e van de gram. De laatste 2 cijfers op de weegschaal versprongen namelijk voortdurend.

Er werd ook nagegaan of er geen fout zat op de weegschaal door gebruikt te maken van een tweede weegschaal. Deze gaf echter dezelfde resultaten weer wanneer 1 blokje op beide weegschalen werd gewogen.

Huckfeldt en Schmidt (2006) verklaren dit fenomeen door te stellen dat de massawinst veroorzaakt wordt door inwendig gegroeid mycelium. De massa van dit mycelium moet dus hoger zijn dan het massaverlies dat deze schimmel veroorzaakt in het hout. Schmidt (2006) stelt dat de gebruikte testschimmel, *Coniophora puteana*, vaak moeilijk detecteerbaar is, aangezien de schimmel veeleer inwendig groeit en minder op de oppervlakte van het hout. Dit versterkt het vermoeden dat inwendig groeiend mycelium de oorzaak van de massawinst kan zijn.



Figuur 43: Periodegemiddelde ML voor de verschillende proefopstellingen (vuren)



Figuur 44: Periodegemiddelde ML voor de verschillende proefopstellingen (grenen)

In figuren 43 en 44 is te zien dat tijdens de eerste 24 dagen voornamelijk massawinsten worden vastgesteld. De gemiddelde resultaten van het massaverlies na 57 dagen worden door deze massawinsten beïnvloed. Er valt dan ook geen duidelijk verband op te maken tussen de verschillende vochtomstandigheden en het massaverlies. Om puur na te kunnen gaan of er een verband is tussen massaverlies en de verschillende gecreëerde vochtomstandigheden, wordt er een gemiddeld berekend van de meetwaarden tussen 27 en 57 dagen. Vanaf 27 dagen wordt er bij de meeste proefopstellingen namelijk hoofdzakelijk positief massaverlies vastgesteld.

Bij de verschillende proefopstellingen ligt het periodegemiddeld massaverlies tussen 27 en 57 dagen hoger naarmate de relatieve vochtigheid oploopt. Dit toont aan dat wanneer er enkel massaverliezen voorkomen, het gezocht verband duidelijker wordt dan wanneer er ook rekening gehouden wordt met de massawinsten.

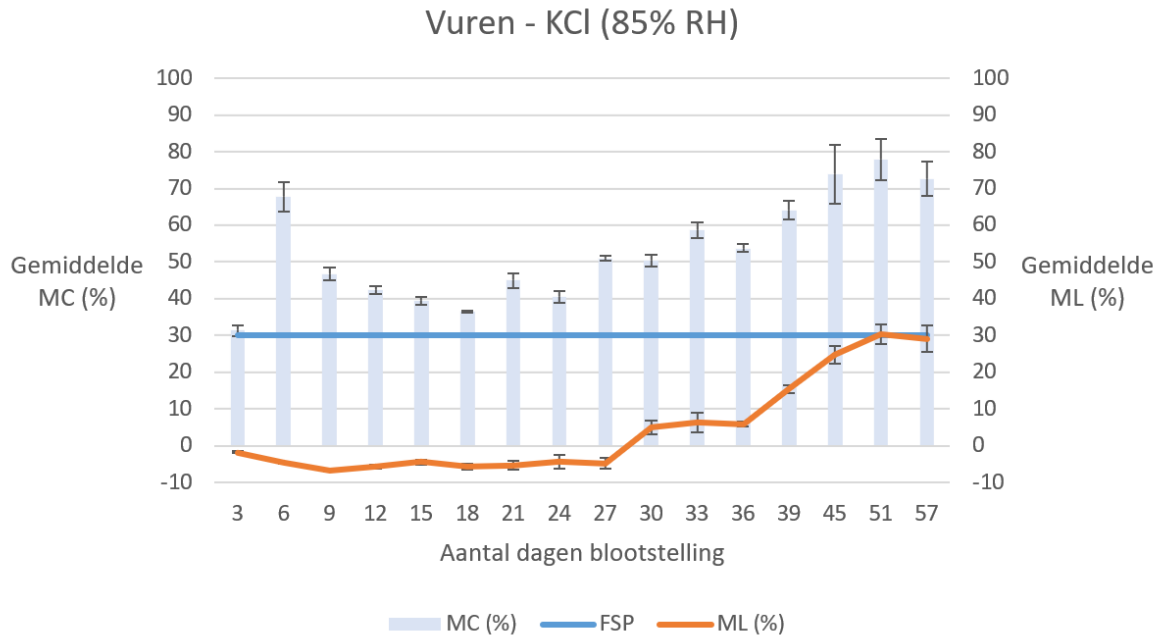
Het maximale massaverlies dat wordt vastgesteld is bij beide houtsoorten te vinden bij de proefopstelling met H₂O waarbij de blokjes op voorhand een MC van 40% hebben gekregen. De maximale waarde bij vurenhout is 44,5837% en dit wordt vastgesteld na 51 dagen. Bij grenenhout bedraagt de maximale waarde 36,1901% en dit wordt vastgesteld na 57 dagen aantasting.

5.2.2. Verband vochtgehalte - massaverlies

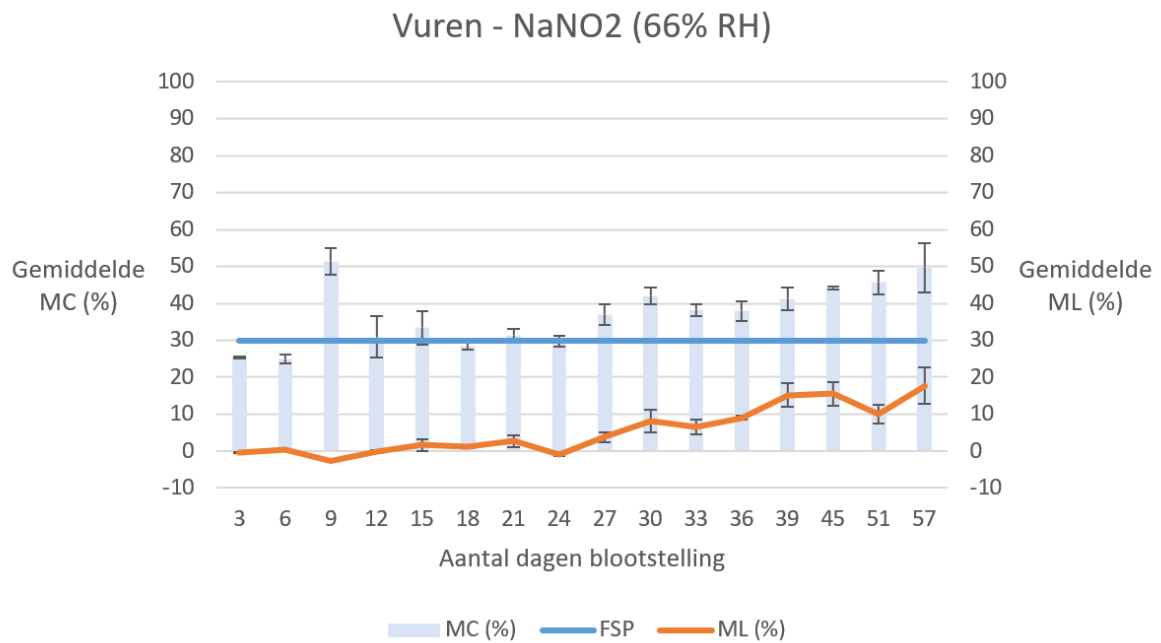
In onderstaande figuren wordt de gemiddelde *moisture content* en het gemiddelde massaverlies weergegeven doorheen de tijd voor enkele proefopstellingen met verzadigde zoutoplossingen. In deze figuren is telkens een initiële vochtpiek te zien. Daarnaast is ook te zien dat de piek gepaard gaat met een massawinst. Dit zou kunnen worden verklaard door het binnendringen van het mycelium in het blokje. Wanneer mycelium in het blokje aanwezig is kan dit vocht naar het blokje transporteren om gunstigere vochtomstandigheden voor zichzelf te creëren. Het ingegroeide mycelium zou dus zowel de massawinst als de initiële vochtpiek kunnen verklaren.

Hoe lager de gecreëerde relatieve vochtigheid van de proefopstelling, hoe later deze piek blijkt op te treden. Zo treedt bij vurenhout de piek bij KCl (85%) reeds op na zes dagen, terwijl de piek bij K₂CO₃ pas optreedt na 21 à 24 dagen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat een lagere relatieve vochtigheid er namelijk voor zou kunnen zorgen dat de schimmel meer tijd nodig heeft om het blokje te overgroeien en vervolgens te bevochtigen.

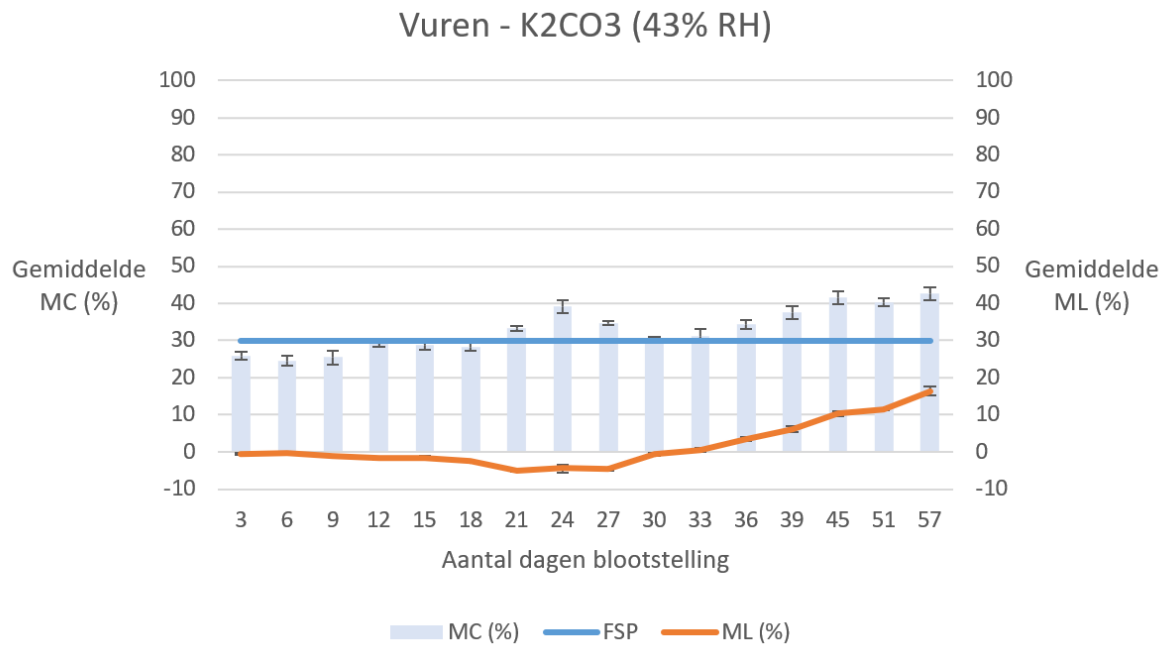
Bij dezelfde proefopstellingen met grenenhout worden dezelfde vaststellingen gedaan, maar de vochtpiek valt gemiddeld iets vroeger. Bovendien ligt de MC bij deze piek gemiddeld iets hoger. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat grenenhout makkelijker te bevochtigen is door hogere capillariteit. Dit stemt overeen met de resultaten uit de voorafgaande pile-testen, waarbij grenen-pile veel makkelijker vocht opnamen.



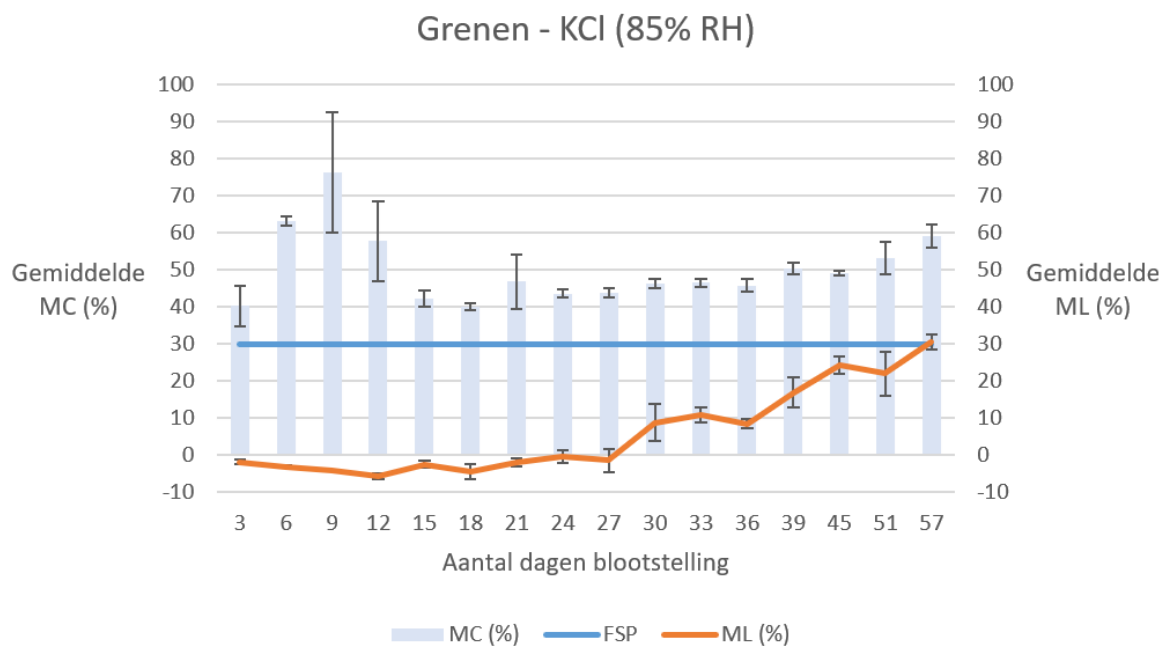
Figuur 45: Verband tussen MC en ML bij KCl (85% RH) voor vuren



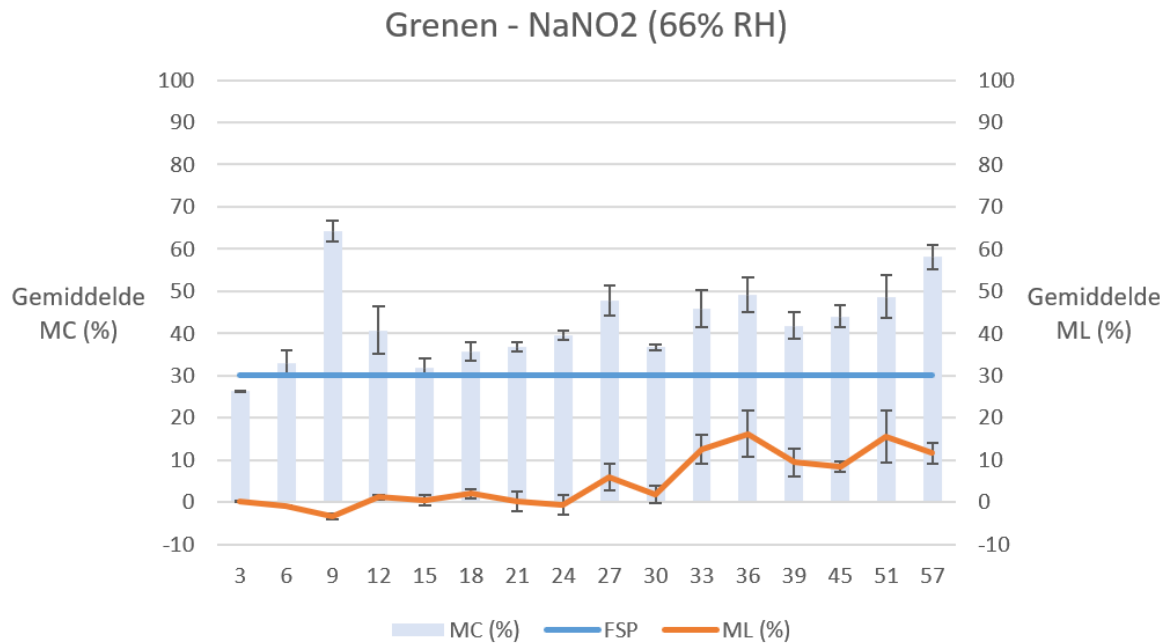
Figuur 46: Verband tussen MC en ML bij NaNO₂ (66% RH) voor vuren



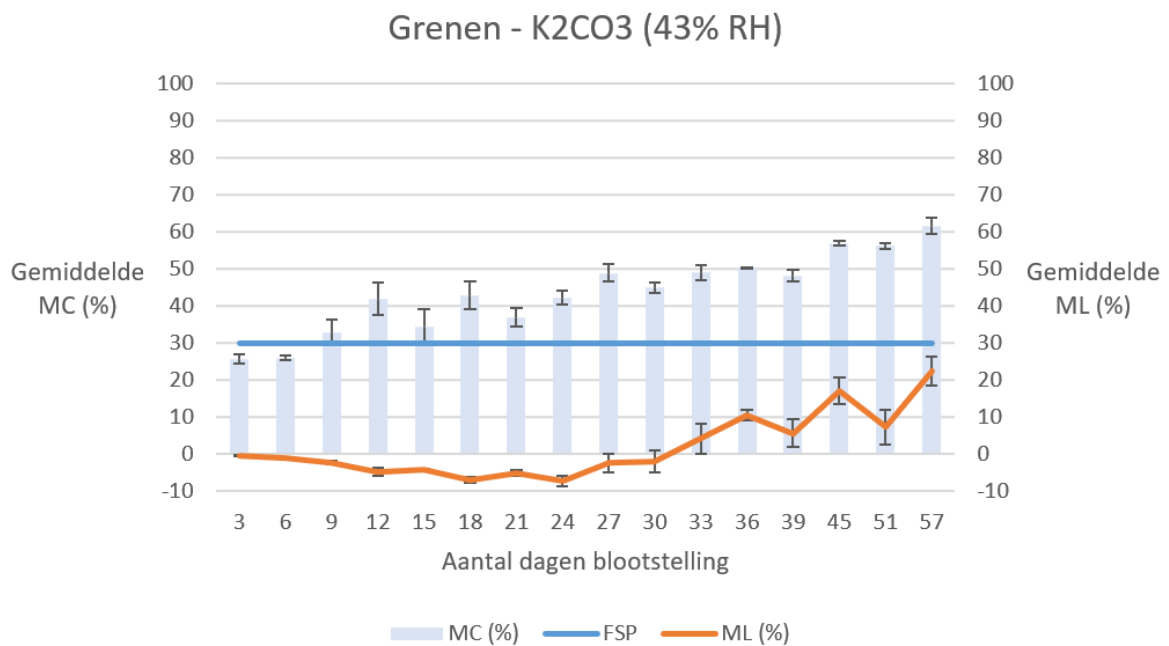
Figuur 47: Verband tussen MC en ML bij K₂CO₃ (43% RH) voor vuren



Figuur 48: Verband tussen MC en ML bij KCl (85% RH) voor grenen



Figuur 49: Verband tussen MC en ML bij NaNO₂ (66% RH) voor grenen



Figuur 50: Verband tussen MC en ML bij K₂CO₃ (43% RH) voor grenen

Een belangrijke opmerking die dient gemaakt te worden betreffende de resultaten: per meting werden uit elke container drie blokjes genomen. Er werd steeds getracht om elk blokje uit een ander glas van de container te nemen. Dit werd gedaan omdat het duidelijk te zien was dat in sommige glazen de schimmel veel actiever was dan in andere glazen. In onderstaande figuur 51 is te zien dat er een grote variatie is in schimmelgroei op de blokjes.

Hierbij valt op dat dichtst gelegen glazen bij de ventilator de minste schimmelgroei kennen. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat de ventilator vocht wegblaast naar de andere zijde van de container, waardoor lokaal minder gunstige vochtcondities ontstaan. Dit zou bovendien kunnen worden verklaard doordat de luchtstroom het transport van vocht uit de agarglazen naar de zoutoplossingen bevordert. Dit effect is bijgevolg groter voor de dichtst gelegen glazen bij de ventilator.



Figuur 51: Variatie in schimmelgroei bij proefopstelling met NaNO_2 (66% RH) voor grenen

Om deze reden wordt nagegaan of de vastgestelde vochtpiek beïnvloed werd door de keuze van de blokjes. Bij NaNO_2 van grenen wordt de vochtpiek vastgesteld na negen dagen. Als de gekozen blokjes van die meting individueel worden bekeken, is te zien dat deze allen uit de glazen komen die het verst van de ventilator zijn verwijderd. Er is visueel ook duidelijk meer schimmelgroei te zien. Bij meetdagen 6 en 12, waar het gemiddelde vochtgehalte beduidend lager ligt, was één van de drie genomen blokjes afkomstig uit de glazen die het dichtst bij de ventilator staan. Als het vochtgehalte van deze blokjes bekeken wordt is duidelijk te zien dat dit lager ligt dan het vochtgehalte van de blokjes uit de verder verwijderde glazen. Hieruit kan worden afgeleid dat de keuze van de blokjes een grote invloed heeft op het tijdstip waarop de vochtpiek wordt vastgesteld. Een andere conclusie die hieruit kan worden getrokken is dat de proefopstelling betere resultaten zou kunnen opleveren als er geen gebruik wordt gemaakt van de ventilator. In dat geval zou er namelijk geen asymmetrie ontstaan in de container.

5.2.3. Invloed van het vezelverzadigingspunt op het massaverlies

Te verwachten valt dat wanneer het vochtgehalte het vezelverzadigingspunt overschrijdt, er een stijging zal waar te nemen zijn in het massaverlies. De schimmel kan vanaf dan namelijk makkelijker aan het vocht in het hout. Oorspronkelijk was het de bedoeling dat deze invloed voor elke proefopstelling met zoutoplossingen kon worden bekeken. De voorafgaande mini-blocktesten hadden namelijk aangetoond dat de vochtgehaltes die werden bereikt steeds onder het FSP lagen. Door het opgetreden probleem van vocht migratie naar de zoutoplossingen, lagen de vochtgehaltes van de meeste proefopstellingen reeds na de eerste meting te hoog.

Bij de proefopstelling van vurenhout met K_2CO_3 lagen de vochtgehaltes bij de eerste metingen wel nog onder het vezelverzadigingspunt. Op figuur 47 werd het verband tussen het vochtgehalte en het massaverlies reeds weergegeven. Hierin is te zien dat wanneer de MC na 21 dagen een eerste

keer het FSP overschrijdt, er massawinst optreedt. Dit zou kunnen verklaard worden door het reeds eerder vermeld vermoeden van ingroeiend mycelium. Het vermoeden dat het tijdstip waarop de vochtpiek plaatsvindt sterk afhankelijk is van de genomen blokjes, maakt het interpreteren van deze grafiek nog moeilijker.

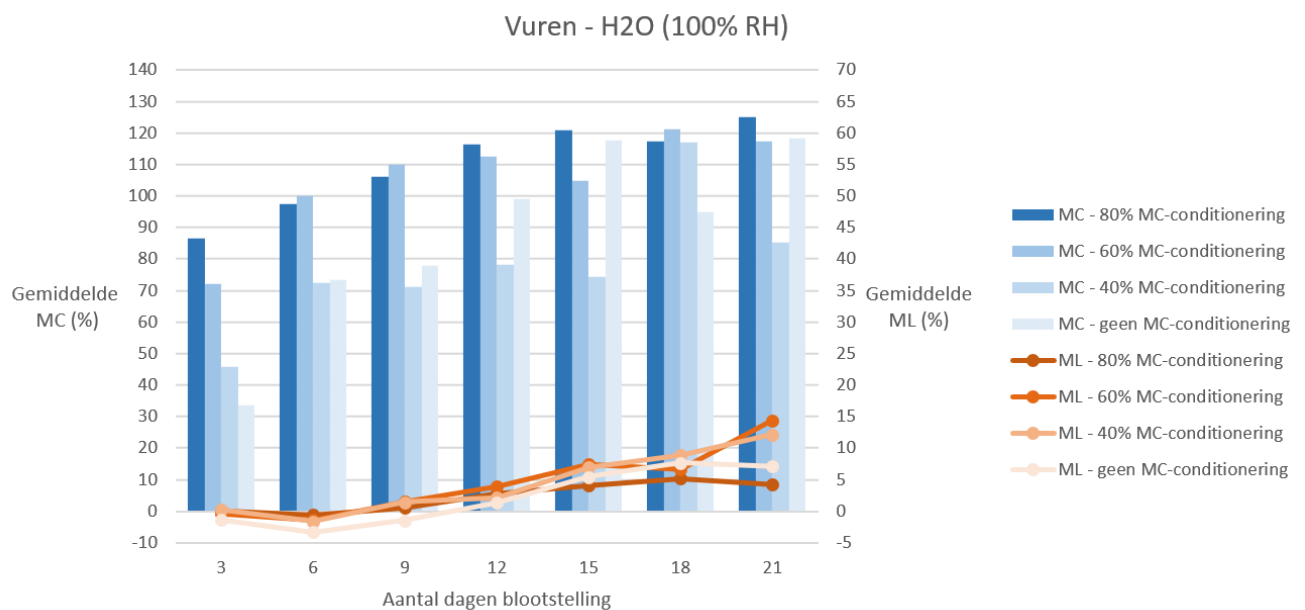
Bij geen enkele proefopstelling wordt massaverlies onder het FSP vastgesteld, noch wordt een plotse stijging van het massaverlies vastgesteld op het moment dat het vochtgehalte het FSP overschrijdt.

Hieruit moet worden geconcludeerd dat door het lage aantal herhalingen (3 blokjes per meting) er een grote onzekerheid bestaat over de bekomen resultaten. De spreiding van de resultaten in de tijd is te groot.

5.2.4. Invloed van voorconditionering vochtgehalte op het massaverlies

In deze paragraaf wordt de invloed van het voorconditioneren van de vochtgehalten van de blokjes op het massaverlies onderzocht. In figuur 52 worden gedurende de eerste 21 dagen geen significante verschillen in de massaverliezen tussen de verschillende conditioneringen opgemerkt. Na zes dagen is te zien dat het effect van de preconditionering reeds is verdwenen.

