

## **Bodemonderzoek in Leiden 20**

### **Rijswijkers in Leiden**

Algemeen overzicht van bakstenen en metselwerk in Leiden  
en signalering van zestiende- en zeventiende-eeuwse kenmerken.

E.D. Orsel

# Inhoudsopgave

**Rijswijkers in Leiden. Algemeen overzicht van bakstenen en metselwerk in Leiden en signalering van zestiende- en zeventiende-eeuwse kenmerken**

*E.D. Orsel*

Inleiding	5
Introductie baksteen	5
Leiden als productiecentrum	7
Formaat	9
Metselverband	13
Hoekverband	18
Afsluiting	21
Bijlage 1: Tabel; Metselwerk in Leiden, gedateerd	22
Bijlage 2: Mortel	24
Literatuur	28

## Rijswijkers in Leiden

*Algemeen overzicht van bakstenen en metselwerk in Leiden en signalering van zestiende- en zeventiende-eeuwse kenmerken.*<sup>1</sup>

### Inleiding

Kloostermoppen, Rijswijkers, Dropstenen; allemaal benamingen voor een doordacht bouwproduct, de baksteen. Over baksteen en metselwerk in het algemeen is veel geschreven, maar sinds kort staat het weer in de belangstelling, aangezien recent bouwhistorisch onderzoek tot nieuwe ontdekkingen en nieuwe inzichten heeft geleid (afb. 1).<sup>2</sup> Deze publicatie is de weerslag van dit recente systematische bouwhistorisch onderzoek in Leiden. Het geeft een algemeen overzicht van de geschiedenis van bakstenen en metselwerk in Leiden, in relatie tot het algemene beeld daarvan in Nederland.<sup>3</sup> In deze publicatie is gekozen het onderzoeksveld te beperken tot aan de opkomst van de industriële producten rond 1850. Resumerend wordt ook de huidige stand van zaken van het baksteenonderzoek samengevat tot actuele ontwikkelingsmodellen van de baksteenformaten en metselverbanden, zoals toegepast in de historische bouwpraktijk in Leiden.<sup>4</sup> Tot slot zal worden ingegaan op de ontwikkeling van hoekverbanden in metselwerk met daarbij aandacht voor opmerkelijke fenomenen in laat zestiende- en zeventiende-eeuwse hoekverbanden in Leiden.

Afb. 1. Metselteken in de westgevel van Vijfde Binnenvestgracht 7 uit 1588 (d) (foto E. Orsel).



### Introductie baksteen

In Nederland komt, afgezien van mergel, zwerfstenen en ijzeroer, geen natuursteen voor die als bouwmaterial gebruikt kan worden. De gebouwen in de Middeleeuwen werden over het algemeen opgetrokken uit vergankelijke materialen als bijvoorbeeld hout, leem en riet.<sup>5</sup> Daarnaast werd voor de belangrijkere gebouwen natuursteen ingevoerd. In de Middeleeuwen was dit tufsteen, een vulkanisch gesteente uit de Eifel (D). Een bekend voorbeeld waarbij deze natuursteen is toegepast is de Leidse burcht, gedateerd in het midden van de twaalfde eeuw (afb. 2).<sup>6</sup> Naast het gebruik van de dure natuursteen vindt vervolgens de herontwikkeling van baksteen plaats, een product vervaardigd van lokaal aangetroffen klei.<sup>7</sup> De Romeinen kenden echter al baksteen en ook in de Leidse regio zijn diverse vondsten van Romeinse gebakken producten gedaan. Met het verdwijnen van de Romeinen uit Nederland



*Afb. 2. Het tufsteenwerk van de Burcht te Leiden, waarschijnlijk daterend uit het midden van de twaalfde eeuw (foto E. Orsel).*

ging de techniek voor het vervaardigen van baksteen verloren. Er kan dus niet gesproken worden van een continue ontwikkeling vanaf de Romeinen naar de middeleeuwen.<sup>8</sup> Tot voor kort werd de algemene invoering van baksteen in Nederland gesteld op de tweede helft van de twaalfde eeuw. De laatste bouwhistorische inzichten, gebaseerd op de vroegste aantoonbare dateringen, duiden echter meer op omstreeks 1200. De vroeg geachte voorbeelden van bakstenen - een gemetseld graf in de Benedictijner Abdij van Egmond, kort na 1136 en funderingsmateriaal in de abdijkerk van Klaarkamp, ca. 1165 - zijn door Van der Hoeve beschouwd en onderbouwd verworpen.<sup>9</sup> Ook werd aangenomen dat kloosterorden, met name de kloosterordes van de Cisterciënzers en Premonstratenzers, baksteen hebben geherintroduceerd.<sup>10</sup> Zij beschikten over de benodigde financiën, de organisatie en de expertise voor een succesvolle en rendabele productie van baksteen.<sup>11</sup> Recente inzichten geven echter aan dat, naast de kloosterorden, vooral de adel de herinstructie van baksteen heeft gestimuleerd.<sup>12</sup> De keuze voor het nieuwe materiaal, rode baksteen, zal door statusoverwegingen zijn ingegeven.<sup>13</sup> De toren van het Gravensteen te Leiden, hoogstwaarschijnlijk gebouwd door de graaf van Holland, past in dit nieuwe inzicht.<sup>14</sup> Hernieuwd bouwhistorisch onderzoek door de auteur naar deze toren heeft duidelijk gemaakt dat de oudste fase omstreeks 1200 is opgetrokken in baksteen (afb. 3).<sup>15</sup>



*Afb. 3. Het Gravensteen te Leiden, Noor(d)s verband in de westgevel van omstreeks 1200 (foto E. Orsel).*

Opvallend aan dit baksteenwerk (29/32 x 14/14,5 x 10/12, 10-lm is 110 cm) van de toren van het Gravensteen is de voor Nederland opmerkelijke dikte van 10 tot 12 cm. en het metselverband wat neigt naar Noor(d)s.<sup>16</sup> Het zou kunnen dat deze voor Nederland afwijkende bakstenen in opdracht van de graaf van Holland zijn geïmporteerd of zijn gefabriceerd door steenbakkers van elders. In Nederland zijn in Utrecht vergelijkbare bakstenen aangetroffen, maar gemetseld in Vlaams verband.<sup>17</sup> De stenen of de vaklui zouden zelfs afkomstig kunnen zijn uit noord-oost Europa of noord Italië (Lombardije), waar oudere gebouwen in baksteen voorkomen.<sup>18</sup> Dergelijke connecties waren in die tijd niet vreemd. Zo is duidelijk dat de baksteen in noord-oost Duitsland is geïntroduceerd door steenbakkers en metselaars uit Lombardije.<sup>19</sup> Naast de bewuste selectie van baksteen vanwege status zal de keuze tussen tufsteen en baksteen soms bepaald zijn door de beschikbaarheid ervan, want beide producten waren afhankelijk van import (materiaal of mensen).<sup>20</sup> In de vroegste periode werden bakstenen dus met name toegepast bij bouwwerken van de adellijke en geestelijke macht. Nadat door de toegenomen productie de prijs van baksteen zal zijn gedaald kwam dit product ook voor de, weliswaar rijkere, burger beschikbaar. De opbloeiende economie van Leiden zal geleid hebben tot een hogere welstand van de burgers, die daardoor beter in staat waren bakstenen aan te kopen. De burgers konden door de bouw van een stenen huis hun welstand en status tonen.<sup>21</sup> Een andere reden voor de overgang van verkankelijke materialen op baksteen kan de relatief moeilijk verkrijgbaarheid van deze materialen zijn. Het stijl-en-regelwerk, het vistelwerk en het leem voor een vakwerk wand of het houten beschoot voor een houten wand moest van elders worden aangevoerd.<sup>22</sup> Voor deze producten moest dus in de stad ook gewoon betaald worden. Het ligt dan voor de hand te veronderstellen dat dan liever gekozen werd voor het statusverhogende baksteen.<sup>23</sup>