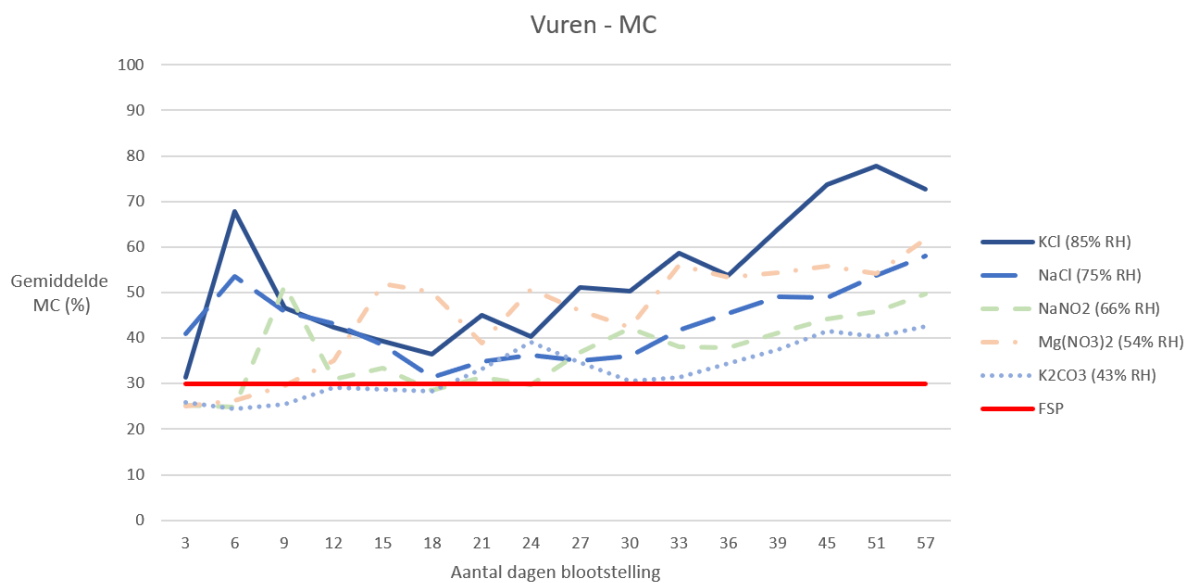
Bij de proefopstellingen met grenenhout worden net dezelfde vaststelling gemaakt.



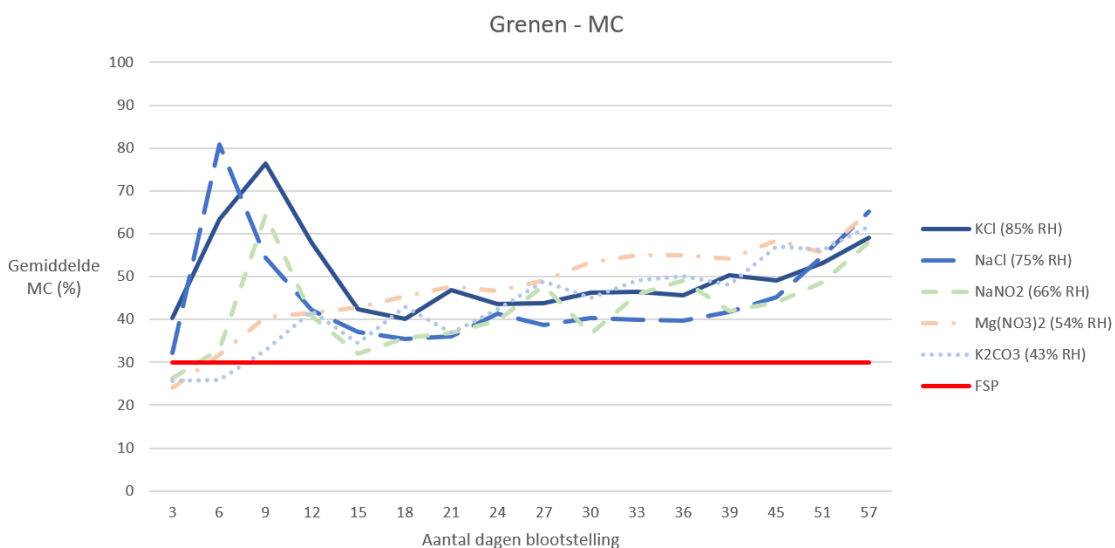
Figuur 52: Invloed van voorconditionering MC op ML bij 100% RH (vuren)

5.2.5. Vergelijking vochtgehaltes verschillende zouten

In deze paragraaf worden de verlopen van de gemiddelde vochtgehaltes bij de verschillende proefopstellingen met verzadigde zoutoplossingen onderling vergeleken. In figuur 53 is duidelijk dat de vochtgehaltes na enkele dagen een vochtpiek bereiken en het vezelverzadigingspunt snel overschrijden. Dit zou kunnen worden verklaard door het initieel bevochtigen van de blokjes door de schimmel. Er kan worden opgemerkt dat de gemiddelde vochtgehaltes, met uitzondering van magnesiumnitraat, naar het einde toe een verloop kennen dat in lijn ligt met de verwachte relatieve vochtigheden. De verlopen van de gemiddelde vochtgehaltes zijn eerder onstabiel. Dit zou kunnen worden verklaard door variatie in inwerking van de schimmel op de blokjes en door de afhankelijkheid van de keuze van de drie blokjes per meetmoment. Het verloop van H₂O (100% RH) werd niet in deze figuur geplaatst omdat deze waarden veel hoger liggen en het verloop van de zoutoplossingen anders niet meer duidelijk wordt weergegeven.



Figuur 53: Verlopen van de gemiddelde vochtgehaltes (vuren)



Figuur 54: Verlopen van de gemiddelde vochtgehaltes (grenen)

6. Besluit

Uit de voorafgaande pile-testen wordt besloten dat zowel voor vuren- als voor grenenhout configuraties te vinden zijn waarbij er na verloop van tijd een stabiele gradiënt ontstaat. Bij vuren bleek een pile met enkel volle kopse blokjes voldoende. Een geschikte configuratie vinden voor de grenenpile bleek heel wat ingewikkelder. Grenen hebben een sterkere capillaire zuigkracht waardoor een configuratie met enkel kopse blokjes te vochtig wordt. Dit is niet interessant voor latere testen. Er dient dus een vochtbarrière te worden gecreëerd. Dit werd verwezenlijkt door gebruik te maken van enkele lagen met zijkopse blokjes. Hierbij is het belangrijk dat deze lagen boven het waterniveau worden geplaatst.

Uit de voorafgaande mini-blocktest wordt allereerst besloten dat het agarmedium al dan niet geïnoculeerd met een schimmel weldegelijk een grote invloed heeft op het vochtgehalte van het blokje. Vervolgens wordt ook besloten dat het gebruik van petrischalen als container voor het agarmedium niet voldoet. Dit komt omdat de agar snel uitdroogt waardoor de schimmel na verloop geen vochtbron meer heeft en dus niet meer kan aantasten.

Op basis hiervan wordt een aangepaste proefopstelling voor de mini-blocktest bedacht. Hierbij wordt gebruik gemaakt van glazen met een voldoende groot volume die volledig worden gevuld met agar. Zo kan de schimmel gedurende het gehele experiment voorzien worden van vocht.

Uit de mini-blocktest wordt geconcludeerd dat het gebruik van glazen gevuld met agar niet optimaal is, aangezien vochttransport optreedt van het vocht van de agar naar de zoutoplossingen. Hierdoor evolueren de zoutoplossingen naar een onverzadigde toestand en stijgt de relatieve vochtigheid in de container. Hierdoor kan de luchtvochtigheid niet constant worden gehouden. De hoge relatieve vochtigheid zorgt in combinatie met de grote hoeveelheid vocht in de agar dat de vochtgehalten van de blokjes uit bepaalde proefstellingen reeds van bij de eerste meting hoger liggen dan het vezelverzadigingspunt. Hierdoor kan de invloed van het vezelverzadigingspunt op het massaverlies moeilijk worden onderzocht.

Daarnaast wordt bij de mini-blocktest vastgesteld dat initiële vochtpieken ontstaan met daarmee gepaard gaande massawinsten, welke beide zouden kunnen verklaard worden door ingroeiend mycelium dat de blokjes bevochtigt.

Verder wordt ook opgemerkt dat er een grote variatie bestaat in de aantasting van de blokjes. Per meting worden slechts drie blokjes uit de potten gehaald. Er kan worden vastgesteld dat dit aantal te laag is om sluitende conclusies te kunnen trekken in verband met de invloed van het vezelverzadigingspunt op het massaverlies. Binnen één meting kunnen de waarden namelijk zo sterk variëren dat het verloop van het vochtgehalte in de tijd niet voldoende nauwkeurig is gekend.

Bovendien wordt de variatie in schimmelgroei op de blokjes verder in de hand gewerkt door het gebruik van de ventilatoren, welke zorgen voor een asymmetrie in de vochtcondities binnenin de containers. Het achterwege laten van de ventilatoren en het hanteren van meerdere herhalingen behoren tot de mogelijke verbeteringen die aan de uiteindelijke mini-blocktest zouden kunnen worden toegevoegd.

Om sluitende resultaten te kunnen bekomen zijn dus meer herhalingen gewenst, zowel binnen éénzelfde meetmoment als voor éénzelfde proefopstelling. Bij meer herhalingen wordt het experiment echter heel omvangrijk, waardoor het focussen op één specifieke vochtconditie zou kunnen worden aangeraden.

Bij de testen met relatieve vochtigheden van 100 procent waarbij het vochtgehalte van de blokjes wordt voorgeconditioneerd blijkt dat deze voorconditionering geen noemenswaardig effect heeft op het verloop van het massaverlies door heen de tijd.

7. Referentielijst

- Ammer, U. (1963). Untersuchungen über das Wachstum von Rotstreifepilzen in Abhängigkeit von der Holzfeuchtigkeit. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 360-391.
- Bavendamm, W., & Reichelt, H. (1938). The dependency of growth of wood-destroying fungi from the water content of the substrate. *Arch. Mikrobiol.* 9, 486-544.
- Brischke, C., & Lampen, S. (2014). Resistance based moisture content measurements on native, modified and preservative treated wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 289-292.
- Brischke, C., Soetbeer, A., & Meyer, L. (2017). The minimum moisture threshold for wood decay by basidiomycetes revisited. A review and modified pile experiments with Norway spruce and European beech decayed by *Coniophora puteana* and *Trametes versicolor*. *Holzforschung*, 893-903.
- Bugos, R., Sutherland, J., & Adler, J. (1988). Phenolic Compound Utilization by the Soft Rot Fungus *Lecythophora hoffmannii*. *Applied and Environmental Microbiology*, p. 1882-1885.
- Cartwright, K., & Findlay, W. (1934). Studies in the physiology of wood-destroying fungi. In *Annals of Botany, Volume 48, Issue 2* (pp. 481-495).
- Clarke, R., Jennings, D., & Coggins, R. (1980). Growth of *Serpula lacrymans* in relation to water potential of substrate. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 75, 271-280.
- Clausen, C. A. (2010). Biodeterioration of Wood. In *Wood handbook - Wood as an engineering material* (pp. 14.1-14.16). Madison, Wisconsin: Forest Products Laboratory.
- de Mattos-Shipley, K., Ford, K., Alberti, F., Banks, A., Bailey, A., & Foster, G. (2016). The good, the bad and the tasty: The many roles of mushrooms. *Studies in Mycology*, 125-157.
- De opbouw van een boomstam*. (2019, april 20). Opgehaald van Ecopedia:
<https://www.ecopedia.be/pagina/de-opbouw-van-een-boomstam>
- Dirol, D., & Vergnaud, J.-M. (1992). *Water transfer in wood in relation to fungal attack in buildings*. Int. Res. Group Wood Preserv. IRG/WP 1543.
- Falk, R. H. (2010). Wood as a Sustainable Building Material. In *Wood handbook - Wood as an engineering material* (pp. 1.1-1.6). Madison, Wisconsin: Forest Products Laboratory.
- Gabriel, J., & Svec, K. (2017). Occurrence of indoor wood decay basidiomycetes in Europe. *Fungal Biology Reviews* 31, 212-217.
- Griffin, D. (1977). Water potential and wood-decay fungi. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 319-329.
- Hens, H. (1996). *Heat, air, and moisture transfer in insulated envelope parts. Task 1; modeling. Final Report, International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community System*.
- Hodgson, M., Morey, P., Leung, W., Morrow, L., Miller, J., Jarvis, B., . . . Storey, E. (1998). Building-associated pulmonary disease from exposure to *Stachybotrys chartarum* and *Aspergillus versicolor*. *J. Occup. Environ. Med.*, 40, 241-249.
- HoutInfoBois. (2018). *Houtbouw in België 2017-2018*.

- Huang, Y.-B., & Fu, Y. (2013). Hydrolysis of cellulose to glucose by solid acid catalysts. *Green Chemistry*, 1095-1111.
- Huckfeldt, T. (2003). *Ökologische Untersuchungen am Echten Hausschwamm und weiteren Hausfäulepilzen*. Hamburg.
- Huckfeldt, T., & Schmidt, O. (2006). *Hausfäule-und Bauholzpilze*. Cologne: Rudolf Müller.
- Isaksson, T., & Thelandersson, S. (2013). Experimental investigation on the effect of detail design on wood moisture content in outdoor above ground applications. In Q. Chen, *Building and Environment* (pp. 239-249). Elsevier.
- Jankowiak, R., Bilański, P., Chyrzyński, Ł., & Strzałka, B. (2017). Identification of sapstain fungi from Scots pine pallets and assessment of their staining ability. *Eur J Plant Pathol*, 307-322.
- Maurice, S., Le Floch, G., Le Bras-Quéré, M., & Barbier, G. (2011). Improved molecular methods to characterise *Serpula lacrymans* and other Basidiomycetes involved in wood decay. *Journal of Microbiological Methods*, Volume 84, 208-215.
- Meyer, L., & Brischke, C. (2015). Fungal decay at different moisture levels of selected European-grown wood species. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 23-29.
- Meyer, L., Brischke, C., Treu, A., & Larsson-Brelid, P. (2014). Moisture thresholds for growth and decay of wood destroying fungi on modified wood. *Conference: The 10th Meeting of the Northern European Network on Wood Science and Engineering*, (pp. 25-30). Edinburgh.
- Morris, P. (2013). *Understanding Biodeterioration of Wood in Structures*. Forintek Canada Corp.
- NBN CEN/TS 15083-1: Duurzaamheid van hout en houtachtige producten - Bepaling van de natuurlijke duurzaamheid van massief hout tegen houtaantastende schimmels, beproevingsmethoden - Deel 1: Basidiomyceten. (2006). Brabançonnellaan 29, 1000 Brussel, België: Belgisch instituut voor normalisatie (BIN).
- NBN CEN/TS 15083-2: Duurzaamheid van hout en houtachtige producten - Bepaling van de natuurlijke duurzaamheid van massief hout tegen houtaantastende schimmels, beproevingsmethoden - Deel 2: Soft-rotters. (2006). Brabançonnellaan 29, 1000 Brussel, België: Belgisch instituut voor normalisatie (BIN).
- NBN EN 1995-1-1: Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies - Deel 1-1: Algemeen - Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen. (2005). Jozef II-straat 40, 1000 Brussel, België: Bureau voor Normalisatie.
- NBN EN 335: Duurzaamheid van hout en houtachtige plaatmaterialen - Gebruiksklassen: Definities, toepassing op massief hout en op houtachtige plaatmaterialen. (2013). Jozef II-straat 40, 1000 Brussel, België: Bureau voor Normalisatie.
- NBN EN 350: Durability of wood and wood-based products - Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials. (2016). Jozef II-straat 40, 1000 Brussels, Belgium: Bureau for Standardisation.
- Nofal, M., & Kumaran, M. (1999). Durability assessments of wood-frame construction using the concept of damage-functions. *Proceedings of the 8th International Conference Durability of Building Materials and Components*, (pp. 766-799). Vancouver, Canada.

- Nofal, M., & Kumaran, M. (2011). Biological damage function models for durability assessments of wood and wood-based products in building envelopes. *European Journal of Wood and Wood Products*, 69, 619-631.
- Palfreyman, J., White, N., Buultjens, T., & Glancy, H. (1995). The Impact of Current Research on the Treatment of Infestations by the Dry Rot Fungus *Serpula lacrymans*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 369-395.
- Popper, R., & Niemz, P. (2009). Wasserdampfsorptionsverhalten ausgewählter heimischer und überseeischer Holzarten. In *Bauphysik* (pp. 117-121). Ernst & Sohn.
- Rauel, K., & Barnoud, F. (1985). *Degradation of wood by microorganisms in Biosynthesis and biodegradation of wood components*. Florida: Academic Press Inc.
- Rayner, A., & Boddy, L. (1988). *Fungal decomposition of Wood. Its Biology and Ecology*. Chichester: Wiley.
- Ringman, R., Pilgard, A., Brischke, C., & Richter, K. (2014). Mode of action of brown rot decay resistance in modified wood: A review. In L. Salmén, *Holzforschung* (pp. 239-246). De Gruyter.
- Ryvarden, L., & Gilbertson, G. (1993). European polypores. Part 1. *Synopsis Fungorum* 6.
- Saito, H., Fukuda, K., & Sawachi, T. (2012). Integration model of hygrothermal analysis with decay process for durability assessment of building envelopes. *Building Simulation*, 315-324.
- Schmidt, O. (2006). *Wood and Tree Fungi. Biology, Damage, Protection, and Use*. Berlin: Springer.
- Schmidt, O., Grimm, K., & Moreth, U. (2002). Molecular identity of species and isolates of the Coniophora cellar fungi. *Holzforschung* 56, 563-571.
- Schmidt, O., Moreth, U., & Liese, W. (1996). Decay of timber in a water cooling tower by the basidiomycete *Physisporinus vitreus*. *Mater*, 161-177.
- Sell, J. (1981). Klimabedingungen und Wetterbeanspruchung von Außenbauteilen. In H. Willeitner, & E. Schwab, *Holz-Außenverwendung im Hochbau* (pp. 15-23). Stuttgart: Koch.
- Simonson, C. J., Salonvaara, M., & Ojanen, T. (2001). *Improving Indoor Climate and Comfort with Wooden Structures*. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland.
- Stienen, T., Schmidt, O., & Huckfeldt, T. (2014). Wood decay by indoor basidiomycetes at. *Holzforschung*, 9-15.
- Theden, G. (1941). Untersuchung über die Feuchtigkeitsansprüche der wichtigsten in Gebäuden auftretenden holzerstörenden Pilze.
- Van de Ven, H. (2001). Schimmels in hout: oorzaken en oplossingen. *RDMZ info Restauratie en beheer*, nr. 21. Broederplein 41, Zeist, Nederland: Rijksdienst voor de Monumentenzorg.
- Viitanen, H. A. (1997). Modelling the Time Factor in the Development of Brown Rot Decay in Pine and Spruce Sapwood - The Effect of Critical Humidity and Temperature Conditions. *Holzforschung*, 99-106.
- Viitanen, H., & Ritschkoff, A.-C. (1991). *Brown rot decay in wooden constructions: Effect of temperature, humidity and moisture*. Sweden: Swed. Univ. Sci. Dept. For. Prod. 222.

- Wälchi, O. (1977). Der Temperatureinfluß auf die Holzerstörung durch Pilze. *Holz Roh-Werkstoff*, 45-51.
- Watkinson, S., Boddy, L., Burton, K., Darrah, P., Eastwood, D., Fricker, M., & Tlalka, M. (2005). New approaches to investigating the function of mycelial networks. *Mycologist*, Volume 19. Part 1.
- Wiedenhoeft, A. (2010). Structure and Function of Wood. In *Wood handbook - Wood as an engineering material* (pp. 3.1-3.18). Madison, Wisconsin: Forest Products Laboratory.
- Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., & Hüttermann, A. (1998). *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. Wallingford, UK: CAB International.
- WTCB. (2013). Vochtbeheersing bij houtbouw. *WTCB-Contact*, 12-15.

8. Bijlagen

8.1. Bijlage A: Massa's mini-blocks

8.1.1. Vuren

Proefopstelling A1-A2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Tabel 7: Gewogen massa's A1-A2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Proefopstelling: A1					Proefopstelling: A2				
Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]	Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]
V295	0,6194	3	0,8083	0,6268	V332	0,5626	27	0,7758	0,5832
V296	0,7482	3	0,9300	0,7519	V338	0,7414	27	1,0593	0,7851
V297	0,5472	3	0,6815	0,5462	V342	0,7789	27	1,1041	0,8122
V298	0,5865	6	0,7419	0,5896	V322	0,7492	30	0,9981	0,7564
V300	0,5712	6	0,6804	0,5654	V327	0,5952	30	0,7839	0,6059
V310	0,7590	6	0,9818	0,7701	V333	0,5852	30	0,7583	0,5815
V303	0,7620	9	0,9163	0,7641	V323	0,8042	33	1,0754	0,7872
V309	0,7736	9	1,0072	0,7834	V328	0,6712	33	0,8629	0,6757
V314	0,7783	9	1,0107	0,7905	V341	0,6512	33	0,8435	0,6507
V308	0,6141	12	0,8297	0,6281	V324	0,8383	36	1,0743	0,8224
V311	0,6862	12	0,8977	0,7022	V329	0,6893	36	0,9201	0,6658
V315	0,7816	12	1,0018	0,7846	V337	0,8429	36	1,0748	0,8005
V304	0,5312	15	0,6751	0,5382	V321	0,6835	39	0,8941	0,6333
V307	0,6111	15	0,8287	0,6309	V330	0,5820	39	0,7517	0,5401
V316	0,5396	15	0,7012	0,5423	V336	0,7789	39	0,9942	0,7509
V301	0,5346	18	0,6925	0,5469	V320	0,5695	45	0,7303	0,4981
V306	0,7133	18	0,9602	0,7286	V325	0,7476	45	0,9409	0,6733
V312	0,5734	18	0,7441	0,5885	V335	0,7596	45	0,9612	0,6944
V299	0,8662	21	1,2063	0,8992	V331	0,7007	51	0,8769	0,6132
V302	0,6429	21	0,8871	0,6774	V334	0,5897	51	0,7211	0,5256
V317	0,8026	21	1,1438	0,8491	V340	0,5175	51	0,6469	0,4602
V305	0,7809	24	1,0995	0,8015	V319	0,5728	57	0,6752	0,4589
V313	0,5204	24	0,7287	0,5361	V326	0,7780	57	0,9318	0,6518
V318	0,7643	24	1,1881	0,8224	V339	0,6017	57	0,7199	0,5231

Proefopstelling B1-B2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Tabel 8: Gewogen massa's B1-B2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Proefopstelling: B1					Proefopstelling: B2				
Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]	Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]
V394	0,6452	3	0,8027	0,6419	V420	0,5642	27	0,8267	0,5678
V399	0,7474	3	0,9133	0,7411	V426	0,5793	27	0,7693	0,5036
V404	0,6865	3	0,8686	0,6845	V427	0,7729	27	1,1097	0,7943
V395	0,5219	6	0,6672	0,5211	V419	0,7639	30	1,1005	0,7699
V400	0,7764	6	0,9643	0,7771	V431	0,6663	30	0,8646	0,6472
V411	0,5862	6	0,7465	0,5896	V438	0,7302	30	1,1154	0,7401
V398	0,6750	9	0,9142	0,6858	V418	0,6042	33	0,8352	0,5614
V405	0,6190	9	0,8201	0,6196	V425	0,5252	33	0,6631	0,4092
V409	0,6441	9	0,7933	0,6444	V437	0,7755	33	1,1496	0,7313
V403	0,7449	12	1,0251	0,7481	V424	0,7120	36	0,8458	0,5076
V410	0,5301	12	0,6741	0,5317	V432	0,5934	36	0,8649	0,5906
V412	0,4994	12	0,7139	0,5046	V436	0,5330	36	0,7329	0,4985
V393	0,6261	15	1,0571	0,633	V423	0,6111	39	0,7221	0,4221
V402	0,7602	15	1,2465	0,8113	V428	0,5942	39	0,8026	0,5651
V408	0,5484	15	0,7626	0,5642	V435	0,5262	39	0,7582	0,5051
V397	0,6333	18	0,9381	0,6501	V417	0,6445	45	0,9084	0,5772
V407	0,5732	18	0,9192	0,6275	V422	0,7322	45	0,8589	0,5513
V413	0,4970	18	0,8333	0,5225	V434	0,5915	45	0,8111	0,5265
V391	0,6048	21	0,8817	0,6103	V416	0,6565	51	0,8628	0,5727
V392	0,7259	21	0,9921	0,7267	V429	0,5746	51	0,8618	0,5767
V406	0,5672	21	0,8144	0,6002	V433	0,5456	51	0,6767	0,4173
V396	0,6095	24	0,9211	0,6357	V415	0,5638	57	0,7497	0,4861
V401	0,7485	24	1,2307	0,7654	V421	0,5259	57	0,5496	0,3261
V414	0,6709	24	1,0291	0,7039	V430	0,5356	57	0,6835	0,4213