## Leiden als productiecentrum

Al vroeg ontwikkelde zich rond Leiden de baksteenproductie. Factoren die de baksteenproductie rond Leiden mogelijk maakten, zijn de aanwezigheid van goede klei als grondstof, de beschikbaarheid van grote hoeveelheden turf als brandstof, de ligging aan goed bevaarbare waterwegen voor transport, de beschikking over voldoende personeel als gevolg van de bevolkingsgroei door de bloeiende economie in Zuid-Holland en daardoor ook een goed afzetgebied.<sup>24</sup> In de directe omgeving van Leiden bevonden zich langs de Oude Rijn veldovens waar klei van de oude rivierbedding werd gebruikt.<sup>25</sup> Al in 1283 is een oven bekend.<sup>26</sup> In tegenstelling tot andere steden gingen rond Leiden de producenten al vroeg, in ieder geval al in de zestiende eeuw, over op de veel efficiëntere 'Hollandse' steenoven.<sup>27</sup> Voor de productie van baksteen, maar ook van plavuizen, daktegels en dakpannen, werd lokaal afgestoken klei als belangrijkste grondstof vermengd met water en andere toeslagen, onder andere zand.<sup>28</sup> De kleur van het uiteindelijke product is afhankelijk van de grondstof en het bakproces. Zo geeft een kalkrijke grondstof een gele baksteen en een ijzerrijke een rode steen. De afgestoken oude rivierklei langs de Oude Rijn is ijzerrijk, waardoor de Leidse over het algemeen rood van kleur is. Een grijze of zwarte kleur wordt veroorzaakt door een zuurstofarm bakproces, het zogenaamde smoren. Ongeacht de samenstelling zijn zacht gebakken stenen bleekrood, zelfs de stenen van kalkhoudende klei.<sup>29</sup> Pas bij het opvoeren gaat de kleur over in geel en bij hogere temperaturen naar geelgroen. Ook kan normaal roodbakende klei geel worden afgebakken door kalk, krijt of mergel toe te voegen.<sup>30</sup> Geelbakende klei kan door het toevoegen van ijzeroxide, oker of ijzererts rood worden afgebakken.<sup>31</sup> Van de homogeen gemengde massa werden hompen genomen die door een vorm in bezande vormbakken werden gedruwd (afb. 4). De bovenzijde werd daarna afgestroken. Vaak zijn deze bewerkingen nog herkenbaar in de producten, bijvoorbeeld aan de structuur van de steen en opstaande randen. Het product, de vormling, werd uit de bak gelost en eerst in de buitenlucht te drogen gelegd. Bij dit drogen kwam het soms voor dat er vingerafdrukken of zelfs pootafdrukken van passerende dieren in de producten kwamen te staan. Als de steen voldoende gedroogd was tot zogenaamde groenling, werden ze samen met brandstof (vaak turf) opgestapeld tot een veldbrandoven en afgebakken. Het bakken nam een aantal weken in beslag. Al snel kreeg men dit bakproces steeds beter onder de knie, onder meer door de introductie van een veldoven. Deze oven kon, in tegenstelling tot de



Afb. 4. Twee standaardvormen uit de collectie van de Lakenhal te Leiden (Stedelijk Museum De Lakenhal, Leiden, inv.nr. 1095 en 1096).

veldbrandoven, worden hergebruikt en dit leidde tot kwalitatief betere en vormvastere producten.<sup>32</sup> Er was vaak een feestelijk moment als de laatste steen in de oven was geplaatst. Onder de noemer van de leste steen werd bier of andere drank aan de arbeiders uitgedeeld.<sup>33</sup>

Pas in 1633 vormden eigenaars van steenovens rond Leiden een vereniging. Dit kartel diende de belangen van de eigenaren en moest door middel van onderlinge productieafspraken vraag en aanbod op elkaar afstemmen. Naast afspraken over de productie, werden ook afspraken gemaakt over het formaat, evenals het personeelsbeleid. In 1734 kreeg de vereniging de naam 'Het steenbakkerijgilde in Rijnland', gevestigd te Leiden.<sup>34</sup>

De steenovens rond Leiden produceerden veel meer baksteen dan de ovens in andere steden.<sup>35</sup> De Leidse baksteen was in de vijftiende en zestiende eeuw een bekend exportproduct. De steen werd onder andere geëxporteerd naar Haarlem, Amsterdam, Enkhuizen, Amersfoort en Harderwijk.<sup>36</sup> Bommenee noemt in zijn achttiende-eeuwse testament ook stenen uit Leiden die in Zeeland werden verwerkt; de *Leysen dryling* met een rode kleur gelijk aan pannen of plavuizen.<sup>37</sup> In Amsterdam werd in 1765 *Leidse of Vechtse* steen toegepast.<sup>38</sup> Maar ook in Leiden werd steen geïmporteerd, gezien een archivalische vermelding uit 1631 betreffende de Haarlemmerpoort. Daar werden *moppen ofte grooten backstien aen de vecht ofte leck ghebacken* toegepast.<sup>39</sup>

De teloorgang vanaf het begin van de negentiende eeuw van de steenbakkerijen rond Leiden is waarschijnlijk te verklaren door het feit dat uitbreiding van de steenfabriek niet meer mogelijk was door uitputting van de eigen kleivoorraad en door de gegroeide omliggende dorpen en steden.<sup>40</sup> Tevens waren de loonkosten in Holland enorm gestegen, door de bloeiende nijverheid, waardoor arbeiders werk elders zochten.<sup>41</sup> De steenfabrikanten konden hierdoor niet meer rekenen op voldoende arbeidskrachten.

Historisch gezien blijkt dat namen werden toegekend op basis van formaat, kwaliteit, kleur of herkomst. Zogenaamde *Dropstenen* waren bijvoorbeeld zeer hard gebakken stenen bedoeld als plaveisel, onder andere toegepast in de Pieterskerk.<sup>42</sup> Maar doordat de namen verkeerd worden toegepast of zijn overgenomen is er veel onduidelijkheid over benamingen. Zo is niet geheel duidelijk welk formaat met de in de Leidse situatie vaak aangehaalde *Rijswijkers* (als middeleeuwse baksteen) werd bedoeld en in welke periode ze werden toegepast.<sup>43</sup>

Door Raue worden Rijswijkers genoemd in zijn publicatie over de bouwgeschiedenis van de panden Markt 2 en 4 te Delft.<sup>44</sup> Hij omschrijft de Rijswijkse steen als een geelrood genuanceerde steen met het formaat 23 x 1 x 5,5 en dateert hem, op basis van het formaat, in de vijftiende eeuw.<sup>45</sup> Hollestelle noemt in haar proefschrift over de steenbakkerij in de Nederlanden tot omstreeks 1560 stenen uit Rijswijk die een kenmerkende rode kleurnuance hebben als gevolg van het betrekkelijk hoge ijzergehalte van de grondstof langs de Vliet.<sup>46</sup> Haslinghuis beschrijft Rijswijkse steen als baksteen uit de omgeving van Rijswijk (Z.H.), geelroze van kleur, met als bronverwijzing het bestek van de bouw van het Gemeenlandshuis te Maassluis uit 1626.<sup>47</sup> De voor- en achtergevel van het gebouw zijn bij nadere beschouwing opgetrokken in een oranje- of roodbruine kleur.<sup>48</sup> De vermelding in het bestek zou

kunnen slaan op de binnenmuren. Opmerkelijk is de toepassing van geslepen stenen in de ontlastingsbogen en de restanten van groefjes op de baksteen. Voor geslepen of geschuurd werk, waar ook de groefjes op duiden, worden minder hard gebakken stenen met een egale samenstelling gebruikt.<sup>49</sup> Kan de term Rijswijkse steen wellicht slaan op een steen van iets minder hard gebakken kwaliteit, die geschikt is (gemaakt door middel van de groefjes) voor geslepen of geschuurd werk? Het is dan een orangerode steen die in Leiden is toegepast in de late zestiende eeuw, in de zeventiende eeuw en wellicht in de achttiende eeuw.