Proefopstelling C1-C2 natriumnitriet (NaNO_2): 66% RH

Tabel 9: Gewogen massa's C1-C2 natriumnitriet (NaNO_2): 66% RH

Proefopstelling: C1					Proefopstelling: C2				
Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]	Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]
V343	0,7526	3	0,9440	0,7561	V375	0,7082	27	0,9436	0,6765
V344	0,5855	3	0,7372	0,5868	V380	0,7744	27	1,0284	0,7202
V345	0,5222	3	0,6598	0,5253	V386	0,5445	27	0,6998	0,5448
V346	0,7970	6	1,0209	0,7978	V370	0,5220	30	0,6244	0,4319
V348	0,5416	6	0,6785	0,5412	V381	0,7274	30	1,0017	0,6833
V363	0,6192	6	0,7446	0,6144	V390	0,6517	30	0,8739	0,6464
V350	0,7825	9	1,1259	0,8002	V376	0,7415	33	0,9214	0,6517
V356	0,7686	9	1,2094	0,7884	V379	0,5330	33	0,6923	0,4953
V357	0,7532	9	1,2424	0,7756	V385	0,7318	33	0,9693	0,7266
V353	0,7568	12	1,1380	0,7691	V371	0,6301	36	0,7431	0,5723
V360	0,5462	12	0,6678	0,5419	V372	0,6382	36	0,8085	0,5726
V361	0,7479	12	0,9060	0,7454	V389	0,7241	36	0,9566	0,6695
V349	0,7371	15	0,9529	0,7431	V369	0,7221	39	0,7852	0,5438
V354	0,6229	15	0,8571	0,5838	V378	0,6743	39	0,8439	0,5735
V365	0,7022	15	0,8841	0,7067	V384	0,5552	39	0,6918	0,5238
V351	0,6551	18	0,8414	0,6406	V368	0,7452	45	0,8119	0,5587
V359	0,7972	18	1,0142	0,7897	V373	0,7752	45	0,9706	0,6782
V366	0,8252	18	1,0364	0,8236	V388	0,5183	45	0,6812	0,4721
V352	0,5362	21	0,7087	0,534	V374	0,5394	51	0,6692	0,4428
V355	0,8205	21	1,0257	0,7579	V383	0,5330	51	0,6871	0,5048
V358	0,7862	21	0,9892	0,7844	V387	0,6860	51	0,9582	0,6389
V347	0,5675	24	0,7716	0,5743	V367	0,5182	57	0,5754	0,3934
V362	0,6465	24	0,8365	0,6584	V377	0,5775	57	0,7278	0,4281
V364	0,7627	24	0,9718	0,759	V382	0,5778	57	0,7425	0,5593

Proefopstelling D1-D2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Tabel 10: Gewogen massa's D1-D2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Proefopstelling: D1					Proefopstelling: D2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
V1	0,5364	3	0,8146	0,5558	V39	0,5812	27	0,7968	0,5486
V2	0,5492	3	0,8556	0,5681	V42	0,5876	27	0,8158	0,616
V3	0,5801	3	0,7392	0,5892	V48	0,5441	27	0,6972	0,5467
V4	0,4937	6	0,7995	0,5153	V29	0,5551	30	0,7260	0,5572
V5	0,5790	6	0,9509	0,6078	V37	0,5161	30	0,6555	0,4713
V6	0,5310	6	0,8240	0,5532	V40	0,5847	30	0,8409	0,6059
V7	0,5823	9	0,9078	0,6135	V36	0,5000	33	0,7005	0,4582
V11	0,5838	9	0,9512	0,6055	V41	0,5218	33	0,8116	0,5612
V16	0,5084	9	0,7080	0,5351	V47	0,5656	33	0,7344	0,5741
V14	0,5425	12	0,8444	0,5278	V28	0,6813	36	0,8896	0,5861
V19	0,5901	12	0,8703	0,6271	V30	0,6950	36	1,0722	0,7253
V21	0,5149	12	0,7119	0,5449	V46	0,5167	36	0,7518	0,5494
V8	0,5913	15	0,9031	0,6388	V25	0,5840	39	0,7454	0,5172
V12	0,5500	15	0,7293	0,5238	V31	0,6087	39	0,8932	0,5925
V17	0,6274	15	0,9211	0,6843	V34	0,5440	39	0,8415	0,5518
V9	0,5715	18	0,7870	0,5841	V26	0,5369	45	0,5804	0,4027
V18	0,5729	18	0,8390	0,6274	V32	0,5379	45	0,7446	0,4913
V22	0,5550	18	0,7372	0,5876	V43	0,5192	45	0,7902	0,5231
V13	0,5927	21	0,7643	0,5412	V33	0,5576	51	0,7478	0,4731
V20	0,5145	21	0,7707	0,5747	V35	0,5683	51	0,6919	0,4186
V23	0,5761	21	0,7669	0,5948	V45	0,6085	51	0,7907	0,5732
V10	0,5776	24	0,8333	0,6087	V27	0,5419	57	0,5608	0,3762
V15	0,5198	24	0,6809	0,4736	V38	0,5161	57	0,5985	0,3594
V24	0,4961	24	0,6762	0,5278	V44	0,5204	57	0,7037	0,4439

Proefopstelling E1-E2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Tabel 11: Gewogen massa's E1-E2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Proefopstelling: E1					Proefopstelling: E2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
V49	0,5720	3	0,7950	0,5855	V77	0,5306	27	0,8564	0,5603
V50	0,5968	3	0,7976	0,6087	V82	0,6089	27	0,9212	0,6123
V51	0,6845	3	0,8805	0,6917	V96	0,5112	27	0,8307	0,5545
V52	0,5468	6	0,9952	0,5741	V81	0,5153	30	0,7777	0,5039
V53	0,5468	6	0,9948	0,5706	V87	0,5585	30	0,7568	0,5005
V54	0,5263	6	0,8572	0,5504	V92	0,5612	30	0,7974	0,5482
V55	0,5013	9	0,7681	0,5362	V86	0,5143	33	0,7277	0,4407
V59	0,5308	9	0,8528	0,5619	V90	0,6145	33	0,9032	0,5752
V64	0,6291	9	0,9817	0,6766	V91	0,5961	33	0,9307	0,6062
V62	0,6689	12	1,0117	0,7176	V76	0,5683	36	0,8243	0,5432
V68	0,5907	12	0,8701	0,6201	V78	0,7678	36	1,1102	0,7072
V69	0,5565	12	0,8478	0,5818	V95	0,5415	36	0,7831	0,5138
V58	0,5397	15	0,8176	0,5737	V75	0,5686	39	0,8392	0,4991
V60	0,6010	15	0,8410	0,6174	V84	0,5849	39	0,7988	0,4772
V65	0,5565	15	0,8082	0,5805	V85	0,5468	39	0,7237	0,4625
V56	0,5326	18	0,7645	0,5565	V73	0,4988	45	0,7302	0,3689
V66	0,5654	18	0,8034	0,5897	V79	0,5882	45	0,6699	0,4075
V70	0,5520	18	0,8111	0,5961	V89	0,5081	45	0,6665	0,4189
V57	0,5345	21	0,8517	0,5697	V74	0,5892	51	0,7562	0,3894
V61	0,5715	21	0,8074	0,5816	V83	0,5734	51	0,6693	0,3751
V71	0,5623	21	0,8878	0,6061	V94	0,5299	51	0,6606	0,4109
V63	0,5662	24	0,8534	0,6014	V80	0,5739	57	0,6462	0,3462
V67	0,5826	24	0,7821	0,5773	V88	0,5358	57	0,6762	0,4152
V72	0,5764	24	0,8932	0,6212	V93	0,6682	57	0,8424	0,5003

Proefopstelling F1-F2 water (H₂O): 100% RH

Tabel 12: Gewogen massa's F1-F2 water (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: F1					Proefopstelling: F2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
V97	0,5852	3	0,8133	0,5954	V124	0,5514	27	0,9601	0,4451
V98	0,7376	3	0,9818	0,7452	V140	0,5191	27	0,9282	0,3969
V99	0,5298	3	0,7107	0,5369	V144	0,5482	27	0,7803	0,3848
V100	0,5873	6	0,9480	0,6043	V129	0,5790	30	0,9928	0,4888
V101	0,5890	6	0,9786	0,6068	V134	0,8382	30	1,3327	0,7355
V102	0,5210	6	1,0961	0,5428	V139	0,5765	30	1,0496	0,4535
V106	0,5916	9	1,0096	0,5976	V130	0,6009	33	1,0371	0,4718
V111	0,5187	9	0,9696	0,5258	V133	0,6288	33	0,9989	0,5091
V117	0,5774	9	1,0615	0,5888	V138	0,5339	33	0,9746	0,3979
V107	0,5512	12	1,1604	0,5342	V126	0,5132	36	0,8001	0,3807
V112	0,5194	12	1,0349	0,5169	V132	0,5770	36	1,0761	0,5002
V113	0,5594	12	1,0036	0,5571	V141	0,7586	36	1,0681	0,6126
V103	0,5832	15	1,1099	0,5553	V125	0,4811	39	0,8293	0,3782
V108	0,5342	15	1,0884	0,4978	V131	0,6904	39	1,1099	0,5723
V114	0,5944	15	1,3292	0,5665	V142	0,5142	39	0,7241	0,3426
V109	0,5773	18	1,0013	0,5448	V122	0,5034	45	0,8655	0,3907
V116	0,5148	18	0,9239	0,4511	V123	0,7515	45	1,6009	0,7179
V120	0,5672	18	1,0561	0,5389	V127	0,7692	45	1,0403	0,6353
V104	0,5045	21	1,0122	0,4656	V135	0,5312	51	0,9634	0,4296
V105	0,5979	21	1,2428	0,5578	V136	0,6023	51	1,0658	0,4459
V119	0,5784	21	1,1534	0,5375	V137	0,5770	51	1,1425	0,4704
V110	0,5136	24	0,9572	0,4276	V121	0,7940	57	1,0969	0,6127
V115	0,4897	24	1,1015	0,4348	V128	0,5179	57	0,8235	0,3773
V118	0,5784	24	1,0732	0,5049	V143	0,5051	57	1,0419	0,4185

Proefopstelling G1-G2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 13: Gewogen massa's G1-G2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: G1					Proefopstelling: G2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
V151	0,5525	3	0,7792	0,5486	V173	0,5306	27	1,5767	0,5275
V168	0,6372	3	0,9202	0,6379	V236	0,6914	27	1,1788	0,6093
V253	0,7902	3	1,1954	0,7896	V257	0,7776	27	1,1784	0,6838
V197	0,5818	6	1,0712	0,5967	V159	0,5518	30	1,0619	0,4817
V203	0,8872	6	1,4399	0,8954	V161	0,5315	30	0,7772	0,4031
V207	0,5330	6	0,9552	0,5411	V162	0,5891	30	1,3769	0,5561
V187	0,7579	9	1,3637	0,7654	V186	0,5668	33	0,6457	0,3808
V239	0,5142	9	0,8863	0,5102	V206	0,5358	33	1,2125	0,5062
V288	0,7632	9	1,1791	0,7288	V262	0,7902	33	1,7461	0,7523
V152	0,7864	12	1,4801	0,7895	V163	0,5792	36	0,8336	0,4405
V175	0,7006	12	1,1013	0,6691	V220	0,6326	36	1,3025	0,5948
V234	0,7409	12	1,3201	0,7225	V231	0,7852	36	1,7205	0,7434
V204	0,8493	15	1,2895	0,7799	V155	0,6325	39	1,1873	0,5234
V223	0,5815	15	1,0677	0,5375	V157	0,5728	39	0,9314	0,4873
V289	0,8164	15	1,2364	0,7758	V167	0,5675	39	1,0322	0,4561
V158	0,5286	18	1,0837	0,4747	V156	0,5480	45	0,6163	0,3354
V179	0,5077	18	1,2875	0,4806	V272	0,5691	45	0,8381	0,4151
V208	0,7263	18	0,9978	0,6452	V273	0,8236	45	1,2838	0,7263
V164	0,5110	21	0,8141	0,4295	V154	0,5188	51	0,5372	0,2875
V165	0,6720	21	1,0565	0,6226	V224	0,6432	51	1,6723	0,6191
V246	0,5588	21	0,9538	0,4859	V237	0,6563	51	1,5905	0,6196
V172	0,6094	24	1,0067	0,5407	V183	0,5111	57	0,7621	0,3479
V214	0,7853	24	1,2435	0,7333	V251	0,6736	57	1,6232	0,6439
V227	0,5214	24	0,7901	0,4341	V283	0,5882	57	0,8257	0,4167

Proefopstelling H1-H2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 14: Gewogen massa's H1-H2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: H1					Proefopstelling: H2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
V171	0,5231	3	0,9205	0,5271	V177	0,5936	27	1,1568	0,5201
V249	0,5326	3	0,9314	0,5352	V193	0,6212	27	1,3568	0,5341
V279	0,5073	3	0,8512	0,5067	V278	0,5336	27	1,3552	0,5117
V199	0,5460	6	1,0432	0,5534	V181	0,4957	30	1,4213	0,4691
V281	0,5207	6	1,1508	0,5306	V194	0,5971	30	1,2086	0,5204
V292	0,6048	6	1,1877	0,6109	V286	0,5342	30	1,2771	0,4518
V245	0,5731	9	1,2176	0,5655	V192	0,6804	33	1,6274	0,6323
V275	0,6313	9	1,2410	0,6344	V225	0,5230	33	1,1588	0,4236
V285	0,4971	9	1,0472	0,478	V266	0,8152	33	1,4164	0,7565
V209	0,5949	12	1,1186	0,5545	V198	0,5693	36	1,0028	0,4617
V243	0,6060	12	1,2912	0,5817	V269	0,6247	36	1,3981	0,5326
V446	0,5460	12	1,1592	0,5416	V287	0,5290	36	1,0352	0,4151
V232	0,5807	15	1,2705	0,5617	V182	0,5001	39	1,2385	0,4176
V255	0,6952	15	1,2064	0,629	V205	0,5721	39	1,2226	0,5061
V268	0,5534	15	0,9836	0,5014	V259	0,5392	39	1,1888	0,4483
V202	0,5387	18	1,1181	0,5106	V196	0,5105	45	1,0247	0,4045
V213	0,5272	18	1,1497	0,4966	V235	0,5701	45	1,5121	0,5293
V226	0,5432	18	1,0524	0,4949	V241	0,5373	45	1,5354	0,5031
V189	0,5383	21	1,0943	0,4759	V190	0,5286	51	1,2295	0,4244
V216	0,5345	21	0,8618	0,4225	V211	0,5054	51	0,9951	0,3558
V277	0,6132	21	1,1971	0,5479	V247	0,5287	51	1,4602	0,4406
V169	0,6052	24	1,0511	0,5005	V178	0,5981	57	1,2747	0,4754
V200	0,5331	24	0,9507	0,4658	V185	0,5084	57	1,5385	0,4487
V284	0,6035	24	1,4054	0,5748	V195	0,6961	57	1,3946	0,5198

Proefopstelling I1-I2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 15: Gewogen massa's I1-I2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: I1					Proefopstelling: I2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
V221	0,5592	3	1,0255	0,5589	V258	0,5113	27	1,5758	0,5098
V252	0,8453	3	1,6097	0,8471	V261	0,6572	27	1,6717	0,6426
V291	0,7948	3	1,4752	0,7928	V450	0,8395	27	1,8249	0,8142
V174	0,5649	6	1,1413	0,5699	V153	0,6961	30	1,6746	0,4376
V229	0,6421	6	1,2291	0,645	V217	0,5947	30	0,9086	0,4583
V290	0,7482	6	1,5158	0,7524	V265	0,6162	30	1,6354	0,5625
V191	0,7018	9	1,4545	0,686	V215	0,8314	33	1,6138	0,7556
V248	0,6784	9	1,3398	0,679	V240	0,5180	33	1,1775	0,4216
V256	0,7232	9	1,5184	0,7276	V276	0,6211	33	1,5362	0,5727
V166	0,5742	12	1,4112	0,5689	V210	0,5943	36	1,0672	0,4566
V228	0,5839	12	1,1461	0,5729	V218	0,5460	36	0,8137	0,3981
V448	0,8099	12	1,5384	0,7644	V267	0,7090	36	1,6606	0,6614
V170	0,5925	15	1,1302	0,5453	V160	0,5662	39	1,4274	0,4899
V201	0,7267	15	1,3206	0,6937	V184	0,6581	39	1,4898	0,5966
V447	0,5843	15	1,5509	0,5861	V280	0,7087	39	1,5933	0,6751
V282	0,8063	18	1,8015	0,8055	V233	0,7354	45	1,7245	0,6991
V294	0,5726	18	1,1673	0,5233	V260	0,7342	45	1,2694	0,5467
V449	0,7705	18	1,4759	0,7175	V264	0,5112	45	1,4841	0,4398
V188	0,5660	21	1,0664	0,5264	V242	0,8352	51	1,7379	0,7364
V219	0,7354	21	1,5551	0,7026	V244	0,5734	51	0,7721	0,3617
V274	0,7548	21	1,8736	0,745	V254	0,5092	51	0,7741	0,3583
V212	0,7450	24	1,4993	0,6969	V176	0,8238	57	1,7401	0,6782
V238	0,6686	24	1,4009	0,6419	V180	0,8156	57	1,9075	0,7724
V270	0,7609	24	1,4951	0,6981	V263	0,5811	57	1,3386	0,4644

8.1.2. Grenen

Proefopstelling J1-J2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Tabel 16: Gewogen massa's J1-J2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Proefopstelling: J1					Proefopstelling: J2				
Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]	Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]
G295	0,8068	3	1,0074	0,8122	G327	0,5686	27	0,9513	0,6101
G296	0,6688	3	0,8289	0,6689	G332	0,8144	27	1,1254	0,7695
G297	0,7073	3	0,9198	0,7127	G337	0,7199	27	1,0982	0,7597
G298	0,6451	6	0,8136	0,6507	G322	0,6207	30	0,8628	0,5771
G300	0,7523	6	0,9477	0,7578	G338	0,8530	30	1,2653	0,8774
G310	0,6858	6	0,8933	0,6992	G342	0,7113	30	1,1042	0,7822
G304	0,6972	9	0,8820	0,7019	G326	0,9533	33	1,2368	0,8646
G309	0,7898	9	1,1697	0,8174	G333	0,6882	33	0,9247	0,6114
G314	0,8483	9	1,1283	0,8694	G335	0,6626	33	1,0967	0,7176
G301	0,8884	12	1,2955	0,9218	G323	0,8699	36	1,1658	0,7767
G308	0,6205	12	1,0406	0,6709	G328	0,8556	36	1,2062	0,8008
G318	0,7178	12	0,9571	0,7347	G329	0,7797	36	0,9985	0,6664
G305	0,7834	15	1,2198	0,8234	G321	0,7736	39	0,9751	0,6443
G311	0,6189	15	0,8203	0,6428	G334	0,7304	39	1,0926	0,7301
G315	0,6188	15	0,8211	0,6431	G336	0,8482	39	1,2173	0,8484
G303	0,7985	18	1,2607	0,8574	G320	0,6787	45	0,8386	0,5317
G307	0,6148	18	1,0095	0,6713	G325	0,7109	45	0,8585	0,5434
G316	0,5982	18	0,8207	0,6245	G341	0,8339	45	1,2115	0,7811
G299	0,7989	21	1,1343	0,8314	G324	0,8854	51	1,0989	0,6933
G302	0,6605	21	1,0286	0,7116	G330	0,5811	51	0,9499	0,6085
G312	0,7591	21	1,0212	0,7865	G340	0,6314	51	0,9248	0,6004
G306	0,9451	24	1,4342	0,9945	G319	0,8128	57	0,9572	0,5695
G313	0,5316	24	0,8645	0,5912	G331	0,6495	57	0,7584	0,4746
G317	0,7874	24	1,1331	0,83	G339	0,7756	57	1,0874	0,6923

Proefopstelling K1-K2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Tabel 17: Gewogen massa's K1-K2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Proefopstelling: K1					Proefopstelling: K2				
Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]	Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]
G395	0,8302	3	1,0368	0,8302	G418	0,7995	27	1,1208	0,7617
G404	0,8706	3	1,0980	0,8714	G423	0,8183	27	1,2375	0,8131
G411	0,8392	3	1,0191	0,8401	G438	0,8264	27	1,2529	0,8479
G399	0,8798	6	1,2312	0,9019	G424	0,7536	30	1,1679	0,7618
G405	0,7686	6	1,0826	0,7901	G428	0,8584	30	1,0717	0,6857
G409	0,8425	6	1,0327	0,8477	G433	0,8485	30	1,2621	0,8375
G394	0,8595	9	1,3105	0,8789	G419	0,7750	33	1,0569	0,7026
G400	0,8574	9	1,3095	0,8909	G422	0,7582	33	1,1176	0,7189
G410	0,8357	9	1,0596	0,8457	G439	0,8398	33	1,3421	0,8426
G393	0,7713	12	1,1258	0,7904	G417	0,7197	36	0,9128	0,5834
G403	0,8763	12	1,3351	0,8999	G429	0,8249	36	0,9836	0,6226
G408	0,8088	12	1,1054	0,8257	G432	0,8651	36	1,3442	0,8913
G392	0,8411	15	1,1683	0,8299	G427	0,8854	39	1,0361	0,6632
G398	0,8829	15	1,3291	0,9272	G434	0,9111	39	1,3471	0,8874
G414	0,8192	15	1,2271	0,8509	G437	0,9498	39	1,3455	0,8703
G397	0,8398	18	1,2358	0,8605	G416	0,7871	45	0,9844	0,5892
G402	0,8395	18	1,1571	0,7942	G421	0,7948	45	1,0707	0,6742
G413	0,8787	18	1,3163	0,8966	G431	0,9355	45	1,2657	0,8481
G391	0,8730	21	1,2021	0,8358	G420	0,7758	51	1,0552	0,6719
G401	0,7553	21	1,0953	0,7258	G426	0,8625	51	0,9688	0,6048
G407	0,8302	21	1,2846	0,8675	G436	0,8415	51	1,1515	0,7707
G396	0,8658	24	1,2734	0,8564	G415	0,7406	57	0,9146	0,5056
G406	0,7424	24	1,0885	0,7451	G425	0,9086	57	1,0674	0,6378
G412	0,8838	24	1,2868	0,8866	G430	0,8644	57	1,2024	0,7688
					G435	0,8450	57	1,1233	0,7195

Proefopstelling L1-L2 natriumnitriet (NaNO_2): 66% RH

Tabel 18: Gewogen massa's L1-L2 natriumnitriet (NaNO_2): 66% RH

Proefopstelling: L1					Proefopstelling: L2				
Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]	Blok	Ovendroge massa m_0 [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m_1 [g]	Ovendroge massa na aantasting m_2 [g]
G343	0,9293	3	1,1758	0,9296	G375	0,8909	27	1,1752	0,8142
G344	0,5730	3	0,7212	0,5737	G380	0,9173	27	1,2701	0,8025
G345	0,6604	3	0,8328	0,6567	G390	0,8528	27	1,2392	0,8791
G346	0,6349	6	0,8901	0,6423	G371	0,8089	30	1,1209	0,8115
G348	0,9070	6	1,2560	0,9172	G376	0,7963	30	1,0071	0,7333
G358	0,6568	6	0,8113	0,6577	G385	0,9050	30	1,2427	0,9228
G347	0,6560	9	1,1775	0,6907	G367	0,6574	33	0,8112	0,5366
G351	0,6034	9	1,0312	0,6244	G379	0,7891	33	1,0078	0,6559
G357	0,8916	9	1,4186	0,9028	G384	0,9494	33	1,2302	0,9273
G350	0,7129	12	1,0503	0,7052	G368	0,8869	36	1,0323	0,6902
G353	0,8023	12	1,1661	0,7798	G381	0,6566	36	0,7694	0,4778
G359	0,6452	12	0,8015	0,6469	G386	0,7724	36	1,0625	0,7767
G352	0,7413	15	0,9821	0,7482	G369	0,6678	39	0,8111	0,5369
G354	0,7523	15	0,9958	0,7179	G372	0,8138	39	1,0236	0,7446
G366	0,7251	15	0,9304	0,7398	G389	0,9108	39	1,2466	0,9092
G355	0,9338	18	1,2464	0,8876	G373	0,5638	45	0,7055	0,5065
G360	0,8289	18	1,0418	0,8072	G378	0,8193	45	1,1167	0,7342
G365	0,6730	18	0,9376	0,6821	G383	0,7958	45	1,0647	0,7561
G356	0,7067	21	0,9158	0,6544	G370	0,6997	51	0,9279	0,6432
G362	0,6135	21	0,8735	0,6445	G377	0,8578	51	0,9306	0,5672
G363	0,6732	21	0,9235	0,6843	G388	0,8387	51	1,1023	0,7997
G349	0,8558	24	1,0903	0,7996	G374	0,5241	57	0,7062	0,4232
G361	0,6766	24	1,0052	0,7148	G382	0,7261	57	1,0198	0,6534
G364	0,5945	24	0,8671	0,6103	G387	0,8634	57	1,2328	0,8142

Proefopstelling M1-M2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Tabel 19: Gewogen massa's M1-M2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Proefopstelling: M1					Proefopstelling: M2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
G1	0,7307	3	0,9401	0,7361	G34	0,7851	27	1,0912	0,7900
G2	0,6441	3	0,8723	0,6561	G38	0,6498	27	0,8485	0,6017
G3	0,8112	3	1,1064	0,8156	G43	0,8667	27	1,2481	0,9102
G4	0,6391	6	1,3070	0,6705	G29	0,8653	30	1,1922	0,8592
G5	0,7115	6	1,2104	0,7439	G32	0,5971	30	0,8591	0,6047
G6	0,6710	6	1,2803	0,6915	G39	0,8523	30	1,1513	0,8214
G7	0,6015	9	1,0850	0,6334	G28	0,7193	33	0,9914	0,6777
G11	0,7992	9	1,2127	0,8263	G44	0,7174	33	1,0431	0,7511
G16	0,5879	9	0,9150	0,6311	G48	0,6592	33	0,9321	0,6931
G13	0,7453	12	1,2247	0,7659	G40	0,7716	36	1,0636	0,7622
G18	0,7475	12	0,9908	0,7779	G41	0,8513	36	1,1551	0,8193
G24	0,8726	12	1,2853	0,9235	G42	0,7211	36	0,9756	0,7031
G8	0,7320	15	1,1049	0,7787	G27	0,8888	39	1,1584	0,7955
G17	0,9335	15	1,2768	0,9707	G37	0,8458	39	1,0858	0,7512
G22	0,7806	15	1,1425	0,8274	G45	0,7388	39	0,9970	0,7372
G10	0,8679	18	1,2322	0,8931	G33	0,7956	45	1,0817	0,7071
G12	0,6558	18	0,9228	0,6721	G46	0,6497	45	0,8875	0,6338
G19	0,7250	18	1,0096	0,7715	G47	0,8009	45	1,1003	0,7713
G14	0,6779	21	0,9526	0,6968	G26	0,6386	51	0,8611	0,5351
G20	0,8041	21	1,1114	0,8511	G31	0,7068	51	0,9128	0,6035
G23	0,6515	21	1,0022	0,7118	G36	0,8892	51	1,1292	0,7412
G9	0,7951	24	1,0664	0,7461	G25	0,5910	57	0,7795	0,4169
G15	0,6265	24	0,8978	0,6421	G30	0,6062	57	0,7631	0,5034
G21	0,8703	24	1,2956	0,9169	G35	0,7961	57	0,9811	0,6254