De voorzichtige conclusie uit deze drie voorbeelden is dat met de Rijswijkse steen in de vijftiende en zestiende eeuw een in Rijswijk geproduceerde baksteen met een kenmerkende geelrode kleurnuance werd bedoeld. Het formaat van de Rijswijkse steen zal, net zo als in andere productiecentra, een verkleining in de loop van de tijd hebben ondergaan. Hierdoor kan dus niet aan een bepaald formaat de term Rijswijker worden toegekend. Later kan ook een zachter gebakken steen, geschikt voor geslepen metselwerk, zijn bedoeld.

## Formaat

In de periode van de herintroductie van baksteen in Nederland, waarschijnlijk omstreeks 1200, zou het nieuwe gebakken product afgestemd zijn op de toegepaste formaten van tufsteen.<sup>50</sup> Deze veronderstelling lijkt echter niet houdbaar. Tufsteen werd namelijk verwerkt in allerlei verschillende onregelmatige blokken, die per laag enigszins geselecteerd werd verwerkt. De baksteen is een veel eenduidiger en rationeler bouw materiaal. Ook is het waarschijnlijker dat de maat van de tufsteen, bij gemengde verwerking, werd afgestemd op de baksteen. Tufsteen is namelijk gemakkelijk bij te hakken, terwijl de baksteen een redelijk maatvast, uniform en gereed product is. Waarschijnlijk hangt het formaat samen met de dan gehanteerde maatvoering in voeten.<sup>51</sup> Deze versilde wel per regio, maar is zo gemiddeld 30 cm. Ook zou het formaat samen kunnen hangen met de herkomst van het product (Noord Italië –Lombardije- of Noord-Europa) waar de baksteentraditie ouder is.<sup>52</sup> De vroege bakstenen van ongeveer dertig centimeter lang worden vaak kloostermoppen genoemd, een benaming die de laatste honderd jaar in zwang is geraakt. De naam is zou zijn gebaseerd op de vermoedelijke (her)ontwikkelaars van het baksteenfabricageproces, de kloosters.<sup>53</sup> De naam zou echter ook gebaseerd kunnen zijn op de stenen van groot formaat die vrijkwamen bij de afbraak van kloosters tijdens de reformatie.<sup>54</sup>

De afmetingen van het baksteenformaat lopen onder invloed van een versnelling van het productieproces terug, waarbij verschillen per regio optreden. Verkleining van het baksteenformaat heeft verschillende voordelen; ten eerste is de baksteen sneller te produceren, ten tweede is de gebakken steen beter van kwaliteit, ten derde is hij goedkoper te produceren, ten vierde is de baksteen handzamer en ten slotte is de baksteen beter geschikt voor de dunne muren van stadshuizen.<sup>55</sup> Leiden behoort tot het gebied waarbij het formaat het snelst terug liep.<sup>57</sup>