Proefopstelling N1-N2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Tabel 20: Gewogen massa's N1-N2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Proefopstelling: N1					Proefopstelling: N2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
G49	0,7116	3	1,1534	0,7362	G77	0,7982	27	1,0453	0,7355
G50	0,6568	3	0,8698	0,6637	G87	0,5531	27	0,8741	0,5916
G51	0,7321	3	0,9861	0,7403	G96	0,6718	27	1,0007	0,7077
G52	0,8094	6	1,3912	0,8394	G82	0,6831	30	0,9396	0,6585
G53	0,7950	6	1,3371	0,8122	G86	0,7849	30	0,8918	0,6004
G54	0,6459	6	1,0664	0,6685	G92	0,7918	30	1,1798	0,7996
G55	0,5486	9	1,2851	0,5701	G76	0,6642	33	0,8183	0,5504
G59	0,7182	9	1,1855	0,7449	G81	0,6066	33	0,7961	0,5552
G64	0,6288	9	0,9544	0,6599	G88	0,6931	33	0,9491	0,6439
G62	0,6543	12	1,2905	0,6787	G89	0,7842	36	1,0512	0,7263
G67	0,7276	12	1,0708	0,7685	G90	0,6353	36	0,9072	0,6009
G72	0,6715	12	1,0454	0,7267	G95	0,5224	36	0,6475	0,4578
G58	0,7368	15	1,0997	0,7765	G80	0,5953	39	0,7269	0,4994
G60	0,9552	15	1,4251	0,9563	G85	0,7875	39	0,8463	0,5609
G68	0,8130	15	1,1313	0,8298	G91	0,7254	39	1,0561	0,6844
G57	0,7689	18	1,1512	0,8207	G75	0,7739	45	0,8580	0,5725
G65	0,5679	18	0,7697	0,5602	G84	0,7948	45	0,8361	0,5576
G69	0,6365	18	0,9823	0,6887	G94	0,7288	45	0,8911	0,6047
G61	0,6606	21	1,1158	0,6609	G74	0,6169	51	0,6543	0,3964
G66	0,5352	21	0,7267	0,5385	G79	0,6281	51	0,7177	0,4644
G70	0,7812	21	1,1249	0,8231	G83	0,9590	51	1,2862	0,9196
G56	0,7881	24	1,0925	0,7716	G73	0,9622	57	1,0363	0,6163
G63	0,6158	24	0,8894	0,6045	G78	0,7115	57	0,7748	0,4902
G71	0,6034	24	0,9033	0,6353	G93	0,8027	57	0,9171	0,6068

Proefopstelling O1-O2 water (H₂O): 100% RH

Tabel 21: Gewogen massa's O1-O2 water (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: O1					Proefopstelling: O2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
G97	0,8848	3	1,2068	0,8928	G124	0,7439	27	1,5830	0,7101
G98	0,5591	3	0,7532	0,5605	G139	0,6553	27	0,9758	0,5264
G99	0,8461	3	1,1804	0,8522	G144	0,9524	27	1,4534	0,8537
G100	0,8913	6	1,4733	0,9026	G129	0,8636	30	1,4416	0,7697
G101	0,8386	6	1,4673	0,8622	G133	0,8837	30	1,5071	0,7828
G102	0,7911	6	1,3716	0,8098	G134	0,9121	30	1,5426	0,8019
G117	0,6440	6	1,1411	0,6654	G128	0,8035	33	1,4448	0,7017
G103	0,7176	9	1,2688	0,7261	G140	0,6899	33	1,0769	0,5377
G111	0,8572	9	1,4739	0,8654	G143	0,7951	33	1,3649	0,6777
G107	0,8214	12	1,4725	0,8269	G125	0,6506	36	1,3066	0,5871
G115	0,6270	12	1,3570	0,6291	G130	0,6580	36	0,9791	0,5193
G116	0,6177	12	1,2873	0,6131	G135	0,6001	36	1,0383	0,4298
G104	0,8944	15	1,6123	0,8489	G127	0,7531	39	1,0786	0,6255
G108	0,8013	15	1,7682	0,7846	G138	0,8003	39	1,2554	0,6327
G114	0,8741	15	1,7614	0,8466	G142	0,6763	39	1,6476	0,5071
G105	0,6476	18	1,4053	0,6198	G122	0,6788	45	1,5608	0,6195
G109	0,7755	18	1,5763	0,7413	G123	0,7992	45	1,7238	0,7618
G113	0,8913	18	1,7942	0,8816	G132	0,7989	45	1,4461	0,6841
G106	0,8513	21	1,2209	0,5459	G121	0,7338	51	1,6411	0,6498
G110	0,7287	21	1,5323	0,6814	G137	0,9645	51	1,4612	0,7729
G112	0,7322	21	1,4817	0,6742	G141	0,7675	51	1,2702	0,6496
G118	0,7853	24	1,8287	0,7621	G126	0,7177	57	1,0899	0,5225
G119	0,7564	24	1,7968	0,7113	G131	0,6123	57	1,2488	0,4792
G120	0,7821	24	1,8094	0,7448	G136	0,6903	57	1,0109	0,4936

Proefopstelling P1-P2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 22: Gewogen massa's P1-P2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: P1					Proefopstelling: P2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
G194	0,8549	3	1,2846	0,8501	G158	0,8538	27	1,3617	0,7514
G217	0,8996	3	1,3077	0,8989	G276	0,7613	27	1,2649	0,6441
G238	0,8641	3	1,2577	0,8578	G290	0,8675	27	1,5192	0,7901
G220	0,8726	6	1,4695	0,8791	G192	0,9476	30	1,4936	0,8344
G270	0,8024	6	1,4024	0,8137	G247	0,7922	30	1,2247	0,6362
G293	0,8238	6	1,3861	0,8339	G288	0,8035	30	1,3827	0,7012
G153	0,9398	9	1,5597	0,9366	G155	0,9151	33	1,3332	0,7445
G157	0,8705	9	1,5747	0,8692	G174	0,9203	33	1,1484	0,7165
G239	0,8452	9	1,5173	0,8475	G226	0,9384	33	1,3656	0,8083
G173	0,8466	12	1,4248	0,8195	G160	0,8358	36	1,2889	0,6928
G216	0,9495	12	1,5122	0,9191	G278	0,7993	36	1,3463	0,6842
G291	0,7789	12	1,3473	0,7287	G285	0,9287	36	1,3734	0,7996
G154	0,8547	15	1,4337	0,8026	G225	0,8700	39	1,6043	0,7603
G193	0,9050	15	1,3672	0,8276	G243	0,8857	39	1,3167	0,7312
G206	0,8708	15	1,4882	0,8307	G292	0,7632	39	1,0073	0,5945
G167	0,8172	18	1,5406	0,7773	G156	0,8116	45	1,0533	0,5921
G170	0,8578	18	1,2965	0,7548	G208	0,8710	45	1,0434	0,6374
G199	0,9461	18	1,3129	0,8214	G294	0,6718	45	1,2086	0,5577
G195	0,8843	21	1,1809	0,7409	G179	0,8756	51	1,1228	0,6433
G223	0,7977	21	1,3190	0,6829	G212	0,8283	51	1,0525	0,6215
G246	0,8219	21	1,2382	0,7033	G274	0,8034	51	1,0609	0,5736
G224	0,7749	24	1,5047	0,7024	G198	0,7756	57	1,4395	0,6171
G253	0,9314	24	1,3479	0,8119	G245	0,8146	57	1,3588	0,6669
G281	0,9194	24	1,3343	0,7856	G289	0,8121	57	0,9212	0,5182

Proefopstelling Q1-Q2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 23: Gewogen massa's Q1-Q2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: Q1					Proefopstelling: Q2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
G180	0,7979	3	1,4071	0,7971	G175	0,7874	27	1,6457	0,7307
G207	0,7816	3	1,2417	0,7833	G202	0,7925	27	1,3343	0,6809
G287	0,7753	3	1,2360	0,7784	G214	0,7758	27	1,5095	0,6915
G165	0,7093	6	1,3321	0,7189	G203	0,7805	30	1,2162	0,6601
G221	0,7831	6	1,5152	0,799	G237	0,7397	30	1,3261	0,6242
G286	0,7553	6	1,4934	0,7572	G282	0,6894	30	1,0774	0,5209
G209	0,7819	9	1,4135	0,7642	G200	0,7516	33	1,2541	0,6052
G268	0,7645	9	1,5776	0,7582	G265	0,6604	33	0,9982	0,5973
G277	0,7607	9	1,4451	0,7581	G280	0,7826	33	1,1725	0,6061
G166	0,7973	12	1,5471	0,7691	G185	0,7441	36	1,1048	0,6855
G261	0,7909	12	1,6949	0,7739	G236	0,8219	36	1,9239	0,8037
G273	0,7828	12	1,2804	0,7268	G241	0,7802	36	1,4528	0,6677
G151	0,7986	15	1,4125	0,7594	G183	0,7735	39	1,3469	0,6691
G187	0,8344	15	1,7452	0,8243	G244	0,7743	39	1,2522	0,6205
G233	0,7978	15	1,7909	0,7732	G255	0,7883	39	1,8066	0,7117
G171	0,7853	18	1,8405	0,766	G215	0,7918	45	1,0926	0,5866
G176	0,5763	18	1,4238	0,5261	G271	0,5282	45	0,8983	0,4217
G263	0,7952	18	1,0218	0,6681	G272	0,7011	45	0,9499	0,5049
G222	0,8044	21	1,8865	0,7816	G205	0,8016	51	1,5901	0,6143
G249	0,7669	21	1,7354	0,7268	G248	0,7289	51	1,1012	0,5342
G283	0,6461	21	1,6907	0,6212	G262	0,5444	51	1,1305	0,4873
G250	0,7130	24	1,1223	0,6038	G163	0,7989	57	1,0162	0,5472
G254	0,7583	24	0,9708	0,6078	G186	0,6689	57	1,5006	0,6019
G269	0,6762	24	1,7188	0,646	G252	0,7366	57	1,2467	0,5778

Proefopstelling R1-R2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 24: Gewogen massa's R1-R2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: R1					Proefopstelling: R2				
Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]	Blok	Ovendroge massa m ₀ [g]	Aantal dagen blootstelling	Massa na aantasting m ₁ [g]	Ovendroge massa na aantasting m ₂ [g]
G211	0,6777	3	1,2104	0,6757	G152	0,5974	27	1,1471	0,4518
G258	0,6709	3	1,2055	0,6701	G161	0,7382	27	1,2555	0,6103
G266	0,6707	3	1,1841	0,6691	G284	0,6745	27	1,1296	0,5629
G196	0,6455	6	1,3011	0,6566	G168	0,6298	30	1,0821	0,4932
G229	0,7066	6	1,4511	0,7141	G182	0,6026	30	1,4534	0,5174
G267	0,6752	6	1,3606	0,6831	G219	0,6203	30	1,3078	0,5323
G159	0,6953	9	1,4154	0,7015	G178	0,6373	33	1,2768	0,5211
G188	0,7189	9	1,5014	0,7125	G242	0,7750	33	1,8754	0,7194
G260	0,6742	9	1,3048	0,6577	G279	0,6408	33	1,0424	0,5088
G190	0,7264	12	1,4781	0,6953	G162	0,5705	36	0,9461	0,4489
G235	0,6589	12	1,1901	0,6075	G201	0,7762	36	1,3288	0,6261
G264	0,6452	12	1,6621	0,6416	G230	0,7896	36	1,9156	0,7777
G169	0,6626	15	1,3729	0,6402	G164	0,5814	39	0,9702	0,4229
G181	0,6416	15	1,3249	0,5939	G177	0,6437	39	1,7402	0,6087
G234	0,6227	15	1,1253	0,5543	G251	0,6382	39	1,1544	0,5011
G172	0,6330	18	1,7278	0,6214	G189	0,6697	45	1,8409	0,6601
G184	0,6829	18	1,1989	0,6021	G213	0,6608	45	1,4218	0,5731
G218	0,7244	18	1,3302	0,6601	G232	0,7855	45	1,9726	0,7709
G191	0,6572	21	1,3948	0,5926	G204	0,6869	51	1,6984	0,6145
G197	0,5643	21	1,6689	0,5594	G259	0,6299	51	1,4555	0,5512
G240	0,6374	21	1,4421	0,5924	G275	0,6405	51	1,2691	0,5269
G231	0,7662	24	1,4721	0,6836	G210	0,7025	57	1,6949	0,6492
G257	0,6200	24	1,4603	0,5641	G227	0,8092	57	1,9593	0,7715
					G228	0,6546	57	1,6594	0,5951

8.2. Bijlage B: Vochtgehalte (MC) mini-blocks

8.2.1. Vuren

Proefopstelling A1-A2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Tabel 25: Vochtgehaltes A1-A2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Proefopstelling: A1					Proefopstelling: A2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V295	3	28,9566	25,8048	2,1012	V332	27	33,0247	34,6299	1,0701
V296		23,6867			V338		34,9255		
V297		24,7711			V342		35,9394		
V298	6	25,8311	24,5535	2,8093	V322	30	31,9540	30,5786	0,9169
V300		20,3396			V327		29,3778		
V310		27,4899			V333		30,4041		
V303	9	19,9189	25,4475	3,6857	V323	33	36,6108	31,3150	3,5305
V309		28,5678			V328		27,7046		
V314		27,8558			V341		29,6296		
V308	12	32,0968	29,2069	1,9266	V324	36	30,6299	34,3635	2,5541
V311		27,8411			V329		38,1947		
V315		27,6829			V337		34,2661		
V304	15	25,4366	28,6966	2,1733	V321	39	41,1811	37,5867	3,4571
V307		31,3520			V330		39,1779		
V316		29,3011			V336		32,4011		
V301	18	26,6228	28,2833	2,3358	V320	45	46,6171	41,5944	3,3485
V306		31,7870			V325		39,7445		
V312		26,4401			V335		38,4217		
V299	21	34,1526	33,2722	1,5437	V331	51	43,0039	40,2563	2,0405
V302		30,9566			V334		37,1956		
V317		34,7073			V340		40,5693		
V305	24	37,1803	39,1913	3,5174	V319	57	47,1345	42,5714	3,2997
V313		35,9261			V326		42,9580		
V318		44,4674			V339		37,6219		

Proefopstelling B1-B2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Tabel 26: Vochtgehaltes B1-B2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Proefopstelling: B1					Proefopstelling: B2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V394	3	25,0506	25,0606	1,2233	V420	27	45,5970	46,0217	4,4923
V399		23,2357			V426		52,7601		
V404		26,8955			V427		39,7079		
V395	6	28,0368	26,2459	1,4376	V419	30	42,9406	42,4136	5,8818
V400		24,0896			V431		33,5909		
V411		26,6113			V438		50,7094		
V398	9	33,3042	29,5902	4,3223	V418	33	48,7709	56,0061	4,8235
V405		32,3596			V425		62,0479		
V409		23,1068			V437		57,1995		
V403	12	37,0271	35,0959	5,5426	V424	36	66,6273	53,3642	8,8420
V410		26,7820			V432		46,4443		
V412		41,4784			V436		47,0211		
V393	15	66,9984	51,9352	11,1802	V423	39	71,0732	54,4034	11,1132
V402		53,6423			V428		42,0280		
V408		35,1648			V435		50,1089		
V397	18	44,3009	50,0901	6,2621	V417	45	57,3805	55,7436	1,1257
V407		46,4861			V422		55,7954		
V413		59,4833			V434		54,0551		
V391	21	44,4699	38,8931	3,7179	V416	51	50,6548	54,0843	5,3848
V392		36,5213			V429		49,4364		
V406		35,6881			V433		62,1615		
V396	24	44,8954	50,6290	6,7752	V415	57	54,2275	61,6669	4,9596
V401		60,7917			V421		68,5373		
V414		46,1997			V430		62,2359		

Proefopstelling C1-C2 natriumnitriet (NaNO₂): 66% RH

Tabel 27: Vochtgehaltes C1-C2 natriumnitriet (NaNO₂): 66% RH

Proefopstelling: C1					Proefopstelling: C2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V343	3	24,8512	25,3621	0,3406	V375	27	39,4826	36,9090	5,6388
V344		25,6305			V380		42,7937		
V345		25,6044			V386		28,4508		
V346	6	27,9644	24,8418	2,4336	V370	30	44,5705	42,1209	4,6173
V348		25,3695			V381		46,5974		
V363		21,1914			V390		35,1949		
V350	9	40,7023	51,4291	7,1512	V376	33	41,3841	38,1867	3,1897
V356		53,3993			V379		39,7739		
V357		60,1857			V385		33,4021		
V353	12	47,9652	30,9146	11,3671	V371	36	29,8445	37,9751	5,4204
V360		23,2331			V372		41,1980		
V361		21,5455			V389		42,8827		
V349	15	28,2331	33,3832	8,9538	V369	39	44,3913	41,2046	6,0875
V354		46,8140			V378		47,1491		
V365		25,1026			V384		32,0733		
V351	18	31,3456	28,5373	1,8722	V368	45	45,3195	44,2417	0,7517
V359		28,4285			V373		43,1141		
V366		25,8378			V388		44,2915		
V352	21	32,7154	31,3863	3,5181	V374	51	51,1292	45,7397	6,4176
V355		35,3345			V383		36,1133		
V358		26,1091			V387		49,9765		
V347	24	34,3549	29,8141	3,0272	V367	57	46,2633	49,6752	13,5545
V362		27,0504			V377		70,0070		
V364		28,0369			V382		32,7552		

Proefopstelling D1-D2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Tabel 28: Vochtgehaltes D1-D2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Proefopstelling: D1					Proefopstelling: D2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V1	3	46,5635	40,8763	10,2787	V39	27	45,2424	35,0688	6,7824
V2		50,6073			V42		32,4351		
V3		25,4582			V48		27,5288		
V4	6	55,1523	53,5178	3,0442	V29	30	30,2943	36,0543	3,8400
V5		56,4495			V37		39,0834		
V6		48,9516			V40		38,7853		
V7	9	47,9707	45,7919	8,9868	V36	33	52,8808	41,8072	9,2568
V11		57,0933			V41		44,6187		
V16		32,3117			V47		27,9220		
V14	12	59,9848	43,1381	11,2311	V28	36	51,7830	45,4839	5,7625
V19		38,7817			V30		47,8285		
V21		30,6478			V46		36,8402		
V8	15	41,3745	38,4039	2,5328	V25	39	44,1222	49,1247	3,3350
V12		39,2325			V31		50,7511		
V17		34,6047			V34		52,5009		
V9	18	34,7372	31,3077	3,8988	V26	45	44,1271	48,9151	3,1920
V18		33,7265			V32		51,5571		
V22		25,4595			V43		51,0610		
V13	21	41,2232	34,7540	4,3128	V33	51	58,0638	53,7659	10,5474
V20		34,1048			V35		65,2891		
V23		28,9341			V45		37,9449		
V10	24	36,8983	36,2620	5,4302	V27	57	49,0696	58,0413	5,9811
V15		43,7711			V38		66,5275		
V24		28,1167			V44		58,5267		

Proefopstelling E1-E2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Tabel 29: Vochtgehaltes E1-E2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Proefopstelling: E1					Proefopstelling: E2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V49	3	35,7814	31,3699	2,9410	V77	27	52,8467	51,0355	1,2075
V50		31,0333			V82		50,4491		
V51		27,2951			V96		49,8106		
V52	6	73,3496	67,8112	8,0466	V81	30	54,3362	50,3343	3,2509
V53		74,3428			V87		51,2088		
V54		55,7413			V92		45,4579		
V55	9	43,2488	46,7042	3,3777	V86	33	65,1237	58,5592	4,3763
V59		51,7708			V90		57,0236		
V64		45,0931			V91		53,5302		
V62	12	40,9838	42,3400	2,2534	V76	36	51,7489	53,7159	2,1796
V68		40,3161			V78		56,9853		
V69		45,7202			V95		52,4134		
V58	15	42,5135	39,3182	2,1302	V75	39	68,1427	64,0038	5,0188
V60		36,2164			V84		67,3931		
V65		39,2248			V85		56,4757		
V56	18	37,3765	36,5610	0,5436	V73	45	97,9398	73,8132	16,0844
V66		36,2388			V79		64,3926		
V70		36,0678			V89		59,1072		
V57	21	49,4997	44,9337	4,0732	V74	51	94,1962	77,7992	11,3535
V61		38,8239			V83		78,4324		
V71		46,4775			V94		60,7690		
V63	24	41,9022	40,3880	3,2750	V80	57	86,6551	72,6318	9,3489
V67		35,4755			V88		62,8613		
V72		43,7862			V93		68,3790		

Proefopstelling F1-F2 water (H₂O): 100% RH

Tabel 30: Vochtgehaltes F1-F2 water (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: F1					Proefopstelling: F2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V97	3	36,5972	33,5727	2,0164	V124	27	115,7043	117,4491	10,9422
V98		31,7499			V140		133,8624		
V99		32,3710			V144		102,7807		
V100	6	56,8757	73,3608	19,0491	V129	30	103,1097	105,2501	17,4628
V101		61,2722			V134		81,1965		
V102		101,9344			V139		131,4443		
V106	9	68,9424	77,8764	5,9559	V130	33	119,8177	120,3209	16,4100
V111		84,4047			V133		96,2090		
V117		80,2819			V138		144,9359		
V107	12	117,2220	99,1940	12,6979	V126	36	110,1655	99,8849	17,0198
V112		100,2128			V132		115,1339		
V113		80,1472			V141		74,3552		
V103	15	99,8739	117,7166	11,8951	V125	39	119,2755	108,1889	9,5014
V108		118,6420			V131		93,9367		
V114		134,6337			V142		111,3543		
V109	18	83,7922	94,8587	7,3776	V122	45	121,5255	102,7575	26,0054
V116		104,8105			V123		122,9976		
V120		95,9733			V127		63,7494		
V104	21	117,3969	118,2623	3,0277	V135	51	124,2551	135,3852	7,4201
V105		122,8039			V136		139,0222		
V119		114,5860			V137		142,8784		
V110	24	123,8541	129,9153	15,6130	V121	57	79,0273	115,4164	24,2594
V115		153,3349			V128		118,2613		
V118		112,5569			V143		148,9606		

Proefopstelling G1-G2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 31: Vochtgehaltes G1-G2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: G1					Proefopstelling: G2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V151	3	42,0343	45,8940	3,6661	V173	27	198,9005	121,5665	51,5560
V168		44,2546			V236		93,4679		
V253		51,3931			V257		72,3311		
V197	6	79,5207	72,2869	7,6507	V159	30	120,4484	120,2845	18,3192
V203		60,8108			V161		92,8058		
V207		76,5293			V162		147,5994		
V187	9	78,1683	71,2237	6,2914	V186	33	69,5641	113,7318	29,4452
V239		73,7162			V206		139,5298		
V288		61,7865			V262		132,1016		
V152	12	87,4731	78,2600	9,1105	V163	36	89,2395	113,2191	15,9864
V175		64,5942			V220		118,9812		
V234		82,7128			V231		131,4366		
V204	15	65,3417	74,4515	16,1269	V155	39	126,8437	114,7629	15,7520
V223		98,6419			V157		91,1348		
V289		59,3710			V167		126,3100		
V158	18	128,2916	116,9452	41,5303	V156	45	83,7507	87,4709	9,6215
V179		167,8943			V272		101,9032		
V208		54,6497			V273		76,7589		
V164	21	89,5460	85,1777	10,3241	V154	51	86,8522	137,8893	34,0248
V165		69,6916			V224		170,1179		
V246		96,2955			V237		156,6979		
V172	24	86,1846	79,2564	6,4537	V183	57	119,0572	123,0994	19,3263
V214		69,5759			V251		152,0888		
V227		82,0088			V283		98,1521		

Proefopstelling H1-H2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 32: Vochtgehaltes H1-H2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: H1					Proefopstelling: H2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V171	3	74,6348	72,2174	2,8190	V177	27	122,4188	147,0988	16,4533
V249		74,0284			V193		154,0348		
V279		67,9889			V278		164,8427		
V199	6	88,5074	99,9373	11,2995	V181	30	202,9844	172,6327	26,9255
V281		116,8865			V194		132,2444		
V292		94,4181			V286		182,6693		
V245	9	115,3139	110,0038	9,5906	V192	33	157,3778	139,3895	34,7725
V275		95,6179			V225		173,5600		
V285		119,0795			V266		87,2307		
V209	12	101,7313	112,5780	7,2311	V198	36	117,1973	143,0292	17,2213
V243		121,9701			V269		162,5047		
V446		114,0325			V287		149,3857		
V232	15	126,1884	104,7185	14,3132	V182	39	196,5757	167,7760	19,1998
V255		91,7965			V205		141,5728		
V268		96,1707			V259		165,1796		
V202	18	118,9777	121,0470	6,9782	V196	45	153,3251	181,3974	18,7149
V213		131,5143			V235		185,6792		
V226		112,6490			V241		205,1878		
V189	21	129,9433	117,4695	8,9954	V190	51	189,7031	200,2648	20,7646
V216		103,9763			V211		179,6796		
V277		118,4888			V247		231,4117		
V169	24	110,0100	119,5376	16,6432	V178	57	168,1321	193,1023	33,1847
V200		104,1005			V185		242,8794		
V284		144,5024			V195		168,2955		

Proefopstelling I1-I2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 33: Vochtgehaltes I1-I2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: I1					Proefopstelling: I2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V221	3	83,4854	86,5283	2,3310	V258	27	209,1016	164,4607	29,7606
V252		90,0248			V261		160,1463		
V291		86,0747			V450		124,1341		
V174	6	100,2632	97,4278	4,5798	V153	30	282,6782	190,5568	61,5349
V229		90,5581			V217		98,2544		
V290		101,4620			V265		190,7378		
V191	9	112,0262	106,0106	5,7940	V215	33	113,5786	153,7033	26,7498
V248		97,3196			V240		179,2932		
V256		108,6861			V276		168,2382		
V166	12	148,0577	116,4553	21,0682	V210	36	133,7276	129,7323	16,8909
V228		100,0524			V218		104,3959		
V448		101,2559			V267		151,0735		
V170	15	107,2621	120,7487	29,2432	V160	39	191,3656	159,0300	21,5570
V201		90,3705			V184		149,7151		
V447		164,6135			V280		136,0095		
V282	18	123,6499	117,4718	7,8476	V233	45	146,6743	172,1054	43,5623
V294		123,0652			V260		132,1932		
V449		105,7003			V264		237,4488		
V188	21	102,5836	125,1362	17,5692	V242	51	135,9995	121,8372	9,4415
V219		121,3350			V244		113,4642		
V274		151,4899			V254		116,0480		
V212	24	115,1385	115,8494	1,5955	V176	57	156,5762	163,9256	16,2116
V238		118,2427			V180		146,9575		
V270		114,1670			V263		188,2429		

8.2.2. Grenen

Proefopstelling J1-J2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Tabel 34: Vochtgehaltes J1-J2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Proefopstelling: J1					Proefopstelling: J2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G295	3	24,0335	25,6706	2,2586	G327	27	55,9253	48,9110	4,6761
G296		23,9199			G332		46,2508		
G297		29,0585			G337		44,5571		
G298	6	25,0346	25,9514	1,2059	G322	30	49,5062	44,9608	3,0303
G300		25,0594			G338		44,2102		
G310		27,7603			G342		41,1659		
G304	9	25,6589	32,8461	6,8360	G326	33	43,0488	49,0402	3,9943
G309		43,1001			G333		51,2430		
G314		29,7792			G335		52,8289		
G301	12	40,5402	41,9721	8,7553	G323	36	50,0966	50,1853	0,2927
G308		55,1051			G328		50,6244		
G318		30,2709			G329		49,8349		
G305	15	48,1419	34,4779	9,1093	G321	39	51,3425	48,1584	3,1177
G311		27,6136			G334		49,6507		
G315		27,6784			G336		43,4818		
G303	18	47,0376	42,9448	7,6851	G320	45	57,7205	56,9363	1,2230
G307		50,3799			G325		57,9868		
G316		31,4171			G341		55,1018		
G299	21	36,4325	36,9404	5,0714	G324	51	58,5028	56,2129	1,5266
G302		44,5475			G330		56,1052		
G312		29,8411			G340		54,0306		
G306	24	44,2132	42,3198	3,8678	G319	57	68,0773	61,6485	4,2858
G313		46,2280			G331		59,7977		
G317		36,5181			G339		57,0706		

Proefopstelling K1-K2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Tabel 35: Vochtgehaltes K1-K2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Proefopstelling: K1					Proefopstelling: K2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G395	3	24,8856	24,0656	1,8391	G418	27	47,1445	49,0350	2,1069
G404		26,0041			G423		52,1953		
G411		21,3070			G438		47,7651		
G399	6	36,5118	31,7854	6,6411	G424	30	53,3080	53,4331	1,9065
G405		37,0206			G428		56,2928		
G409		21,8238			G433		50,6985		
G394	9	49,1068	40,4619	10,1128	G419	33	50,4270	55,0558	3,0859
G400		46,9862			G422		55,4597		
G410		25,2927			G439		59,2808		
G393	12	42,4342	41,5565	5,1215	G417	36	56,4621	55,0861	2,8484
G403		48,3609			G429		57,9827		
G408		33,8743			G432		50,8134		
G392	15	40,7760	42,7779	1,3346	G427	39	56,2274	54,2108	1,6052
G398		43,3456			G434		51,8030		
G414		44,2120			G437		54,6019		
G397	18	43,6142	45,3727	1,1724	G416	45	67,0740	58,3746	6,0901
G402		45,6938			G421		58,8104		
G413		46,8102			G431		49,2395		
G391	21	43,8263	47,6054	2,5194	G420	51	57,0472	55,5473	4,0918
G401		50,9093			G426		60,1852		
G407		48,0807			G436		49,4096		
G396	24	48,6922	46,6396	1,3684	G415	57	80,8940	65,1931	8,9322
G406		46,0878			G425		67,3565		
G412		45,1387			G430		56,3996		
					G435		56,1223		

Proefopstelling L1-L2 natriumnitriet (NaNO₂): 66% RH

Tabel 36: Vochtgehaltes L1-L2 natriumnitriet (NaNO₂): 66% RH

Proefopstelling: L1					Proefopstelling: L2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G343	3	26,4845	26,3369	0,4177	G375	27	44,3380	47,8561	6,9412
G344		25,7103			G380		58,2679		
G345		26,8159			G390		40,9623		
G346	6	38,5801	32,9576	6,4023	G371	30	38,1269	36,7104	1,3628
G348		36,9385			G376		37,3381		
G358		23,3541			G385		34,6662		
G347	9	70,4792	64,2544	4,7473	G367	33	51,1741	45,8301	8,7769
G351		65,1505			G379		53,6515		
G357		57,1334			G384		32,6647		
G350	12	48,9365	40,7911	11,2617	G368	36	49,5653	49,1306	8,2226
G353		49,5383			G381		61,0297		
G359		23,8986			G386		36,7967		
G352	15	31,2617	31,9118	4,5322	G369	39	51,0710	41,8834	6,1250
G354		38,7101			G372		37,4698		
G366		25,7637			G389		37,1095		
G355	18	40,4236	35,6483	4,3899	G373	45	39,2892	44,0672	5,3536
G360		29,0634			G378		52,0975		
G365		37,4579			G383		40,8147		
G356	21	39,9450	36,8106	2,0896	G370	51	44,2631	48,7238	10,2302
G362		35,5314			G377		64,0691		
G363		34,9554			G388		37,8392		
G349	24	36,3557	39,6867	2,2207	G374	57	66,8715	58,1199	5,8343
G361		40,6267			G382		56,0759		
G364		42,0777			G387		51,4124		

Proefopstelling M1-M2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Tabel 37: Vochtgehaltes M1-M2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Proefopstelling: M1					Proefopstelling: M2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G1	3	27,7136	32,1069	2,9288	G34	27	38,1266	38,7558	1,5075
G2		32,9523			G38		41,0171		
G3		35,6547			G43		37,1237		
G4	6	94,9292	80,9291	12,1461	G29	30	38,7570	40,3302	1,1602
G5		62,7100			G32		42,0704		
G6		85,1482			G39		40,1631		
G7	9	71,2978	54,3485	11,2995	G28	33	46,2889	39,8827	4,2708
G11		46,7627			G44		38,8763		
G16		44,9849			G48		34,4828		
G13	12	59,9034	42,1497	11,8358	G40	36	39,5434	39,7622	0,8160
G18		27,3686			G41		40,9862		
G24		39,1770			G42		38,7569		
G8	15	41,8903	37,1691	3,7568	G27	39	45,6191	41,8009	4,3729
G17		31,5339			G37		44,5421		
G22		38,0832			G45		35,2415		
G10	18	37,9689	35,3773	3,0102	G33	45	52,9769	45,2202	5,1712
G12		37,3010			G46		40,0284		
G19		30,8620			G47		42,6553		
G14	21	36,7107	36,0309	3,6313	G26	51	60,9232	54,8406	4,0551
G20		30,5840			G31		51,2510		
G23		40,7980			G36		52,3475		
G9	24	42,9299	41,3515	1,0523	G25	57	86,9753	65,1467	14,5524
G15		39,8225			G30		51,5892		
G21		41,3022			G35		56,8756		

Proefopstelling N1-N2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Tabel 38: Vochtgehaltes N1-N2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Proefopstelling: N1					Proefopstelling: N2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G49	3	56,6694	40,3084	10,9073	G77	27	42,1210	43,7582	2,6624
G50		31,0532			G87		47,7519		
G51		33,2028			G96		41,4017		
G52	6	65,7374	63,2952	2,5159	G82	30	42,6879	46,2570	2,3794
G53		64,6269			G86		48,5343		
G54		59,5213			G92		47,5488		
G55	9	125,4166	76,3978	32,6792	G76	33	48,6737	46,4874	2,0651
G59		59,1489			G81		43,3898		
G64		44,6280			G88		47,3987		
G62	12	90,1429	57,7784	21,5764	G89	36	44,7336	45,7148	3,5058
G67		39,3364			G90		50,9735		
G72		43,8558			G95		41,4373		
G58	15	41,6227	42,3263	4,4640	G80	39	45,5547	50,2492	3,1297
G60		49,0223			G85		50,8825		
G68		36,3341			G91		54,3103		
G57	18	40,2705	40,0996	1,8015	G75	45	49,8690	49,0592	1,1312
G65		37,3974			G84		49,9462		
G69		42,6310			G94		47,3623		
G61	21	68,8304	46,8152	14,6768	G74	51	65,0605	53,1564	8,8608
G66		34,9489			G79		54,5435		
G70		36,6663			G83		39,8652		
G56	24	41,5889	43,6345	2,3302	G73	57	68,1486	59,1146	6,0227
G63		47,1299			G78		58,0579		
G71		42,1848			G93		51,1371		

Proefopstelling O1-O2 water (H₂O): 100% RH

Tabel 39: Vochtgehaltes O1-O2 water (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: O1					Proefopstelling: O2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G97	3	35,1703	36,0208	1,6609	G124	27	122,9263	92,8486	20,0518
G98		34,3800			G139		85,3723		
G99		38,5121			G144		70,2472		
G100	6	63,2285	68,5688	2,6702	G129	30	87,2938	90,7296	2,2905
G101		70,1809			G133		92,5268		
G102		69,3752			G134		92,3681		
G117		71,4908			G128	33	105,9000	102,5269	2,2487
G103	9	74,7418	72,5280	2,2137	G140		100,2790		
G111		70,3143			G143		101,4018		
G107	12	78,0747	101,2485	15,4492	G125	36	122,5515	117,5571	19,3432
G115		115,7050			G130		88,5423		
G116		109,9657			G135		141,5775		
G104	15	89,9281	107,7824	11,9028	G127	39	72,4380	131,9213	61,9900
G108		125,3632			G138		98,4195		
G114		108,0558			G142		224,9063		
G105	18	126,7344	114,2969	8,2917	G122	45	151,9451	129,8707	14,7163
G109		112,6400			G123		126,2799		
G113		103,5163			G132		111,3872		
G106	21	123,6490	122,7653	1,9958	G121	51	152,5546	112,3815	26,7821
G110		124,8753			G137		89,0542		
G112		119,7716			G141		95,5357		
G118	24	139,9554	145,1670	4,9606	G126	57	108,5933	124,6653	23,9572
G119		152,6079			G131		160,6010		
G120		142,9377			G136		104,8015		

Proefopstelling P1-P2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 40: Vochtgehaltes P1-P2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: P1					Proefopstelling: P2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G194	3	51,1116	47,7362	2,2503	G158	27	81,2217	89,9612	5,8263
G217		45,4778			G276		96,3825		
G238		46,6193			G290		92,2795		
G220	6	67,1596	68,5757	2,5152	G192	30	79,0029	89,5653	7,0416
G270		72,3485			G247		92,5024		
G293		66,2190			G288		97,1905		
G153	9	66,5279	75,5756	6,0318	G155	33	79,0732	69,4332	6,4267
G157		81,1666			G174		60,2791		
G239		79,0324			G226		68,9472		
G173	12	73,8621	74,4278	6,9754	G160	36	86,0421	84,8577	8,7312
G216		64,5305			G278		96,7700		
G291		84,8909			G285		71,7609		
G154	15	78,6319	74,3275	6,0846	G225	39	111,0088	86,8397	16,1127
G193		65,2006			G243		80,0739		
G206		79,1501			G292		69,4365		
G167	18	98,1989	76,6010	14,3986	G156	45	77,8922	86,1000	20,4077
G170		71,7674			G208		63,6963		
G199		59,8369			G294		116,7115		
G195	21	59,3872	76,1966	11,3002	G179	51	74,5375	76,2802	5,7830
G223		93,1469			G212		69,3484		
G246		76,0557			G274		84,9547		
G224	24	114,2227	83,3618	20,5739	G198	57	133,2685	104,9288	18,8931
G253		66,0180			G245		103,7487		
G281		69,8447			G289		77,7692		

Proefopstelling Q1-Q2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 41: Vochtgehaltes Q1-Q2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: Q1					Proefopstelling: Q2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G180	3	76,5274	64,6121	7,9435	G175	27	125,2224	113,1591	11,4652
G207		58,5216			G202		95,9612		
G287		58,7873			G214		118,2936		
G165	6	85,2970	90,7202	4,3376	G203	30	84,2448	101,1757	11,2873
G221		89,6370			G237		112,4479		
G286		97,2266			G282		106,8343		
G209	9	84,9647	94,5526	9,0128	G200	33	107,2208	89,2631	14,7630
G268		108,0717			G265		67,1187		
G277		90,6213			G280		93,4499		
G166	12	101,1572	98,7781	15,0724	G185	36	61,1670	106,0434	29,9176
G261		119,0076			G236		139,3804		
G273		76,1695			G241		117,5827		
G151	15	86,0021	109,7810	15,8526	G183	39	101,3003	118,9827	23,2401
G187		111,7190			G244		101,8050		
G233		131,6218			G255		153,8429		
G171	18	140,2742	121,2828	45,5611	G215	45	86,2598	95,8049	11,4759
G176		170,6330			G271		113,0187		
G263		52,9412			G272		88,1363		
G222	21	141,3639	150,7678	14,2660	G205	51	158,8475	132,3267	17,6805
G249		138,7727			G248		106,1400		
G283		172,1668			G262		131,9926		
G250	24	85,8728	103,8882	41,4533	G163	57	85,7091	116,9288	21,5878
G254		59,7236			G186		149,3105		
G269		166,0681			G252		115,7667		

Proefopstelling R1-R2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 42: Vochtgehaltes R1-R2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: R1					Proefopstelling: R2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	MC [%]	Gemiddelde MC [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G211	3	79,1328	78,6668	1,1318	G152	27	153,8955	120,0964	22,5328
G258		79,8985			G161		105,7185		
G266		76,9691			G284		100,6751		
G196	6	98,1572	100,1814	2,0170	G168	30	119,4039	148,6656	21,4926
G229		103,2068			G182		180,9045		
G267		99,1802			G219		145,6885		
G159	9	101,7676	103,6263	4,7310	G178	33	145,0201	136,8613	21,3247
G188		110,7228			G242		160,6895		
G260		98,3883			G279		104,8742		
G190	12	112,5845	122,5137	24,3612	G162	36	110,7596	123,1034	15,4751
G235		95,9012			G201		112,2345		
G264		159,0555			G230		146,3161		
G169	15	114,4486	113,5154	7,0017	G164	39	129,4159	148,5590	24,8860
G181		123,0847			G177		185,8880		
G234		103,0128			G251		130,3732		
G172	18	178,0496	126,2281	34,5477	G189	45	178,8820	160,9514	11,9538
G184		99,1197			G213		148,0893		
G218		101,5149			G232		155,8827		
G191	21	135,3696	159,0469	26,1938	G204	51	176,3873	160,4364	13,0498
G197		198,3375			G259		164,0602		
G240		143,4335			G275		140,8616		
G231	24	115,3452	137,1089	21,7637	G210	57	161,0752	164,6263	9,4784
G257		158,8725			G227		153,9598		
					G228		178,8439		

8.3. Bijlage C: Massaverlies (ML) mini-blocks

8.3.1. Vuren

Proefopstelling A1-A2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Tabel 43: Massaverliezen A1-A2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Proefopstelling: A1					Proefopstelling: A2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V295	3	-1,1947	-0,5022	0,4617	V332	27	-3,6616	-4,6104	0,8559
V296		-0,4945			V338		-5,8943		
V297		0,1827			V342		-4,2753		
V298	6	-0,5286	-0,3252	0,8937	V322	30	-0,9610	-0,7088	0,8941
V300		1,0154			V327		-1,7977		
V310		-1,4625			V333		0,6323		
V303	9	-0,2756	-1,0366	0,5074	V323	33	2,1139	0,5067	1,0714
V309		-1,2668			V328		-0,6704		
V314		-1,5675			V341		0,0768		
V308	12	-2,2798	-1,6651	0,8542	V324	36	1,8967	3,4454	1,0566
V311		-2,3317			V329		3,4093		
V315		-0,3838			V337		5,0303		
V304	15	-1,3178	-1,6861	1,0360	V321	39	7,3446	6,0462	1,6343
V307		-3,2401			V330		7,1993		
V316		-0,5004			V336		3,5948		
V301	18	-2,3008	-2,3597	0,1825	V320	45	12,5373	10,3531	1,4562
V306		-2,1450			V325		9,9385		
V312		-2,6334			V335		8,5835		
V299	21	-3,8097	-4,9899	0,7868	V331	51	12,4875	11,4766	0,6739
V302		-5,3663			V334		10,8699		
V317		-5,7937			V340		11,0725		
V305	24	-2,6380	-4,4189	2,1219	V319	57	19,8848	16,3896	2,3301
V313		-3,0169			V326		16,2211		
V318		-7,6017			V339		13,0630		

Proefopstelling B1-B2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Tabel 44: Massaverliezen B1-B2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Proefopstelling: B1					Proefopstelling: B2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V394	3	0,5115	0,5486	0,1962	V420	27	-0,6381	3,2202	6,5649
V399		0,8429			V426		13,0675		
V404		0,2913			V427		-2,7688		
V395	6	0,1533	-0,1723	0,2718	V419	30	-0,7854	0,2418	1,7499
V400		-0,0902			V431		2,8666		
V411		-0,5800			V438		-1,3558		
V398	9	-1,6000	-0,5812	0,6792	V418	33	7,0837	11,6234	6,9756
V405		-0,0969			V425		22,0868		
V409		-0,0466			V437		5,6995		
V403	12	-0,4296	-0,5909	0,3002	V424	36	28,7079	11,8842	11,2158
V410		-0,3018			V432		0,4719		
V412		-1,0412			V436		6,4728		
V393	15	-1,1021	-3,5684	2,1024	V423	39	30,9278	13,2784	11,7663
V402		-6,7219			V428		4,8973		
V408		-2,8811			V435		4,0099		
V397	18	-2,6528	-5,7522	2,4806	V417	45	10,4422	15,3792	6,2181
V407		-9,4731			V422		24,7064		
V413		-5,1308			V434		10,9890		
V391	21	-0,9094	-2,2792	2,3592	V416	51	12,7647	11,9715	8,2247
V392		-0,1102			V429		-0,3655		
V406		-5,8181			V433		23,5154		
V396	24	-4,2986	-3,8251	1,0448	V415	57	13,7815	24,3713	9,0804
V401		-2,2578			V421		37,9920		
V414		-4,9188			V430		21,3406		

Proefopstelling C1-C2 natriumnitriet (NaNO₂): 66% RH

Tabel 45: Massaverliezen C1-C2 natriumnitriet (NaNO₂): 66% RH

Proefopstelling: C1					Proefopstelling: C2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V343	3	-0,4651	-0,4269	0,1366	V375	27	4,4761	3,8067	2,5745
V344		-0,2220			V380		6,9990		
V345		-0,5936			V386		-0,0551		
V346	6	-0,1004	0,2496	0,3504	V370	30	17,2605	8,0455	6,1434
V348		0,0739			V381		6,0627		
V363		0,7752			V390		0,8133		
V350	9	-2,2620	-2,6040	0,2466	V376	33	12,1106	6,6314	3,9472
V356		-2,5761			V379		7,0732		
V357		-2,9740			V385		0,7106		
V353	12	-1,6253	-0,1679	0,9716	V371	36	9,1731	8,9975	0,9714
V360		0,7873			V372		10,2789		
V361		0,3343			V389		7,5404		
V349	15	-0,8140	1,6074	3,1131	V369	39	24,6919	15,0988	6,3954
V354		6,2771			V378		14,9488		
V365		-0,6408			V384		5,6556		
V351	18	2,2134	1,1160	0,7316	V368	45	25,0268	15,4845	6,3616
V359		0,9408			V373		12,5129		
V366		0,1939			V388		8,9138		
V352	21	0,4103	2,7562	3,2488	V374	51	17,9088	10,0218	5,2580
V355		7,6295			V383		5,2908		
V358		0,2289			V387		6,8659		
V347	24	-1,1982	-0,8513	0,8909	V367	57	24,0834	17,7184	9,6778
V362		-1,8407			V377		25,8701		
V364		0,4851			V382		3,2018		

Proefopstelling D1-D2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Tabel 46: Massaverliezen D1-D2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Proefopstelling: D1					Proefopstelling: D2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V1	3	-3,6167	-2,8756	0,8713	V39	27	5,6091	0,0993	3,6732
V2		-3,4414			V42		-4,8332		
V3		-1,5687			V48		-0,4779		
V4	6	-4,3751	-4,5100	0,3094	V29	30	-0,3783	1,5588	4,7478
V5		-4,9741			V37		8,6805		
V6		-4,1808			V40		-3,6258		
V7	9	-5,3581	-4,7756	0,7057	V36	33	8,3600	-0,2312	5,7275
V11		-3,7170			V41		-7,5508		
V16		-5,2518			V47		-1,5028		
V14	12	2,7097	-3,1289	3,8924	V28	36	13,9733	1,0950	8,5855
V19		-6,2701			V30		-4,3597		
V21		-5,8264			V46		-6,3286		
V8	15	-8,0331	-4,1129	5,9177	V25	39	11,4384	4,2220	4,8109
V12		4,7636			V31		2,6614		
V17		-9,0692			V34		-1,4338		
V9	18	-2,2047	-5,8639	2,4394	V26	45	24,9953	10,9692	9,3508
V18		-9,5130			V32		8,6633		
V22		-5,8739			V43		-0,7512		
V13	21	8,6891	-2,0859	7,1833	V33	51	15,1542	15,7657	7,0507
V20		-11,7007			V35		26,3417		
V23		-3,2460			V45		5,8012		
V10	24	-5,3843	-0,9621	6,5667	V27	57	30,5776	25,2134	7,0088
V15		8,8880			V38		30,3623		
V24		-6,3898			V44		14,7002		

Proefopstelling E1-E2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Tabel 47: Massaverliezen E1-E2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Proefopstelling: E1					Proefopstelling: E2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V49	3	-2,3601	-1,8020	0,5001	V77	27	-5,5974	-4,8754	2,8780
V50		-1,9940			V82		-0,5584		
V51		-1,0519			V96		-8,4703		
V52	6	-4,9927	-4,6415	0,2341	V81	30	2,2123	4,9712	3,6091
V53		-4,3526			V87		10,3850		
V54		-4,5791			V92		2,3165		
V55	9	-6,9619	-6,7905	0,6209	V86	33	14,3107	6,3373	5,3544
V59		-5,8591			V90		6,3954		
V64		-7,5505			V91		-1,6943		
V62	12	-7,2806	-5,6013	1,1195	V76	36	4,4167	5,8083	1,3896
V68		-4,9771			V78		7,8927		
V69		-4,5463			V95		5,1154		
V58	15	-6,2998	-4,4471	1,2351	V75	39	12,2230	15,3511	2,0854
V60		-2,7288			V84		18,4134		
V65		-4,3127			V85		15,4170		
V56	18	-4,4874	-5,5915	1,5984	V73	45	26,0425	24,7730	4,8116
V66		-4,2978			V79		30,7208		
V70		-7,9891			V89		17,5556		
V57	21	-6,5856	-5,3808	2,4090	V74	51	33,9104	30,3169	5,2399
V61		-1,7673			V83		34,5832		
V71		-7,7894			V94		22,4571		
V63	24	-6,2169	-4,3598	3,5130	V80	57	39,6759	29,1038	7,0480
V67		0,9097			V88		22,5084		
V72		-7,7724			V93		25,1272		

Proefopstelling F1-F2 water (H₂O): 100% RH

Tabel 48: Massaverliezen F1-F2 water (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: F1					Proefopstelling: F2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V97	3	-1,7430	-1,3712	0,2479	V124	27	19,2782	24,2085	3,7321
V98		-1,0304			V140		23,5407		
V99		-1,3401			V144		29,8066		
V100	6	-2,8946	-3,3670	0,5449	V129	30	15,5786	16,3889	3,2978
V101		-3,0221			V134		12,2524		
V102		-4,1843			V139		21,3356		
V106	9	-1,0142	-1,4525	0,3479	V130	33	21,4844	21,9979	2,3167
V111		-1,3688			V133		19,0363		
V117		-1,9744			V138		25,4729		
V107	12	3,0842	1,3256	1,1724	V126	36	25,8184	19,4582	4,2401
V112		0,4813			V132		13,3102		
V113		0,4112			V141		19,2460		
V103	15	4,7840	5,4306	0,9222	V125	39	21,3885	23,9556	6,2778
V108		6,8139			V131		17,1060		
V114		4,6938			V142		33,3722		
V109	18	5,6297	7,6643	3,1396	V122	45	22,3878	14,7555	6,8563
V116		12,3737			V123		4,4711		
V120		4,9894			V127		17,4077		
V104	21	7,7106	7,1629	0,3651	V135	51	19,1265	21,1895	3,1851
V105		6,7068			V136		25,9671		
V119		7,0712			V137		18,4749		
V110	24	16,7445	13,5543	2,1268	V121	57	22,8338	22,3757	3,4870
V115		11,2109			V128		27,1481		
V118		12,7075			V143		17,1451		