De verkleining is wellicht ook verklaarbaar door de, door stadsbesturen, uitgevaardigde keuren. Hierin werden bij particuliere gebouwen de toepassing van gebakken producten, zoals bakstenen en dakpannen, verplicht gesteld. Muren, schoorstenen en daken van goedkope, natuurlijke 'weke' materialen, zoals hout, riet en stro, waren namelijk brandgevaarlijk. Door de toepassing van 'harde' materialen werd het brandgevaar verminderd en steeg tevens het aanzien van de stad. De Leidse keur uit 1450 stelde stenen voor-, achter en zijgevels en harde daken verplicht; *tsi woenhuyse, turfhuysen, schueren, loedzen off schoeten, sy syn groet of cleyn, hoge of lage die salmen maken mit stienen gevelen ende van stienen zijtwegen ende die salmen decken mit harden dake, tsi mit tegelen of leyen.*<sup>58</sup> Bestaande 'weke' wanden mochten alleen hersteld worden met steen.<sup>59</sup> De stad verleende daarnaast ook subsidies op harde daken, eerst op daktegels en leien, later ook op dakpannen.<sup>60</sup> Leiden heeft echter geen subsidie verleend op metselsteen, zoals in Deventer wel gebruikelijk was.<sup>61</sup> De verplichtingen leidden dus tot een toename van de vraag naar baksteen. Als gevolg hiervan zal de steenbakker geprobeerd hebben zijn productieproces te verbeteren. Door de bakstenen te verkleinen waren ze sneller en goedkoper te maken.<sup>62</sup> Uit het recente bouwhistorische onderzoek blijkt dat aan het eind van de veertiende eeuw en de vijftiende eeuw in Leiden de versterking al fors was ingezet.<sup>63</sup> Er worden bij onderzoek met

enige regelmaat stenen huizen uit die periode aangetroffen.<sup>64</sup>

Naast de verplichting tot het toepassen van baksteen als bouw materiaal, werd later ook het baksteenformaat gereguleerd. Voor stadsbesturen was handhaving van de beoogde sterkte en veiligheid van de muren een reden om de verkleining te reguleren.<sup>65</sup> Met verordeningen en standaardformaten probeerden ze het formaat zo groot mogelijk te houden.<sup>66</sup> Zo schrijft de Leidse keur uit 1527 twee standaardformaten voor: 8 duim 10 grein lengte, 4 duim 4 grein breedte en 2 duim 4 grein dikte voor grote baksteen en 7 duim 8,33 grein lengte, 3 duim 9,5 grein breedte en 1 duim 10,75 grein dikte voor kleine steen.<sup>67</sup> Deze formaten komen goeddeels overeen met standaardvormen die zich bevinden in de collectie van de Lakenhal (afb. 4).<sup>68</sup> De maten gaven van overheidswege de minimummaat aan, waarschijnlijk die vóór het bakken. Bekend is dat de producenten kleinere stenen vervaardigden dan voorgeschreven.<sup>69</sup> In die periode werden namelijk al kleinere stenen toegepast, gezien het formaat 18-19 x 9-9,5 x 4-4,5 cm aan het schip van de Hooglandsekerk en aan de Lodewijkskerk, beide uit dezelfde periode.<sup>70</sup> Andere formaten werden echter ook gebakken, want omstreeks 1550 zijn in Harderwijk voor de stadsversterkingen 'grote' of 'dubbeldde' stenen uit Leiden aangevoerd. Deze stenen hadden een lengte van ongeveer 27 cm. Dit formaat is waarschijnlijk op speciaal verzoek gebakken, omdat dit grote formaat in de Leidse regio in die periode niet werd toegepast.<sup>71</sup> De snelle verkleining van de baksteen rond Leiden is wellicht verklaarbaar doordat de steenovens rond de stad Leiden niet in handen waren van de stad en zelfs niet gevestigd op stadgrond.<sup>72</sup> Het stadsbestuur had dus beperkt tot weinig directe invloed op formaat en prijs.<sup>73</sup> Voor de producenten was het, naast de hierboven genoemde redenen, veel aantrekkelijker kleine stenen te vervaardigen, omdat voor de productie minder grondstof nodig was en bij verwerking in muurwerk meer stenen (meer afzet).<sup>74</sup> Een tweede verklaring voor de snelle verkleining van de baksteen rond Leiden is de grondstof voor de productie.<sup>75</sup> De grondstof voor de baksteen voor de steenovens rond Leiden was vette klei. Vette klei krimpt behoorlijk bij het bakken, terwijl magere klei veel minder krimpt. Door nu het halfproduct, de vormling, kleiner te maken werd de krimp relatief ook kleiner, waardoor minder kans was op scheurvorming en dus minder kans op misbakfels. De oprichting in 1633 van een vereniging van eigenaren van steenovens, het latere steenbakkerijde van Rijnland, leidde als gevolg van productieafspraken tot verdere regulering van het baksteenformaat.<sup>76</sup> Vanuit de nationale overheid werden ook maten afgekondigd; de Staten van Holland vaardigden in 1645 een plakkaat uit waarin de maat van moppen, Leidse steen en IJsselsteen werd vastgelegd.<sup>77</sup>