Proefopstelling G1-G2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 49: Massaverliezen G1-G2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: G1					Proefopstelling: G2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V151	3	0,7059	0,2240	0,3213	V173	27	0,5842	8,1738	5,0597
V168		-0,1099			V236		11,8745		
V253		0,0759			V257		12,0628		
V197	6	-2,5610	-1,6683	0,5951	V159	30	12,7039	14,1546	6,6690
V203		-0,9243			V161		24,1580		
V207		-1,5197			V162		5,6018		
V187	9	-0,9896	1,4319	2,0503	V186	33	32,8158	14,3788	12,2913
V239		0,7779			V206		5,5244		
V288		4,5073			V262		4,7963		
V152	12	-0,3942	2,1951	1,7262	V163	36	23,9468	11,7485	8,1322
V175		4,4961			V220		5,9753		
V234		2,4835			V231		5,3235		
V204	15	8,1714	6,9037	1,2871	V155	39	17,2490	17,2685	1,5743
V223		7,5666			V157		14,9267		
V289		4,9731			V167		19,6300		
V158	18	10,1967	8,9002	2,3750	V156	45	38,7956	25,8900	9,3840
V179		5,3378			V272		27,0603		
V208		11,1662			V273		11,8140		
V164	21	15,9491	12,1154	3,1761	V154	51	44,5837	17,9742	17,7397
V165		7,3512			V224		3,7469		
V246		13,0458			V237		5,5920		
V172	24	11,2734	11,5461	3,4648	V183	57	31,9311	21,8323	11,6155
V214		6,6217			V251		4,4091		
V227		16,7434			V283		29,1567		

Proefopstelling H1-H2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 50: Massaverliezen H1-H2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: H1					Proefopstelling: H2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V171	3	-0,7647	-0,3782	0,3310	V177	27	12,3821	10,1692	4,0433
V249		-0,4882			V193		14,0212		
V279		0,1183			V278		4,1042		
V199	6	-1,3553	-1,4217	0,3197	V181	30	5,3661	11,2122	3,8973
V281		-1,9013			V194		12,8454		
V292		-1,0086			V286		15,4249		
V245	9	1,3261	1,5591	1,5221	V192	33	7,0694	11,0919	5,2759
V275		-0,4911			V225		19,0057		
V285		3,8423			V266		7,2007		
V209	12	6,7911	3,8689	2,0421	V198	36	18,9004	18,3916	2,4323
V243		4,0099			V269		14,7431		
V446		0,8059			V287		21,5312		
V232	15	3,2719	7,3969	2,7500	V182	39	16,4967	14,9638	2,2849
V255		9,5224			V205		11,5364		
V268		9,3965			V259		16,8583		
V202	18	5,2163	6,6374	1,5029	V196	45	20,7640	11,4286	6,2236
V213		5,8042			V235		7,1566		
V226		8,8918			V241		6,3652		
V189	21	11,5920	14,3984	4,3705	V190	51	19,7124	21,9921	5,0721
V216		20,9542			V211		29,6003		
V277		10,6491			V247		16,6635		
V169	24	17,3001	11,5600	4,5363	V178	57	20,5150	19,1948	4,9681
V200		12,6243			V185		11,7427		
V284		4,7556			V195		25,3268		

Proefopstelling I1-I2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 51: Massaverliezen I1-I2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: I1					Proefopstelling: I2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
V221	3	0,0536	0,0308	0,1625	V258	27	0,2934	1,8429	1,0330
V252		-0,2129			V261		2,2215		
V291		0,2516			V450		3,0137		
V174	6	-0,8851	-0,6327	0,1683	V153	30	37,1355	22,9287	9,4760
V229		-0,4516			V217		22,9359		
V290		-0,5613			V265		8,7147		
V191	9	2,2514	0,5182	1,1555	V215	33	9,1172	11,8399	4,5134
V248		-0,0884			V240		18,6100		
V256		-0,6084			V276		7,7926		
V166	12	0,9230	2,8083	1,8731	V210	36	23,1701	18,9906	8,1846
V228		1,8839			V218		27,0879		
V448		5,6180			V267		6,7137		
V170	15	7,9662	4,0664	2,9163	V160	39	13,4758	9,1873	2,9642
V201		4,5411			V184		9,3451		
V447		-0,3081			V280		4,7411		
V282	18	0,0992	5,1959	3,3978	V233	45	4,9361	14,8137	7,1495
V294		8,6098			V260		25,5380		
V449		6,8787			V264		13,9671		
V188	21	6,9965	4,2517	1,9689	V242	51	11,8295	26,1281	9,5324
V219		4,4602			V244		36,9201		
V274		1,2984			V254		29,6347		
V212	24	6,4564	6,2344	1,4940	V176	57	17,6742	14,3512	6,0363
V238		3,9934			V180		5,2967		
V270		8,2534			V263		20,0826		

8.3.2. Grenen

Proefopstelling J1-J2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Tabel 52: Massaverliezen J1-J2 kaliumcarbonaat (K_2CO_3): 43% RH

Proefopstelling: J1					Proefopstelling: J2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G295	3	-0,6693	-0,4826	0,3117	G327	27	-7,2986	-2,4380	5,3008
G296		-0,0150			G332		5,5133		
G297		-0,7635			G337		-5,5285		
G298	6	-0,8681	-1,1844	0,5130	G322	30	7,0243	-1,9346	5,9726
G300		-0,7311			G338		-2,8605		
G310		-1,9539			G342		-9,9677		
G304	9	-0,6741	-2,2187	1,0297	G326	33	9,3045	4,0545	8,2367
G309		-3,4946			G333		11,1595		
G314		-2,4873			G335		-8,3006		
G301	12	-3,7596	-4,7455	2,2513	G323	36	10,7139	10,5500	2,7634
G308		-8,1225			G328		6,4049		
G318		-2,3544			G329		14,5312		
G305	15	-5,1059	-4,2982	0,5385	G321	39	16,7141	5,5772	7,4246
G311		-3,8617			G334		0,0411		
G315		-3,9270			G336		-0,0236		
G303	18	-7,3763	-6,9876	1,7274	G320	45	21,6591	17,1841	7,2350
G307		-9,1900			G325		23,5617		
G316		-4,3965			G341		6,3317		
G299	21	-4,0681	-5,1381	1,7323	G324	51	21,6964	7,2970	9,5996
G302		-7,7366			G330		-4,7152		
G312		-3,6095			G340		4,9097		
G306	24	-5,2270	-7,2829	2,6190	G319	57	29,9336	22,5340	7,8626
G313		-11,2114			G331		26,9284		
G317		-5,4102			G339		10,7401		

Proefopstelling K1-K2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Tabel 53: Massaverliezen K1-K2 magnesiumnitraat ($Mg(NO_3)_2$): 54% RH

Proefopstelling: K1					Proefopstelling: K2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G395	3	0,0000	-0,0664	0,0443	G418	27	4,7280	0,9206	2,5382
G404		-0,0919			G423		0,6355		
G411		-0,1072			G438		-2,6016		
G399	6	-2,5119	-1,9755	0,9055	G424	30	-1,0881	6,7757	8,8954
G405		-2,7973			G428		20,1188		
G409		-0,6172			G433		1,2964		
G394	9	-2,2571	-2,4536	0,9690	G419	33	9,3419	4,7306	3,3760
G400		-3,9072			G422		5,1833		
G410		-1,1966			G439		-0,3334		
G393	12	-2,4763	-2,4197	0,2201	G417	36	18,9384	13,4780	11,0044
G403		-2,6931			G429		24,5242		
G408		-2,0895			G432		-3,0286		
G392	15	1,3316	-2,5185	2,5667	G427	39	25,0960	12,0225	8,7157
G398		-5,0176			G434		2,6013		
G414		-3,8696			G437		8,3702		
G397	18	-2,4649	0,2980	3,3987	G416	45	25,1429	16,5531	5,7266
G402		5,3961			G421		15,1736		
G413		-2,0371			G431		9,3426		
G391	21	4,2612	1,2247	3,8117	G420	51	13,3926	17,2281	8,4334
G401		3,9057			G426		29,8783		
G407		-4,4929			G436		8,4135		
G396	24	1,0857	0,1351	0,6338	G415	57	31,7310	21,8617	8,9058
G406		-0,3637			G425		29,8041		
G412		-0,3168			G430		11,0597		
					G435		14,8521		

Proefopstelling L1-L2 natriumnitriet (NaNO₂): 66% RH

Tabel 54: Massaverliezen L1-L2 natriumnitriet (NaNO₂): 66% RH

Proefopstelling: L1					Proefopstelling: L2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G343	3	-0,0323	0,1353	0,2833	G375	27	8,6093	6,0134	6,0649
G344		-0,1222			G380		12,5150		
G345		0,5603			G390		-3,0840		
G346	6	-1,1655	-0,8091	0,4480	G371	30	-0,3214	1,8744	4,0248
G348		-1,1246			G376		7,9116		
G358		-0,1370			G385		-1,9669		
G347	9	-5,2896	-3,3420	1,3906	G367	33	18,3754	12,5277	6,8000
G351		-3,4803			G379		16,8800		
G357		-1,2562			G384		2,3278		
G350	12	1,0801	1,2070	1,0649	G368	36	22,1784	16,2843	11,2273
G353		2,8044			G381		27,2312		
G359		-0,2635			G386		-0,5567		
G352	15	-0,9308	0,5382	2,6896	G369	39	19,6017	9,4269	6,7832
G354		4,5726			G372		8,5033		
G366		-2,0273			G389		0,1757		
G355	18	4,9475	2,0711	2,2822	G373	45	10,1632	8,5129	2,3495
G360		2,6179			G378		10,3869		
G365		-1,3522			G383		4,9887		
G356	21	7,4006	0,2329	4,7784	G370	51	8,0749	15,5341	12,2288
G362		-5,0530			G377		33,8774		
G363		-1,6488			G388		4,6501		
G349	24	6,5670	-0,5789	4,7639	G374	57	19,2521	11,6543	5,0652
G361		-5,6459			G382		10,0124		
G364		-2,6577			G387		5,6984		

Proefopstelling M1-M2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Tabel 55: Massaverliezen M1-M2 natriumchloride (NaCl): 75% RH

Proefopstelling: M1					Proefopstelling: M2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G1	3	-0,7390	-1,0482	0,5433	G34	27	-0,6241	0,5864	4,5439
G2		-1,8631			G38		7,4023		
G3		-0,5424			G43		-5,0190		
G4	6	-4,9132	-4,1740	0,7459	G29	30	0,7050	1,0192	1,7375
G5		-4,5538			G32		-1,2728		
G6		-3,0551			G39		3,6255		
G7	9	-5,3034	-5,3475	1,3338	G28	33	5,7834	-1,3522	4,7571
G11		-3,3909			G44		-4,6975		
G16		-7,3482			G48		-5,1426		
G13	12	-2,7640	-4,2213	1,0745	G40	36	1,2182	2,4911	0,8486
G18		-4,0669			G41		3,7590		
G24		-5,8331			G42		2,4962		
G8	15	-6,3798	-5,4534	0,9789	G27	39	10,4973	7,2995	4,7220
G17		-3,9850			G37		11,1847		
G22		-5,9954			G45		0,2166		
G10	18	-2,9036	-3,9343	1,6530	G33	45	11,1237	5,7556	3,5787
G12		-2,4855			G46		2,4473		
G19		-6,4138			G47		3,6958		
G14	21	-2,7880	-5,9629	2,1951	G26	51	16,2073	15,8222	0,8047
G20		-5,8450			G31		14,6152		
G23		-9,2556			G36		16,6442		
G9	24	6,1627	-0,5606	4,4822	G25	57	29,4585	22,6196	4,5593
G15		-2,4900			G30		16,9581		
G21		-5,3545			G35		21,4420		

Proefopstelling N1-N2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Tabel 56: Massaverliezen N1-N2 kaliumchloride (KCl): 85% RH

Proefopstelling: N1					Proefopstelling: N2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G49	3	-3,4570	-1,8759	1,0541	G77	27	7,8552	-1,4831	6,2255
G50		-1,0505			G87		-6,9608		
G51		-1,1201			G96		-5,3439		
G52	6	-3,7064	-3,1230	0,6396	G82	30	3,6012	8,7074	9,8658
G53		-2,1635			G86		23,5062		
G54		-3,4990			G92		-0,9851		
G55	9	-3,9191	-4,1942	0,5011	G76	33	17,1334	10,9018	4,1544
G59		-3,7176			G81		8,4735		
G64		-4,9459			G88		7,0985		
G62	12	-3,7292	-5,8569	1,5756	G89	36	7,3833	8,3880	2,6520
G67		-5,6212			G90		5,4148		
G72		-8,2204			G95		12,3660		
G58	15	-5,3882	-2,5232	1,9099	G80	39	16,1095	16,8454	7,9528
G60		-0,1152			G85		28,7746		
G68		-2,0664			G91		5,6521		
G57	18	-6,7369	-4,5274	3,9222	G75	45	26,0240	24,2987	4,8471
G65		1,3559			G84		29,8440		
G69		-8,2011			G94		17,0280		
G61	21	-0,0454	-2,0085	2,2367	G74	51	35,7432	21,9715	11,9087
G66		-0,6166			G79		26,0627		
G70		-5,3635			G83		4,1084		
G56	24	2,0936	-0,4527	3,2227	G73	57	35,9489	30,4858	4,0538
G63		1,8350			G78		31,1033		
G71		-5,2867			G93		24,4051		

Proefopstelling O1-O2 water (H₂O): 100% RH

Tabel 57: Massaverliezen O1-O2 water (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: O1					Proefopstelling: O2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G97	3	-0,9042	-0,6252	0,2498	G124	27	4,5436	11,5258	5,4297
G98		-0,2504			G139		19,6704		
G99		-0,7210			G144		10,3633		
G100	6	-1,2678	-2,4422	0,6264	G129	30	10,8731	11,4577	0,4162
G101		-2,8142			G133		11,4179		
G102		-2,3638			G134		12,0820		
G117		-3,3230			G128		12,6696		
G103	9	-1,1845	-1,0706	0,1140	G140	33	22,0612	16,4987	3,7083
G111		-0,9566			G143		14,7654		
G107		-0,6696			G125		9,7602		
G115	12	-0,3349	-0,0866	0,5542	G130	36	21,0790	19,7393	6,6527
G116		0,7447			G135		28,3786		
G104	15	5,0872	3,4391	1,0987	G127	39	16,9433	20,9680	2,7003
G108		2,0841			G138		20,9421		
G114		3,1461			G142		25,0185		
G105	18	4,2928	3,2637	1,4503	G122	45	8,7360	9,2618	3,4053
G109		4,4101			G123		4,6797		
G113		1,0883			G132		14,3698		
G106	21	35,8745	16,7623	12,7415	G121	51	11,4473	15,5580	2,8715
G110		6,4910			G137		19,8652		
G112		7,9213			G141		15,3616		
G118	24	2,9543	4,5620	1,0718	G126	57	27,1980	25,8102	2,7150
G119		5,9625			G131		21,7377		
G120		4,7692			G136		28,4949		

Proefopstelling P1-P2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 58: Massaverliezen P1-P2 water 40% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: P1					Proefopstelling: P2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G194	3	0,5615	0,4561	0,2522	G158	27	11,9934	12,1035	2,1942
G217		0,0778			G276		15,3947		
G238		0,7291			G290		8,9222		
G220	6	-0,7449	-1,1264	0,2543	G192	30	11,9460	14,7899	3,2681
G270		-1,4083			G247		19,6920		
G293		-1,2260			G288		12,7318		
G153	9	0,3405	0,0726	0,2298	G155	33	18,6428	18,2172	2,9022
G157		0,1493			G174		22,1450		
G239		-0,2721			G226		13,8640		
G173	12	3,2010	4,2826	1,4416	G160	36	17,1094	15,1369	1,3150
G216		3,2017			G278		14,4001		
G291		6,4450			G285		13,9012		
G154	15	6,0957	6,4177	1,4232	G225	39	12,6092	17,3858	3,1844
G193		8,5525			G243		17,4438		
G206		4,6050			G292		22,1043		
G167	18	4,8825	10,0235	3,4273	G156	45	27,0453	23,6164	4,4215
G170		12,0075			G208		26,8197		
G199		13,1804			G294		16,9842		
G195	21	16,2162	15,0125	0,8025	G179	51	26,5304	26,7002	1,2688
G223		14,3914			G212		24,9668		
G246		14,4300			G274		28,6034		
G224	24	9,3560	12,2464	1,9269	G198	57	20,4358	24,9192	7,5140
G253		12,8301			G245		18,1316		
G281		14,5530			G289		36,1901		

Proefopstelling Q1-Q2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 59: Massaverliezen Q1-Q2 water 60% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: Q1					Proefopstelling: Q2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G180	3	0,1003	-0,1724	0,1817	G175	27	7,2009	10,7164	2,3436
G207		-0,2175			G202		14,0820		
G287		-0,3998			G214		10,8662		
G165	6	-1,3534	-1,2118	0,6402	G203	30	15,4260	18,4940	3,9650
G221		-2,0304			G237		15,6144		
G286		-0,2516			G282		24,4415		
G209	9	2,2637	1,1432	0,7470	G200	33	19,4784	17,1954	5,0937
G268		0,8241			G265		9,5548		
G277		0,3418			G280		22,5530		
G166	12	3,5369	4,2801	1,9158	G185	36	7,8753	8,1697	4,1665
G261		2,1494			G236		2,2144		
G273		7,1538			G241		14,4194		
G151	15	4,9086	3,0675	1,2380	G183	39	13,4971	14,3591	3,6693
G187		1,2105			G244		19,8631		
G233		3,0835			G255		9,7171		
G171	18	2,4577	9,0506	4,6219	G215	45	25,9156	24,6877	3,0166
G176		8,7107			G271		20,1628		
G263		15,9834			G272		27,9846		
G222	21	2,8344	3,9724	0,8376	G205	51	23,3658	20,1886	6,4667
G249		5,2288			G248		26,7115		
G283		3,8539			G262		10,4886		
G250	24	15,3156	13,2096	5,8290	G163	57	31,5058	21,0269	7,3403
G254		19,8470			G186		10,0164		
G269		4,4661			G252		21,5585		

Proefopstelling R1-R2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Tabel 60: Massaverliezen R1-R2 water 80% MC (H₂O): 100% RH

Proefopstelling: R1					Proefopstelling: R2				
Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]	Blok	Aantal dagen blootstelling	ML [%]	Gemiddelde ML [%]	Gemiddelde deviatie [-]
G211	3	0,2951	0,2176	0,0656	G152	27	24,3723	19,4146	3,3051
G258		0,1192			G161		17,3259		
G266		0,2386			G284		16,5456		
G196	6	-1,7196	-1,3170	0,2684	G168	30	21,6894	16,6716	3,3452
G229		-1,0614			G182		14,1387		
G267		-1,1700			G219		14,1867		
G159	9	-0,8917	0,8153	1,1380	G178	33	18,2332	15,3355	5,4409
G188		0,8902			G242		7,1742		
G260		2,4473			G279		20,5993		
G190	12	4,2814	4,2134	2,4370	G162	36	21,3146	14,0532	8,3641
G235		7,8009			G201		19,3378		
G264		0,5580			G230		1,5071		
G169	15	3,3806	7,2665	2,5906	G164	39	27,2618	18,0605	8,4154
G181		7,4345			G177		5,4373		
G234		10,9844			G251		21,4823		
G172	18	1,8325	7,5136	3,7874	G189	45	1,4335	5,5213	5,1670
G184		11,8319			G213		13,2718		
G218		8,8763			G232		1,8587		
G191	21	9,8296	5,9193	3,3673	G204	51	10,5401	13,5901	2,7640
G197		0,8683			G259		12,4940		
G240		7,0599			G275		17,7361		
G231	24	10,7805	9,8983	0,8822	G210	57	7,5872	7,1119	1,6353
G257		9,0161			G227		4,6589		
					G228		9,0895		

8.4. Bijlage D: Voorafgaande pile-testen

Configuratie G0: massa's en vochtgehaltes

Tabel 61: Massa's en MC's pile G0

Pile G0 massa's en vochtgehaltes			
G0	Ovendroge massa [g]	Massa na 3 dagen [g]	MC na 3 dagen [%]
1	10,1457		
2	9,5574		
3	9,7477		
4	9,9352		
5	9,7648	22,2390	127,7466
6a	5,8063		
6b	5,7052		
7	10,0962		
8	9,7887		
9	9,6412		
10	9,8931	21,6322	118,6595
11a	5,7532		
11b	5,7206		
12	9,8050		
13	9,5910		
14	10,1105		
15	9,6449	20,8057	115,7171
16	9,6502		
17	10,0865		
18	9,4039		
19	9,7433		
20	9,8946	16,2809	64,5433

Configuratie G1: massa's

Tabel 62: Massa's pile G1

Pile G1 massa's											
G1	Ovendroge massa [g]	Massa na 1 dag [g]	Massa na 4 dagen [g]	Massa na 7 dagen [g]	Massa na 10 dagen [g]	Massa na 14 dagen [g]	Massa na 21 dagen [g]	Massa na 24 dagen [g]	Massa na 28 dagen [g]	Massa na 31 dagen [g]	Massa na 35 dagen [g]
1	9,6830										
2a	5,6449										
2b	6,1867										
3	9,6226										
4az	4,9840										
4bz	5,0412										
5	9,6430	10,9766	21,7870	23,0918	24,3464	25,0800	25,8665	26,1082	26,4035	26,5656	26,6986
6a	5,6507										
6b	6,0837										
7	9,5674										
8az	6,5527										
8bz	6,3110										
9	9,6947										
10a	5,6590	5,8039	10,0495	10,7750	11,3769	12,2501	13,0113	13,1897	13,4004	13,5287	13,7007
10b	5,9960	6,1501	10,6133	11,2653	11,8439	12,7453	13,4508	13,6449	13,8099	13,9271	14,0939
11	9,5237			22,5668	23,6678	25,0497	26,3946	26,7084	26,9771	27,1990	27,4892
12az	6,2836			9,6294	10,5160	11,1942	13,1245	13,7502	14,2987	14,5584	14,9042
12bz	6,2121			10,1947	10,9578	11,5331	13,3000	13,7599	14,1709	14,3929	14,6738
13	9,7567			13,4922	16,4378	19,4814	25,6867	26,7232	27,5834	27,8365	27,9948
14a	5,8222			6,9214	7,9488	9,1049	11,3917	12,0287	12,5908	12,8622	13,2086
14b	5,8604			7,3133	8,4707	9,6386	12,1663	12,7592	13,4595	13,8251	14,1122
15	9,7044	9,9528	10,5307	11,4483	14,1388	17,2869	23,5918	24,7596	25,7323	26,2501	26,7428
16az	6,9029				7,9783	8,2930	9,0945	9,3436	9,5131	9,6390	9,8618
16bz	4,9801				5,9683	6,3471	7,8941	7,6768	7,9357	8,0718	8,4043
17	9,4765			10,3564	10,4991	10,6669	10,9538	10,9908	11,0223	11,0467	11,0916
18a	5,7532				6,3625	6,4432	6,5357	6,5468	6,5637	6,5731	6,6006
18b	6,0820				6,7382	6,8328	6,9396	6,9685	6,9847	7,0100	7,0413
19	9,6889				10,6935	10,8227	10,9404	10,9652	10,9885	11,0178	11,0645
20az	6,7699	7,1145	7,4779	7,5019	7,5302	7,5678	7,5658	7,5752	7,5778	7,5975	7,6216
20bz	6,2952	6,6210	6,9221	6,9481	6,9914	7,0280	7,0312	7,0396	7,0486	7,0668	7,1009

Configuratie G1: vochtgehaltes

Tabel 63: Vochtgehaltes pile G1

Pile G1 vochtgehaltes										
G1	MC na 1 dag [%]	MC na 4 dagen [%]	MC na 7 dagen [%]	MC na 10 dagen [%]	MC na 14 dagen [%]	MC na 21 dagen [%]	MC na 24 dagen [%]	MC na 28 dagen [%]	MC na 31 dagen [%]	MC na 35 dagen [%]
1										
2a										
2b										
3										
4az										
4bz										
5	13,8297	125,9359	139,4670	152,4774	160,0850	168,2412	170,7477	173,8100	175,4910	176,8703
6a										
6b										
7										
8az										
8bz										
9										
10a	2,5605	77,5844	90,4047	101,0408	116,4711	129,9222	133,0747	136,7980	139,0652	142,1046
10b	2,5700	77,0063	87,8803	97,5300	112,5634	124,3296	127,5667	130,3185	132,2732	135,0550
11			136,9541	148,5148	163,0249	177,1465	180,4414	183,2628	185,5928	188,6399
12az			53,2465	67,3563	78,1495	108,8691	118,8268	127,5559	131,6888	137,1921
12bz			64,1104	76,3945	85,6554	114,0983	121,5016	128,1177	131,6914	136,2132
13			38,2865	68,4770	99,6720	163,2724	173,8959	182,7124	185,3065	186,9290
14a			18,8795	36,5257	56,3825	95,6597	106,6006	116,2550	120,9165	126,8661
14b			24,7918	44,5413	64,4700	107,6019	117,7189	129,6686	135,9071	140,8061
15	2,5597	8,5147	17,9702	45,6947	78,1347	143,1042	155,1379	165,1612	170,4969	175,5740
16az				15,5790	20,1379	31,7490	35,3576	37,8131	39,6370	42,8646
16bz				19,8430	27,4492	58,5129	54,1495	59,3482	62,0811	68,7577
17			9,2851	10,7909	12,5616	15,5891	15,9795	16,3119	16,5694	17,0432
18a				10,5906	11,9933	13,6011	13,7941	14,0878	14,2512	14,7292
18b				10,7892	12,3446	14,1006	14,5758	14,8422	15,2581	15,7728
19				10,3686	11,7021	12,9168	13,1728	13,4133	13,7157	14,1977
20az	5,0902	10,4581	10,8126	11,2306	11,7860	11,7565	11,8953	11,9337	12,2247	12,5807
20bz	5,1754	9,9584	10,3714	11,0592	11,6406	11,6914	11,8249	11,9678	12,2570	12,7986

Configuratie G2: massa's

Tabel 64: Massa's pile G2

Pile G2 massa's					
G2	Ovendroge massa [g]	Massa na 3 dagen [g]	Massa na 7 dagen [g]	Massa na 10 dagen [g]	Massa na 14 dagen [g]
1	9,9926				
2a	5,7171				
2b	6,2240				
3	9,7743				
4az	6,7712	11,7220	12,6245	12,8967	13,2471
4bz	6,9085	11,8506	12,5774	12,9684	13,3935
8az	6,5260	11,8984	12,5447	12,8031	13,2233
8bz	6,5113	11,8176	12,5192	12,7401	13,0140
12az	5,0648	9,5132	10,7073	10,9640	11,6759
12bz	5,0409	9,5184	10,7483	10,9931	11,7652
5	9,9779	21,1922	23,8776	22,3281	25,2589
6a	5,8896	10,8862	12,0665	11,7384	13,0295
6b	5,8038	10,5058	11,7678	11,3710	12,6602
7	9,9779	20,7473	23,3715	21,4560	25,6355
10a	6,1036	9,9322	11,4777	10,8147	12,8119
10b	5,7077	9,2023	10,7216	10,1616	12,1288
9	9,9378	16,4641	22,8873	20,1113	24,4641
16az	6,7304	7,5299	9,0868	9,0903	10,3138
16bz	6,6594	7,4466	8,7407	8,6531	9,3148
11	9,8913	10,3509	10,8402	11,0618	11,4531
14a	5,9676	6,2427	6,5026	6,6348	6,7689
14b	6,0975	6,3710	6,5926	6,7038	6,8025
13	9,9317	10,3568	10,7172	10,9040	11,0662
20az	6,7195	7,1111	7,2618	7,3198	7,3839
20bz	6,7583	7,1560	7,2940	7,3567	7,4197
15	10,3073	10,8893	11,0667	11,1368	11,2019
18a	5,8915	6,2507	6,3376	6,3761	6,4125
18b	5,6798	6,0158	6,1074	6,1455	6,1798
17	9,9047	10,5184	10,6423	10,7060	10,7616
19	9,6309	10,2622	10,3568	10,4137	10,4682

Configuratie G2: vochtgehaltes

Tabel 65: Vochtgehaltes pile G2

Pile G2 vochtgehaltes				
G2	MC na 3 dagen [%]	MC na 7 dagen [%]	MC na 10 dagen [%]	MC na 14 dagen [%]
1				
2a				
2b				
3				
4az	73,1155	86,4441	90,4640	95,6389
4bz	71,5365	82,0569	87,7166	93,8699
8az	82,3230	92,2265	96,1860	102,6249
8bz	81,4937	92,2688	95,6614	99,8679
12az	87,8297	111,4062	116,4745	130,5303
12bz	88,8234	113,2218	118,0781	133,3948
5	112,3914	139,3049	123,7755	153,1485
6a	84,8377	104,8781	99,3073	121,2289
6b	81,0159	102,7603	95,9234	118,1364
7	107,9325	134,2327	115,0352	156,9228
10a	62,7269	88,0480	77,1856	109,9073
10b	61,2261	87,8445	78,0332	112,4989
9	65,6715	130,3055	102,3718	146,1722
16az	11,8789	35,0113	35,0633	53,2420
16bz	11,8209	31,2536	29,9381	39,8745
11	4,6465	9,5933	11,8336	15,7896
14a	4,6099	8,9651	11,1804	13,4275
14b	4,4854	8,1197	9,9434	11,5621
13	4,2802	7,9090	9,7899	11,4230
20az	5,8278	8,0705	8,9337	9,8876
20bz	5,8846	7,9265	8,8543	9,7865
15	5,6465	7,3676	8,0477	8,6793
18a	6,0969	7,5719	8,2254	8,8432
18b	5,9157	7,5284	8,1992	8,8031
17	6,1960	7,4470	8,0901	8,6514
19	6,5549	7,5372	8,1280	8,6939

Configuratie G3a: massa's

Tabel 66: Massa's pile G3a

Pile G3a massa's									
G3a	Ovendroge massa [g]	Massa na 1 week [g]	Massa na 3 weken [g]	Massa na 4 weken [g]	G3a	Ovendroge massa [g]	Massa na 1 week [g]	Massa na 3 weken [g]	Massa na 4 weken [g]
1	4,8623	12,5110	13,6561	13,8525	23a	2,6206	2,8919	2,9527	2,9533
2	4,8821	11,9314	13,0942	13,3819	23b	2,7423	3,0145	3,0755	3,0780
3	4,9093	11,8050	12,9605	13,2213	24	4,8546	5,3354	5,4397	5,4431
4	4,8896	11,6460	12,7941	13,0571	25a	3,0782	3,3759	3,4390	3,4354
5	4,9385	11,9011	13,2301	13,5127	25b	3,0181	3,3132	3,3752	3,3753
6	4,8505	12,0190	13,4378	13,6710	26	4,8216	5,2693	5,3595	5,3602
7	4,7982	11,8252	13,3158	13,6035	27a	2,6304	2,8676	2,9139	2,9145
8	4,8929	11,6028	13,1466	13,4448	27b	2,7833	3,0353	3,0834	3,0850
9z	6,0960	11,8070	13,6191	13,9242	28	4,7460	5,1710	5,2499	5,2523
10z	6,5064	12,4959	14,4746	14,7136	29a	2,6197	2,8420	2,8829	2,8825
11z	7,5272	13,1174	15,1337	15,0736	29b	3,0483	3,3102	3,3573	3,3581
12	4,9005	7,6298	8,1978	7,5043	30	5,0280	5,4616	5,5348	5,5206
13a	2,6241	3,7267	4,1911	3,8761	31a	2,4305	2,6402	2,6728	2,6732
13b	2,7656	4,1382	4,6624	4,1900	31b	2,4735	2,6868	2,7175	2,7186
14	4,8724	6,2070	7,0965	6,8178	32	4,8538	5,2770	5,3375	5,3392
15a	2,5209	3,0118	3,5187	3,3978	33a	2,8690	3,1280	3,1618	3,1621
15b	2,5944	3,1929	3,7993	3,5812	33b	2,3956	2,5976	2,6231	2,6230
16	4,9391	5,7444	6,4955	6,3875	34	5,1116	5,5554	5,6071	5,6067
17a	2,4981	2,8425	3,0753	3,0526	35a	3,0427	3,3218	3,3505	3,3502
17b	2,6032	2,9672	3,2728	3,2297	35b	2,9966	3,2690	3,2967	3,2963
18	5,0523	5,6983	5,9648	5,9568	36	4,8185	5,2478	5,2861	5,2855
19a	2,5769	2,8946	2,9902	2,9909	37a	2,6455	2,8873	2,9059	2,9042
19b	2,6200	2,9374	3,0452	3,0461	37b	2,7990	3,0524	3,0704	3,0695
20	5,0397	5,6106	5,7684	5,7725	38	5,0206	5,4649	5,4928	5,4885
21a	2,7003	2,9999	3,0747	3,0764	39a	2,7799	3,0306	3,0422	3,0379
21b	2,4522	2,7077	2,7719	2,7789	39b	2,6499	2,8900	2,9017	2,8977
22	4,8514	5,3555	5,4770	5,4808	40	5,0841	5,5181	5,5345	5,5187

Configuratie G3a: vochtgehaltes

Tabel 67: Vochtgehaltes pile G3a

Pile G3a vochtgehaltes							
G3a	MC na 1 week [%]	MC na 3 weken [%]	MC na 4 weken [%]	G3a	MC na 1 week [%]	MC na 3 weken [%]	MC na 4 weken [%]
1	157,3062	180,8568	184,8960	23a	10,3526	12,6727	12,6956
2	144,3907	168,2084	174,1013	23b	9,9260	12,1504	12,2415
3	140,4620	163,9989	169,3113	24	9,9040	12,0525	12,1225
4	138,1790	161,6594	167,0382	25a	9,6712	11,7211	11,6042
5	140,9861	167,8971	173,6195	25b	9,7777	11,8319	11,8353
6	147,7889	177,0395	181,8472	26	9,2853	11,1560	11,1706
7	146,4508	177,5166	183,5126	27a	9,0176	10,7778	10,8006
8	137,1354	168,6873	174,7818	27b	9,0540	10,7822	10,8397
9z	93,6844	123,4104	128,4154	28	8,9549	10,6174	10,6679
10z	92,0555	122,4671	126,1404	29a	8,4857	10,0470	10,0317
11z	74,2667	101,0535	100,2551	29b	8,5917	10,1368	10,1630
12	55,6943	67,2850	53,1334	30	8,6237	10,0796	9,7971
13a	42,0182	59,7157	47,7116	31a	8,6279	9,9691	9,9856
13b	49,6312	68,5855	51,5042	31b	8,6234	9,8646	9,9090
14	27,3910	45,6469	39,9269	32	8,7189	9,9654	10,0004
15a	19,4732	39,5811	34,7852	33a	9,0275	10,2056	10,2161
15b	23,0689	46,4423	38,0358	33b	8,4321	9,4966	9,4924
16	16,3046	31,5118	29,3252	34	8,6822	9,6936	9,6858
17a	13,7865	23,1056	22,1969	35a	9,1728	10,1160	10,1062
17b	13,9828	25,7222	24,0665	35b	9,0903	10,0147	10,0013
18	12,7863	18,0611	17,9027	36	8,9094	9,7043	9,6918
19a	12,3288	16,0387	16,0658	37a	9,1400	9,8431	9,7789
19b	12,1145	16,2290	16,2634	37b	9,0532	9,6963	9,6642
20	11,3281	14,4592	14,5405	38	8,8495	9,4053	9,3196
21a	11,0951	13,8651	13,9281	39a	9,0183	9,4356	9,2809
21b	10,4192	13,0373	13,3227	39b	9,0607	9,5022	9,3513
22	10,3908	12,8952	12,9736	40	8,5364	8,8590	8,5482

Configuratie G3b: massa's

Tabel 68: Massa's pile G3b

Pile G3b massa's									
G3b	Ovendroge massa [g]	Massa na 1 week [g]	Massa na 3 weken [g]	Massa na 4 weken [g]	G3b	Ovendroge massa [g]	Massa na 1 week [g]	Massa na 3 weken [g]	Massa na 4 weken [g]
1	4,9175	12,6491	13,8488	14,0267	23a	2,5784	3,0745	3,2745	3,1061
2	4,8525	11,9980	13,1132	13,4386	23b	2,6154	3,2110	3,3488	3,1655
3	4,8953	11,8839	13,0019	13,2935	24	5,1919	6,0362	6,3357	6,1596
4	4,8444	11,6810	12,8368	13,1427	25a	2,7418	3,0996	3,2393	3,2097
5	4,9534	12,4451	13,7542	13,9848	25b	3,0173	3,4626	3,6146	3,5443
6	4,9505	12,5614	13,9626	14,1559	26	4,9844	5,5877	5,7774	5,7480
7	4,9514	12,4778	13,8485	14,1118	27a	2,4251	2,6778	2,7555	2,7454
8	5,1554	12,1158	13,4492	13,7154	27b	3,0440	3,3928	3,4912	3,4829
9z	5,2816	10,3726	12,5120	12,7717	28	4,8460	5,3463	5,4876	5,4741
10z	6,7439	11,9504	13,7222	13,6499	29a	3,0215	3,3150	3,3905	3,3876
11z	6,2046	11,1756	12,4596	11,0500	29b	2,7492	3,0229	3,1000	3,0965
12	4,8091	8,9255	8,1783	7,0626	30	4,9128	5,3766	5,4930	5,4890
13a	2,3278	4,6676	3,8942	3,1966	31a	3,0672	3,3595	3,4250	3,4228
13b	2,5882	4,8410	4,3478	3,6791	31b	3,0510	3,3474	3,4158	3,4160
14	4,7971	8,3075	7,8624	6,6602	32	4,8631	5,3103	5,4058	5,4038
15a	2,4783	4,5237	4,0508	3,3145	33a	2,3286	2,5280	2,5644	2,5625
15b	3,0498	5,2126	4,8852	4,1842	33b	2,4576	2,6760	2,7211	2,7208
16	4,8243	7,8006	7,6191	6,5161	34	4,8436	5,2824	5,3585	5,3559
17a	3,0748	4,9337	4,8200	4,0070	35a	2,4502	2,6681	2,6991	2,6963
17b	2,7478	4,3267	4,1810	3,0968	35b	2,7315	2,9823	3,0219	3,0196
18	4,9733	7,4381	7,4858	6,5294	36	4,8967	5,3390	5,3975	5,3939
19a	2,5814	3,8863	3,8908	3,3425	37a	2,7080	2,9588	2,9846	2,9831
19b	2,4643	3,7582	3,5773	3,1891	37b	2,8046	3,0579	3,0875	3,0860
20	4,9888	6,9530	7,1675	6,3753	38	4,9488	5,3944	5,4358	5,4345
21a	2,8945	3,9644	4,0812	3,6508	39a	2,4689	2,6819	2,6964	2,6948
21b	2,8610	3,8889	3,9327	3,5865	39b	2,9200	3,1884	3,2091	3,2084
22	4,8161	6,1068	6,4093	5,9456	40	4,9374	5,3631	5,3865	5,3769

Configuratie G3b: vochtgehaltes

Tabel 69: Vochtgehaltes pile G3b

Pile G3b vochtgehaltes							
G3b	MC na 1 week [%]	MC na 3 weken [%]	MC na 4 weken [%]	G3b	MC na 1 week [%]	MC na 3 weken [%]	MC na 4 weken [%]
1	157,2262	181,6228	185,2405	23a	19,2406	26,9974	20,4662
2	147,2540	170,2360	176,9418	23b	22,7728	28,0416	21,0331
3	142,7614	165,5997	171,5564	24	16,2619	22,0305	18,6386
4	141,1238	164,9822	171,2968	25a	13,0498	18,1450	17,0654
5	151,2436	177,6719	182,3273	25b	14,7582	19,7958	17,4659
6	153,7400	182,0442	185,9489	26	12,1038	15,9096	15,3198
7	152,0055	179,6886	185,0063	27a	10,4202	13,6242	13,2077
8	135,0118	160,8760	166,0395	27b	11,4586	14,6912	14,4185
9z	96,3912	136,8979	141,8150	28	10,3240	13,2398	12,9612
10z	77,2031	103,4757	102,4037	29a	9,7137	12,2125	12,1165
11z	80,1180	100,8123	78,0937	29b	9,9556	12,7601	12,6328
12	85,5961	70,0588	46,8591	30	9,4406	11,8100	11,7285
13a	100,5155	67,2910	37,3228	31a	9,5299	11,6654	11,5936
13b	87,0412	67,9855	42,1490	31b	9,7148	11,9567	11,9633
14	73,1775	63,8990	38,8380	32	9,1958	11,1595	11,1184
15a	82,5324	63,4508	33,7409	33a	8,5631	10,1263	10,0447
15b	70,9161	60,1810	37,1959	33b	8,8867	10,7218	10,7096
16	61,6939	57,9317	35,0683	34	9,0594	10,6305	10,5768
17a	60,4560	56,7582	30,3174	35a	8,8932	10,1584	10,0441
17b	57,4605	52,1581	12,7011	35b	9,1818	10,6315	10,5473
18	49,5607	50,5198	31,2891	36	9,0326	10,2273	10,1538
19a	50,5501	50,7244	29,4840	37a	9,2614	10,2142	10,1588
19b	52,5058	45,1650	29,4120	37b	9,0316	10,0870	10,0335
20	39,3722	43,6718	27,7923	38	9,0042	9,8408	9,8145
21a	36,9632	40,9984	26,1289	39a	8,6273	9,2146	9,1498
21b	35,9280	37,4589	25,3583	39b	9,1918	9,9007	9,8767
22	26,7997	33,0807	23,4526	40	8,6219	9,0959	8,9014

Configuratie V1: massa's

Tabel 70: Massa's pile V1

Pile V1 massa's									
V1	Ovendroge massa [g]	Massa na 3 dagen [g]	Massa na 6 dagen [g]	Massa na 10 dagen [g]	Massa na 17 dagen [g]	Massa na 20 dagen [g]	Massa na 24 dagen [g]	Massa na 27 dagen [g]	Massa na 31 dagen [g]
1	12,4335								
2a	5,3975								
2b	5,4049								
3	12,4228								
4az	4,8933	8,3906	9,2631	10,1256	11,6278	11,9187	12,2455	12,4444	12,6548
4bz	4,9476	8,6309	9,4692	10,2816	11,6060	11,9382	12,2866	12,4918	12,6817
5	10,9736	13,2804	16,4334	19,8595	26,2992	27,2475	28,0262	28,3975	28,6676
6a	5,4741		6,4907	6,7712	11,0930	11,9725	12,6869	13,0660	13,2068
6b	5,5455		6,9800	7,6026	11,6225	12,3214	12,9100	13,1537	13,2148
7	10,8893	12,0479	12,7154	13,1130	19,2467	22,2080	24,7159	26,0305	26,6522
8az	4,8438				5,7903	5,8254	5,8842	5,9483	5,9766
8bz	4,919				5,8863	5,9496	6,0333	6,0521	6,0880
9	10,9387				12,5232	12,5721	12,6563	12,7130	12,7765
10a	5,6534	5,9735	6,1969	6,3309	6,4489	6,4528	6,4781	6,5105	6,5291
10b	5,5658	5,8853	6,0778	6,2326	6,3146	6,3347	6,3830	6,4004	6,4459
11	10,9039				12,3635				
12az	4,8638				5,4948				
12bz	4,8644				5,4791				
13	12,4197				13,9323				
14a	5,6348				6,2890				
14b	5,3772				5,9948				
15	10,9352	11,5483	11,8976	12,1220	12,2374	12,2382	12,2668	12,2991	12,3509
16az	5,0516								
16bz	4,7925								
17	10,9128								
18a	5,5048								
18b	5,4566								
19	12,5388								
20az	4,9378	5,4153	5,4755	5,4991	5,5072	5,4988	5,5096	5,5247	5,5378
20bz	4,9974	5,4857	5,5440	5,5783	5,5773	5,5740	5,5872	5,5979	5,6173

Configuratie V1: vochtgehaltes

Tabel 71: Vochtgehaltes pile V1

Pile V1 vochtgehaltes								
V1	MC na 3 dagen [%]	MC na 6 dagen [%]	MC na 10 dagen [%]	MC na 17 dagen [%]	MC na 20 dagen [%]	MC na 24 dagen [%]	MC na 27 dagen [%]	MC na 31 dagen [%]
1								
2a								
2b								
3								
4az	71,4712	89,3017	106,9278	137,6270	143,5718	150,2503	154,3151	158,6148
4bz	74,4462	91,3898	107,8098	134,5784	141,2927	148,3345	152,4820	156,3202
5	21,0214	49,7540	80,9752	139,6588	148,3005	155,3966	158,7802	161,2415
6a		18,5711	23,6952	102,6452	118,7118	131,7623	138,6876	141,2598
6b		25,8678	37,0949	109,5843	122,1874	132,8014	137,1959	138,2977
7	10,6398	16,7697	20,4210	76,7487	103,9433	126,9742	139,0466	144,7559
8az				19,5404	20,2651	21,4790	22,8023	23,3866
8bz				19,6646	20,9514	22,6530	23,0352	23,7650
9				14,4853	14,9323	15,7020	16,2204	16,8009
10a	5,6621	9,6137	11,9839	14,0712	14,1402	14,5877	15,1608	15,4898
10b	5,7404	9,1990	11,9803	13,4536	13,8147	14,6825	14,9951	15,8126
11				13,3860				
12az				12,9734				
12bz				12,6367				
13				12,1790				
14a				11,6100				
14b				11,4855				
15	5,6067	8,8009	10,8530	11,9083	11,9156	12,1772	12,4726	12,9463
16az								
16bz								
17								
18a								
18b								
19								
20az	9,6703	10,8895	11,3674	11,5315	11,3613	11,5801	11,8859	12,1512
20bz	9,7711	10,9377	11,6240	11,6040	11,5380	11,8021	12,0162	12,4045

Configuratie V2a: massa's

Tabel 72: Massa's pile V2a

Pile V2a massa's										
V2a	Initiële massa [g]	Massa na 3 dagen [g]	Massa na 6 dagen [g]	Massa na 9 dagen [g]	Massa na 13 dagen [g]	Massa na 20 dagen [g]	Massa na 23 dagen [g]	Massa na 27 dagen [g]	Massa na 30 dagen [g]	Massa na 34 dagen [g]
1										
2										
3										
4										
5	4,8275	8,3451	9,3608	9,9333	10,3455	10,9513	11,1645	11,3961	11,5252	11,6610
6										
7										
8										
9										
10	4,7875	9,1962	10,0428	10,8371	11,3069	12,2399	12,4570	12,6490	12,7396	12,6508
11				10,7833						
12				10,5930						
13				10,1814						
14				9,3839		10,6882	11,1014	10,9935	10,8506	9,9909
15	4,7793	9,0030	9,1221	8,4638	6,7639	8,7080	9,1436	9,0653	8,8993	8,3963
16	4,7793		8,7601	7,6290	6,2195	6,2868	6,4751	6,4282	6,3894	6,2300
17	4,7793		8,5586	7,1851	5,9459	5,5742	5,5484	5,5199	5,5054	5,4882
18	4,7793		7,8302	6,6303	5,6536	5,3650	5,3470	5,3420	5,3424	5,3418
19	4,7793		6,5016	5,8548	5,3832	5,2502	5,2370	5,2310	5,2383	5,2288
20	4,7489	5,8468	5,5179	5,3330	5,2192	5,1315	5,1214	5,1208	5,1304	5,1305
21	4,7793		5,1904	5,1687	5,1316	5,0757	5,0664	5,0713	5,0811	5,0860
22	4,7793		5,1155	5,1147	5,0994	5,0613	5,0567	5,0602	5,0700	5,0751
23	4,7793		5,0629	5,0715	5,0665	5,0372	5,0324	5,0366	5,0480	5,0540
24	4,7793		5,0204	5,0346	5,0363	5,0118	5,0084	5,0125	5,0249	5,0309
25	4,8496	4,9652	5,0033	5,0227	5,0259	5,0059	5,0011	5,0069	5,0176	5,0242
26										
27										
28										
29										
30	4,7178	4,7771	4,7797	4,7982	4,8106	4,7971	4,7967	4,8008	4,8120	4,8192
31										
32										
33										
34										
35	4,7823	4,8320	4,8263	4,8368	4,8461	4,8309	4,8298	4,8341	4,8476	4,8551
36										
37										
38										
39										
40	4,8038	4,8609	4,8541	4,8567	4,8711	4,8502	4,8516	4,8600	4,8718	4,8815

Configuratie V2a: vochtgehaltes

Tabel 73: Vochtgehaltes pile V2a

Pile V2a vochtgehaltes									
V2a	MC na 3 dagen [%]	MC na 6 dagen [%]	MC na 9 dagen [%]	MC na 13 dagen [%]	MC na 20 dagen [%]	MC na 23 dagen [%]	MC na 27 dagen [%]	MC na 30 dagen [%]	MC na 34 dagen [%]
1									
2									
3									
4									
5	91,8811	115,2354	128,3990	137,8769	151,8062	156,7083	162,0336	165,0020	168,1245
6									
7									
8									
9									
10	113,2174	132,8461	151,2623	162,1548	183,7867	188,8203	193,2719	195,3724	193,3136
11									
12									
13									
14									
15	109,0961	111,8622	96,5731	57,0926	102,2447	112,3616	110,5430	106,6877	95,0054
16		103,4547	77,1847	44,4489	46,0119	50,3852	49,2960	48,3948	44,6927
17		98,7748	66,8751	38,0945	29,4617	28,8625	28,2006	27,8638	27,4643
18		81,8576	53,9898	31,3058	24,6030	24,1849	24,0688	24,0781	24,0642
19		51,0007	35,9787	25,0257	21,9367	21,6302	21,4908	21,6603	21,4397
20	36,6621	28,9745	24,6527	21,9927	19,9428	19,7068	19,6927	19,9171	19,9195
21		20,5479	20,0439	19,1822	17,8839	17,6679	17,7817	18,0094	18,1232
22		18,8083	18,7897	18,4344	17,5495	17,4427	17,5239	17,7516	17,8700
23		17,5867	17,7864	17,6703	16,9898	16,8783	16,9758	17,2406	17,3800
24		16,5996	16,9294	16,9689	16,3998	16,3209	16,4161	16,7041	16,8434
25	13,6459	14,5180	14,9620	15,0352	14,5775	14,4676	14,6004	14,8453	14,9963
26									
27									
28									
29									
30	12,3952	12,4564	12,8916	13,1834	12,8658	12,8564	12,9528	13,2163	13,3857
31									
32									
33									
34									
35	12,1536	12,0213	12,2650	12,4808	12,1280	12,1025	12,2023	12,5157	12,6897
36									
37									
38									
39									
40	12,3194	12,1623	12,2223	12,5551	12,0722	12,1045	12,2986	12,5713	12,7954