Onderzoek naar formaatontwikkeling van baksteen in Leiden maakt deel uit van bouwhistorisch onderzoek uitgevoerd door de gemeente.<sup>78</sup> Uit dit recente bouwhistorisch onderzoek waarbij consequent informatie ten aanzien van baksteenmuurwerk wordt verzameld valt een algemeen actueel model te destilleren (zie bijlage 1, tabel 1 en schema 1 en 2).<sup>79</sup>

Datering	lengte	Breedte	dikte	10-lm + voeg
Eerste helft 13de eeuw	29-34	14-17	7,5-12	...-110
13de eeuw	28-31,5	14,5-15,5	7-7,5	...
Tweede helft 14de eeuw	20-24,5	9,5-12,5	5-6	60-68
15de eeuw	18,5-20	8,5-10	4-5	53-60
16de eeuw en eerste helft 17de eeuw	18-19,5	8-9,5	4-5	49-55
Na midden 17de eeuw	17-18,5	8,5-9	3,5-4	44-48
Na eerste kwart 18de eeuw	20-22,5	10-10,5	4-4,5	41-47
19de eeuw	18-22,5	8,5-11	4	44-49
Eind 19de eeuw	17,5-22,5	8,5-10,5	4,5-5	51-62
Eind 19de eeuw en 20ste eeuw	21,5	10,5	5,5	63

Tabel 1: ontwikkeling baksteenformaat (globaal, zie schema 1 en 2).



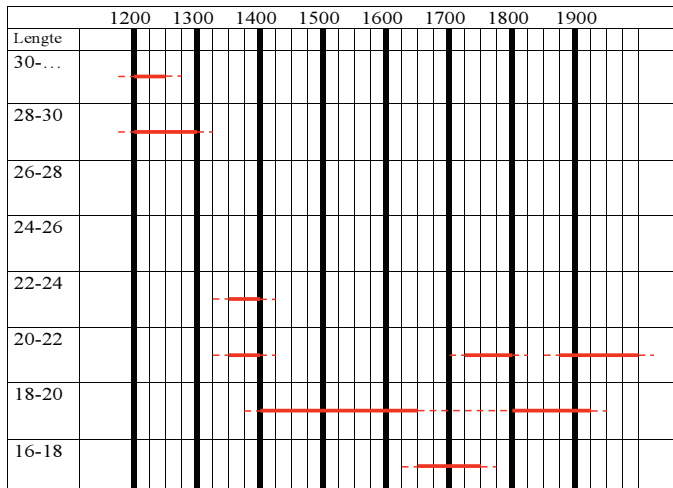
Vooral de harde dateringen uit dendrochronologisch onderzoek zijn daarbij zeer behulpzaam. Het model moet algemeen blijven omdat uit het schema duidelijk blijkt dat een consequente opeenvolging van verkleining niet heeft plaats gevonden, maar dat verschillende formaten naast elkaar werden gebruikt.<sup>80</sup> Een bevestiging van deze vaststelling is de al eerder genoemde Leidse keur uit 1527, die twee standaardformaten voorschrijft.<sup>81</sup> Ook is uit het onderzoek duidelijk geworden dat voor zichtbaar gevelwerk eerder voor kwalitatief betere stenen, zorgvuldig in verband, werd gekozen dan voor niet zichtbare gevels en binnenmuren.