Configuratie V2b: massa's

Tabel 74: Massa's pile V2b

Pile V2b massa's										
V2b	Initiële massa [g]	Massa na 3 dagen [g]	Massa na 6 dagen [g]	Massa na 9 dagen [g]	Massa na 13 dagen [g]	Massa na 20 dagen [g]	Massa na 23 dagen [g]	Massa na 27 dagen [g]	Massa na 30 dagen [g]	Massa na 34 dagen [g]
1										
2										
3										
4										
5	4,7441	9,9095	11,1320	11,7281	12,3256	13,0327	13,2262	13,4550	13,5770	13,7109
6										
7										
8										
9										
10	4,6626	9,7296	10,7693	11,6425	12,3141	13,2673	13,5618	13,7796	13,9255	14,1148
11										
12										
13										
14										
15	4,7759	9,5271	10,1672	11,2745	10,2897	11,7999	11,9237	11,7305	11,6062	11,3682
16	4,7759		10,2189	11,3312	9,6902	10,5191	10,5294	10,3853	10,3053	10,1008
17	4,7759		9,9900	11,1738	9,1369	9,1266	9,0485	8,9158	8,8630	8,7316
18	4,7759		8,9135	10,0778	8,1680	7,8647	7,7363	7,6015	7,5444	7,3589
19	4,7759		7,4025	8,3522	7,1596	6,8302	6,7297	6,6140	6,5643	6,4647
20	4,7081	5,6384	6,0638	6,8188	6,3553	6,1500	6,0401	5,9344	5,8857	5,8251
21	4,7759		5,2428	5,7233	5,6310	5,5263	5,4267	5,3708	5,3372	5,3175
22	4,7759		4,9617	5,1563	5,1594	5,1165	5,0751	5,0676	5,0713	5,0682
23	4,7759		4,8744	4,9503	4,9669	4,9580	4,9461	4,9460	4,9538	4,9542
24	4,7759		4,8700	4,9203	4,9399	4,9308	4,9232	4,9255	4,9343	4,9366
25	4,6873	4,7960	4,8310	4,8715	4,8915	4,8805	4,8763	4,8796	4,8904	4,8917
26										
27										
28										
29										
30	4,7487	4,8110	4,8096	4,8339	4,8554	4,8434	4,8430	4,8483	4,8609	4,8661
31										
32										
33										
34										
35	4,6725	4,7218	4,7119	4,7242	4,7373	4,7226	4,7200	4,7279	4,7403	4,7480
36										
37										
38										
39										
40	4,6591	4,7060	4,6984	4,6990	4,7189	4,6983	4,7001	4,7042	4,7174	4,7265

Configuratie V2b: vochtgehaltes

Tabel 75: Vochtgehaltes pile V2b

Pile V2b vochtgehaltes									
V2b	MC na 3 dagen [%]	MC na 6 dagen [%]	MC na 9 dagen [%]	MC na 13 dagen [%]	MC na 20 dagen [%]	MC na 23 dagen [%]	MC na 27 dagen [%]	MC na 30 dagen [%]	MC na 34 dagen [%]
1									
2									
3									
4									
5	131,8574	160,4608	174,4080	188,3880	204,9324	209,4598	214,8131	217,6676	220,8006
6									
7									
8									
9									
10	131,6273	156,3789	177,1667	193,1551	215,8474	222,8584	228,0435	231,5169	236,0234
11									
12									
13									
14									
15	121,4259	136,3029	162,0385	139,1500	174,2496	177,1270	172,6367	169,7477	164,2162
16		137,5045	163,3563	125,2167	144,4817	144,7211	141,3720	139,5126	134,7597
17		132,1845	159,6980	112,3570	112,1176	110,3025	107,2183	105,9911	102,9372
18		107,1648	134,2251	89,8381	82,7889	79,8047	76,6717	75,3446	71,0333
19		72,0466	94,1193	66,4012	58,7454	56,4096	53,7206	52,5654	50,2506
20	32,9331	42,9625	60,7627	49,8350	44,9948	42,4038	39,9117	38,7636	37,3348
21		21,8515	33,0192	30,8740	28,4406	26,1257	24,8265	24,0456	23,5877
22		15,3183	19,8411	19,9132	18,9161	17,9539	17,7796	17,8656	17,7935
23		13,2893	15,0534	15,4392	15,2323	14,9557	14,9534	15,1347	15,1440
24		13,1870	14,3561	14,8116	14,6001	14,4235	14,4770	14,6815	14,7349
25	13,5741	14,4030	15,3620	15,8357	15,5752	15,4757	15,5539	15,8096	15,8404
26									
27									
28									
29									
30	12,4563	12,4235	12,9915	13,4941	13,2136	13,2042	13,3281	13,6227	13,7442
31									
32									
33									
34									
35	12,1712	11,9360	12,2282	12,5394	12,1902	12,1284	12,3161	12,6107	12,7936
36									
37									
38									
39									
40	12,1174	11,9363	11,9506	12,4247	11,9339	11,9768	12,0745	12,3890	12,6058

8.5. Bijlage E: voorafgaande mini-blocktesten

Massa's voorbereidende mini-blocktest V1-30

Tabel 76: Massa's voorbereidende mini-blocktest V1-30

Massa's voorbereidende mini-blocks V1-30									
Blokje	Ovendroge massa [g]	Massa na 3 dagen [g]	Massa na 6 dagen [g]	Massa na 9 dagen [g]	Massa na 13 dagen [g]	Massa na 16 dagen [g]	Massa na 20 dagen [g]	Massa na 23 dagen [g]	Massa na 41 dagen [g]
V1	0,5115	0,6286	0,6340	0,6349	0,6349	0,6351	0,6333	0,6333	0,6204
V2	0,5956	0,7309	0,7350	0,7383	0,7370	0,7378	0,7340	0,7357	0,7208
V3	0,6238	0,7681	0,7694	0,7712	0,7729	0,7725	0,7703	0,7711	0,7559
V4	0,5562	0,6800	0,6831	0,6848	0,6865	0,6860	0,6844	0,6850	0,6716
V5	0,5941	0,7271	0,7292	0,7383	0,7368	0,7355	0,7325	0,7339	0,7199
V6	0,5464	0,6396	0,6387	0,6330	0,6168	0,6125	0,6116	0,6105	0,6101
V7	0,5484	0,6503	0,6489	0,6461	0,6214	0,6175	0,6164	0,6163	0,6150
V8	0,5528	0,6498	0,6490	0,6465	0,6251	0,6212	0,6199	0,6195	0,6183
V9	0,5217	0,6182	0,6150	0,6096	0,5614	0,5874	0,5865	0,5861	0,5850
V10	0,5858	0,6847	0,6835	0,6779	0,6629	0,6589	0,6583	0,6579	0,6563
V11	0,5636	0,6442	0,6076	0,6040	0,6031	0,6016	0,6012	0,6013	0,6016
V12	0,5960	0,6837	0,6445	0,6412	0,6390	0,6384	0,6384	0,6377	0,6387
V13	0,7133	0,8166	0,7755	0,7707	0,7681	0,7678	0,7672	0,7674	0,7676
V14	0,7247	0,8323	0,7873	0,7829	0,7813	0,7797	0,7796	0,7799	0,7801
V15	0,5781	0,6583	0,6242	0,6120	0,6186	0,6176	0,6175	0,6182	0,6179
V16	0,5868	0,6846	0,6851	0,6844	0,6862	0,6851	0,6864	0,6864	0,6857
V17	0,5590	0,6583	0,6591	0,6587	0,6602	0,6592	0,6604	0,6602	0,6599
V18	0,6025	0,7041	0,7037	0,7029	0,7048	0,7035	0,7048	0,7047	0,7045
V19	0,5704	0,6660	0,6663	0,6658	0,6676	0,6668	0,6678	0,6677	0,6674
V20	0,5286	0,6177	0,6181	0,6178	0,6199	0,6185	0,6195	0,6195	0,6191
V21	0,5482	0,6041	0,6052	0,6040	0,6045	0,6043	0,6048	0,6053	0,6062
V22	0,6352	0,6983	0,6998	0,6992	0,6988	0,6992	0,7001	0,7004	0,7009
V23	0,5927	0,6543	0,6553	0,6550	0,6542	0,6547	0,6556	0,6556	0,6564
V24	0,6324	0,6943	0,6955	0,6947	0,6944	0,6946	0,6953	0,6956	0,6960
V25	0,6004	0,6578	0,6593	0,6592	0,6587	0,6590	0,6595	0,6597	0,6605
V26	0,5328	0,5567	0,5573	0,5575	0,5578	0,5576	0,5575	0,5575	0,5577
V27	0,6238	0,6470	0,6476	0,6478	0,6479	0,6475	0,6474	0,6477	0,6479
V28	0,5960	0,6233	0,6238	0,6240	0,6241	0,6237	0,6238	0,6241	0,6240
V29	0,5352	0,5593	0,5586	0,5597	0,5600	0,5595	0,5595	0,5599	0,5593
V30	0,5320	0,5515	0,5521	0,5522	0,5523	0,5517	0,5535	0,5532	0,5533

Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest V1-30

Tabel 77: Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest V1-30

MC's voorbereidende mini-blocks V1-30								
Blokje	MC na 3 dagen [%]	MC na 6 dagen [%]	MC na 9 dagen [%]	MC na 13 dagen [%]	MC na 16 dagen [%]	MC na 20 dagen [%]	MC na 23 dagen [%]	MC na 41 dagen [%]
V1	22,8935	23,9492	24,1251	24,1251	24,1642	23,8123	23,8123	21,2903
V2	22,7166	23,4050	23,9590	23,7408	23,8751	23,2371	23,5225	21,0208
V3	23,1324	23,3408	23,6294	23,9019	23,8378	23,4851	23,6133	21,1767
V4	22,2582	22,8155	23,1212	23,4268	23,3369	23,0493	23,1571	20,7479
V5	22,3868	22,7403	24,2720	24,0195	23,8007	23,2957	23,5314	21,1749
V6	17,0571	16,8924	15,8492	12,8843	12,0974	11,9327	11,7313	11,6581
V7	18,5813	18,3260	17,8155	13,3115	12,6003	12,3997	12,3815	12,1444
V8	17,5470	17,4023	16,9501	13,0789	12,3734	12,1382	12,0658	11,8488
V9	18,4972	17,8838	16,8488	7,6097	12,5934	12,4209	12,3443	12,1334
V10	16,8829	16,6780	15,7221	13,1615	12,4787	12,3762	12,3080	12,0348
V11	14,3009	7,8070	7,1682	7,0085	6,7424	6,6714	6,6891	6,7424
V12	14,7148	8,1376	7,5839	7,2148	7,1141	7,1141	6,9966	7,1644
V13	14,4820	8,7200	8,0471	7,6826	7,6405	7,5564	7,5845	7,6125
V14	14,8475	8,6381	8,0309	7,8101	7,5893	7,5755	7,6169	7,6445
V15	13,8730	7,9744	5,8675	7,0057	6,8327	6,8154	6,9365	6,8846
V16	16,6667	16,7519	16,6326	16,9393	16,7519	16,9734	16,9734	16,8541
V17	17,7639	17,9070	17,8354	18,1038	17,9249	18,1395	18,1038	18,0501
V18	16,8631	16,7967	16,6639	16,9793	16,7635	16,9793	16,9627	16,9295
V19	16,7602	16,8128	16,7251	17,0407	16,9004	17,0757	17,0582	17,0056
V20	16,8558	16,9315	16,8748	17,2720	17,0072	17,1964	17,1964	17,1207
V21	10,1970	10,3977	10,1788	10,2700	10,2335	10,3247	10,4159	10,5801
V22	9,9339	10,1700	10,0756	10,0126	10,0756	10,2173	10,2645	10,3432
V23	10,3931	10,5618	10,5112	10,3762	10,4606	10,6125	10,6125	10,7474
V24	9,7881	9,9779	9,8514	9,8039	9,8355	9,9462	9,9937	10,0569
V25	9,5603	9,8101	9,7935	9,7102	9,7602	9,8434	9,8767	10,0100
V26	4,4857	4,5983	4,6359	4,6922	4,6547	4,6359	4,6359	4,6734
V27	3,7191	3,8153	3,8474	3,8634	3,7993	3,7833	3,8314	3,8634
V28	4,5805	4,6644	4,6980	4,7148	4,6477	4,6644	4,7148	4,6980
V29	4,5030	4,3722	4,5777	4,6338	4,5404	4,5404	4,6151	4,5030
V30	3,6654	3,7782	3,7970	3,8158	3,7030	4,0414	3,9850	4,0038

Massa's voorbereidende mini-blocktest V31-45

Tabel 78: Massa's voorbereidende mini-blocktest V31-45

Massa's voorbereidende mini-blocks V31-45							
Blokje	Ovendroge massa [g]	Massa na 6 dagen [g]	Massa na 10 dagen [g]	Massa na 13 dagen [g]	Massa na 17 dagen [g]	Massa na 20 dagen [g]	Massa na 31 dagen [g]
V31	0,5617	0,6742	0,6199	0,6190	0,6189	0,6185	0,6184
V32	0,5616	0,6758	0,6233	0,6223	0,6218	0,6214	0,6215
V33	0,5581	0,6706	0,6168	0,6154	0,6149	0,6148	0,6151
V34	0,5735	0,6876	0,6345	0,6330	0,6323	0,6327	0,6327
V35	0,5438	0,6531	0,6007	0,5995	0,5990	0,5991	0,5991
V36	0,5204	0,6374	0,6576	0,6553	0,6067	0,6049	0,6027
V37	0,5144	0,6326	0,6472	0,6447	0,6016	0,5992	0,5973
V38	0,5729	0,7031	0,7233	0,7563	0,6782	0,6755	0,6736
V39	0,5285	0,8497	0,6595	0,6550	0,6157	0,6135	0,6115
V40	0,5716	0,6993	0,7096	0,7094	0,6660	0,6633	0,6616
V41	0,6602	0,8413	0,8405	0,8443	0,8461	0,8413	0,8212
V42	0,5729	0,7310	0,7316	0,7355	0,7367	0,7336	0,7137
V43	0,5850	0,7592	0,7490	0,7512	0,7526	0,7512	0,7304
V44	0,5705	0,7281	0,7331	0,7353	0,7381	0,7362	0,7135
V45	0,5358	0,7490	0,7018	0,7036	0,7026	0,7001	0,6723

Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest V31-45

Tabel 79: Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest V31-45

MC's voorbereidende mini-blocks V31-45						
Blokje	MC na 6 dagen [%]	MC na 10 dagen [%]	MC na 13 dagen [%]	MC na 17 dagen [%]	MC na 20 dagen [%]	MC na 31 dagen [%]
V31	20,0285	10,3614	10,2012	10,1834	10,1122	10,0944
V32	20,3348	10,9865	10,8084	10,7194	10,6481	10,6660
V33	20,1577	10,5178	10,2670	10,1774	10,1595	10,2132
V34	19,8954	10,6364	10,3749	10,2528	10,3226	10,3226
V35	20,0993	10,4634	10,2427	10,1508	10,1692	10,1692
V36	22,4827	26,3643	25,9224	16,5834	16,2375	15,8148
V37	22,9782	25,8165	25,3305	16,9518	16,4852	16,1159
V38	22,7265	26,2524	32,0126	18,3802	17,9089	17,5772
V39	60,7758	24,7871	23,9357	16,4995	16,0833	15,7048
V40	22,3408	24,1428	24,1078	16,5150	16,0427	15,7453
V41	27,4311	27,3099	27,8855	28,1581	27,4311	24,3865
V42	27,5964	27,7012	28,3819	28,5914	28,0503	24,5767
V43	29,7778	28,0342	28,4103	28,6496	28,4103	24,8547
V44	27,6249	28,5013	28,8869	29,3777	29,0447	25,0657
V45	39,7910	30,9817	31,3177	31,1310	30,6644	25,4759

Massa's voorbereidende mini-blocktest G1-30

Tabel 80: Massa's voorbereidende mini-blocktest G1-30

Massa's voorbereidende mini-blocks G1-30									
Blokje	Ovendroge massa [g]	Massa na 3 dagen [g]	Massa na 6 dagen [g]	Massa na 9 dagen [g]	Massa na 13 dagen [g]	Massa na 16 dagen [g]	Massa na 20 dagen [g]	Massa na 23 dagen [g]	Massa na 41 dagen [g]
G1	0,7547	0,9256	0,9305	0,9353	0,9421	0,9408	0,9338	0,9327	0,9113
G2	0,7418	0,9223	0,9249	0,9322	0,9291	0,9283	0,9249	0,9259	0,9024
G3	0,7595	0,9342	0,9391	0,9416	0,9446	0,9435	0,9411	0,9397	0,9188
G4	0,6694	0,8245	0,8241	0,8294	0,8296	0,8284	0,8261	0,8266	0,8063
G5	0,7427	0,9093	0,9164	0,9253	0,9247	0,9227	0,9165	0,9171	0,8961
G6	0,6036	0,7063	0,7056	0,7055	0,6884	0,6745	0,6730	0,6726	0,6710
G7	0,6887	0,8128	0,8060	0,8083	0,7809	0,7720	0,7698	0,7691	0,7679
G8	0,7559	0,8910	0,8929	0,8901	0,8579	0,8503	0,8479	0,8471	0,8457
G9	0,7724	0,9114	0,9077	0,9073	0,8794	0,8672	0,8650	0,8641	0,8626
G10	0,7784	0,9170	0,9174	0,9172	0,8911	0,8757	0,8737	0,8730	0,8711
G11	0,7123	0,8149	0,8069	0,7655	0,7631	0,7607	0,7612	0,7611	0,7615
G12	0,7740	0,8862	0,8787	0,8325	0,8285	0,8275	0,8272	0,8275	0,8278
G13	0,7496	0,8607	0,8498	0,8083	0,8051	0,8039	0,8035	0,8035	0,8038
G14	0,6506	0,7406	0,7315	0,6996	0,6974	0,6951	0,6953	0,6956	0,6957
G15	0,6781	0,7707	0,7513	0,7301	0,7275	0,7258	0,7260	0,7262	0,7270
G16	0,7317	0,8643	0,8657	0,8631	0,8648	0,8636	0,8643	0,8648	0,8642
G17	0,5678	0,6589	0,6596	0,6576	0,6589	0,6584	0,6585	0,6586	0,6585
G18	0,7898	0,9190	0,9204	0,9189	0,9203	0,9196	0,9201	0,9205	0,9196
G19	0,7880	0,9235	0,9247	0,9227	0,9238	0,9227	0,9236	0,9239	0,9205
G20	0,7268	0,8456	0,8465	0,8452	0,8463	0,8454	0,8462	0,8467	0,8458
G21	0,5888	0,6429	0,6449	0,6439	0,6446	0,6447	0,6445	0,6453	0,6453
G22	0,7484	0,8256	0,8280	0,8271	0,8272	0,8275	0,8279	0,8282	0,8285
G23	0,6784	0,7429	0,7450	0,7444	0,7428	0,7447	0,7453	0,7454	0,7455
G24	0,6090	0,6624	0,6639	0,6632	0,6629	0,6635	0,6637	0,6641	0,6643
G25	0,7162	0,7834	0,7853	0,7848	0,7842	0,7849	0,7854	0,7858	0,7858
G26	0,8005	0,8313	0,8331	0,8331	0,8328	0,8328	0,8329	0,8332	0,8334
G27	0,6448	0,6679	0,6686	0,6687	0,6686	0,6683	0,6682	0,6687	0,6687
G28	0,7366	0,7702	0,7710	0,7716	0,7706	0,7708	0,7707	0,7713	0,7712
G29	0,7311	0,7592	0,7600	0,7605	0,7601	0,7598	0,7596	0,7600	0,7604
G30	0,6199	0,6412	0,6421	0,6421	0,6414	0,6414	0,6418	0,6420	0,6421

Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest G1-30

Tabel 81: Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest G1-30

MC's voorbereidende mini-blocks G1-30								
Blokje	MC na 3 dagen [%]	MC na 6 dagen [%]	MC na 9 dagen [%]	MC na 13 dagen [%]	MC na 16 dagen [%]	MC na 20 dagen [%]	MC na 23 dagen [%]	MC na 41 dagen [%]
G1	22,6448	23,2940	23,9300	24,8311	24,1642	23,7313	23,5855	20,7500
G2	24,3327	24,6832	25,6673	25,2494	23,8751	24,6832	24,8180	21,6500
G3	23,0020	23,6471	23,9763	24,3713	23,8378	23,9105	23,7261	20,9743
G4	23,1700	23,1102	23,9020	23,9319	23,3369	23,4090	23,4837	20,4512
G5	22,4317	23,3876	24,5860	24,5052	23,8007	23,4011	23,4819	20,6544
G6	17,0146	16,8986	16,8820	14,0490	12,0974	11,4977	11,4314	11,1663
G7	18,0195	17,0321	17,3661	13,3875	12,6003	11,7758	11,6742	11,4999
G8	17,8727	18,1241	17,7537	13,4938	12,3734	12,1709	12,0651	11,8799
G9	17,9959	17,5168	17,4650	13,8529	12,5934	11,9886	11,8721	11,6779
G10	17,8058	17,8571	17,8314	14,4784	12,4787	12,2431	12,1531	11,9090
G11	14,4040	13,2809	7,4688	7,1318	6,7424	6,8651	6,8510	6,9072
G12	14,4961	13,5271	7,5581	7,0413	7,1141	6,8734	6,9121	6,9509
G13	14,8212	13,3671	7,8308	7,4039	7,6405	7,1905	7,1905	7,2305
G14	13,8334	12,4347	7,5315	7,1934	7,5893	6,8706	6,9167	6,9321
G15	13,6558	10,7949	7,6685	7,2851	6,8327	7,0639	7,0933	7,2113
G16	18,1222	18,3135	17,9582	18,1905	16,7519	18,1222	18,1905	18,1085
G17	16,0444	16,1677	15,8154	16,0444	17,9249	15,9739	15,9915	15,9739
G18	16,3586	16,5358	16,3459	16,5232	16,7635	16,4978	16,5485	16,4345
G19	17,1954	17,3477	17,0939	17,2335	16,9004	17,2081	17,2462	16,8147
G20	16,3456	16,4695	16,2906	16,4419	17,0072	16,4282	16,4970	16,3731
G21	9,1882	9,5279	9,3580	9,4769	10,2335	9,4599	9,5958	9,5958
G22	10,3153	10,6360	10,5158	10,5291	10,0756	10,6227	10,6627	10,7028
G23	9,5077	9,8172	9,7288	9,4929	10,4606	9,8614	9,8762	9,8909
G24	8,7685	9,0148	8,8998	8,8506	9,8355	8,9819	9,0476	9,0805
G25	9,3829	9,6481	9,5783	9,4946	9,7602	9,6621	9,7180	9,7180
G26	3,8476	4,0725	4,0725	4,0350	4,6547	4,0475	4,0849	4,1099
G27	3,5825	3,6911	3,7066	3,6911	3,7993	3,6290	3,7066	3,7066
G28	4,5615	4,6701	4,7516	4,6158	4,6477	4,6294	4,7108	4,6973
G29	3,8435	3,9529	4,0213	3,9666	4,5404	3,8982	3,9529	4,0077
G30	3,4360	3,5812	3,5812	3,4683	3,7030	3,5328	3,5651	3,5812

Massa's voorbereidende mini-blocktest G31-45

Tabel 82: Massa's voorbereidende mini-blocktest G31-45

Massa's voorbereidende mini-blocks G31-45							
Blokje	Ovendroge massa [g]	Massa na 6 dagen [g]	Massa na 10 dagen [g]	Massa na 13 dagen [g]	Massa na 17 dagen [g]	Massa na 20 dagen [g]	Massa na 31 dagen [g]
G31	0,6264	0,7416	0,6862	0,6851	0,6840	0,6842	0,6831
G32	0,5939	0,7043	0,6523	0,6511	0,6499	0,6501	0,6499
G33	0,8321	0,9919	0,9188	0,9168	0,9157	0,9151	0,9150
G34	0,7646	0,9097	0,8427	0,8413	0,8402	0,8399	0,8399
G35	0,5605	0,6642	0,6151	0,6138	0,6131	0,6126	0,6131
G36	0,7151	0,8697	0,8875	0,8747	0,8284	0,8263	0,8239
G37	0,7058	0,8547	0,8753	0,8645	0,8172	0,8146	0,8120
G38	0,7365	0,8880	0,9069	0,8959	0,8501	0,8475	0,8451
G39	0,9030	1,1050	1,1342	1,1229	1,0482	1,0451	1,0416
G40	0,7251	0,8766	0,8958	0,8924	0,8385	0,8360	0,8337
G41	0,8498	1,0792	1,1287	1,1096	1,1471	1,1307	1,0727
G42	0,6258	0,8686	0,9210	0,8288	0,8642	0,8345	0,7908
G43	0,6522	0,8669	0,9053	0,8509	0,8773	0,8715	0,8106
G44	0,7757	1,0177	1,0561	1,0041	1,0083	1,0083	0,9641
G45	0,6291	0,7916	0,8590	0,8206	0,8260	0,8181	0,7866

Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest G31-45

Tabel 83: Vochtgehaltes voorbereidende mini-blocktest G31-45

MC's voorbereidende mini-blocks G31-45						
Blokje	MC na 6 dagen [%]	MC na 10 dagen [%]	MC na 13 dagen [%]	MC na 17 dagen [%]	MC na 20 dagen [%]	MC na 31 dagen [%]
G31	18,3908	9,5466	9,3710	9,1954	9,2273	7,6456
G32	18,5890	9,8333	9,6313	9,4292	9,4629	7,9512
G33	19,2044	10,4194	10,1791	10,0469	9,9748	8,3577
G34	18,9772	10,2145	10,0314	9,8875	9,8483	8,2775
G35	18,5013	9,7413	9,5094	9,3845	9,2953	7,9193
G36	21,6194	24,1085	22,3186	15,8439	15,5503	12,5101
G37	21,0966	24,0153	22,4851	15,7835	15,4151	12,4254
G38	20,5703	23,1365	21,6429	15,4243	15,0713	12,2297
G39	22,3699	25,6035	24,3522	16,0797	15,7364	12,5430
G40	20,8937	23,5416	23,0727	15,6392	15,2944	12,3888
G41	26,9946	32,8195	30,5719	34,9847	33,0548	20,6542
G42	38,7983	47,1716	32,4385	38,0952	33,3493	18,9961
G43	32,9193	38,8071	30,4661	34,5140	33,6247	18,2720
G44	31,1976	36,1480	29,4444	29,9858	29,9858	18,5123
G45	25,8306	36,5443	30,4403	31,2987	30,0429	19,8964