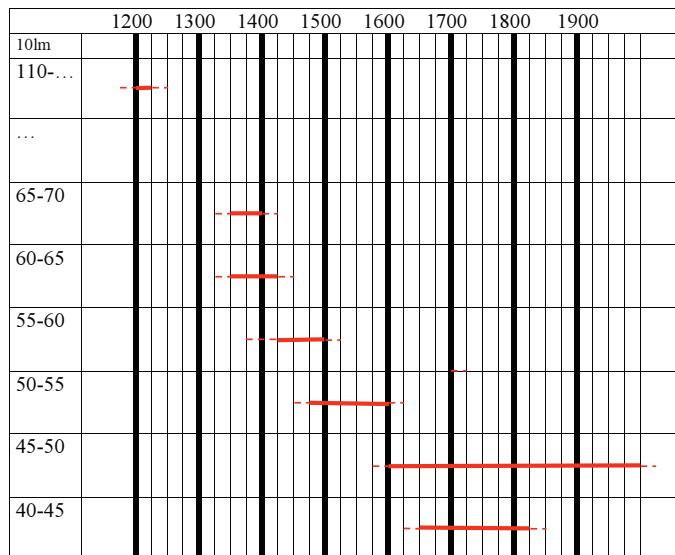
Over het algemeen kan worden vastgesteld dat in de eerste helft van de dertiende eeuw de grotere formaten werden toegepast.<sup>82</sup> In de loop van de dertiende eeuw verkleint het formaat iets (28-31,5 x 14,5-15,5 x 7-7,5, 10-lm=...). Een forse verkleining van bakstenen vindt plaats in de loop van de veertiende eeuw (20-24,5 x 9,5-12,5 x 5-6, 10-lm=60-68).<sup>83</sup> De baksteen verkleint iets verder tot omstreeks het midden van de vijftiende eeuw (18,5-20 x 8,5-10 x 4-5, 10-lm=53-60). In de bijbehorende tienlagenmaat lijkt een aanvullende ontwikkeling waarneembaar: omstreeks de eerste helft van de vijftiende eeuw ca. 60 cm, daarna in de tweede helft afnemend tot 53-55 cm (zie schema 2).

De gehele zestiende eeuw en de eerste helft van de zeventiende eeuw is een vrij kleine baksteen toegepast (18-19,5 x 8-9,5 x 4-5, 10-lm=50-55). Dit komt in grote lijnen overeen met de kleine steen van de keur uit 1527.<sup>84</sup> Na het midden van de zeventiende eeuw wordt de baksteen nog iets kleiner (17-18,5 x 8,5-9 x 3,5-4, 10-lm=44-48). Deze standaardisering houdt dus verband met de vereniging, het latere steenbakkerijgilde, en het plakkaat van de Staten van Holland in 1645. Er werd blijkaar volgens de afspraak gebakken, want bijvoorbeeld de bij onderzoek aangetroffen bakstenen van na het midden van de zeventiende eeuw komen overeen met de maten die van staatswege waren voorgeschreven (*Leidse steen*: 7 x 3,5 x 1,5 duim = 18,3 x 9,2 x 3,9 cm),

Na het eerste kwart van de achttiende eeuw valt weer een verlenging van de baksteen waar te nemen, bij een gelijk blijvende dikte (20-22,5 x 10-10,5 x 4-4,5, 10-lm=41-47). Er blijven natuurlijk uitzonderingen zoals de toepassing bij Rapenburg 23 van zeer kleine stenen (17-18 x 8,5 x 3,5-4, 10-lm=43). In de negentiende eeuw worden verschillende stenen door elkaar gebruikt (18-22,5 x 8,5-11 x 4, 10-lm=44-49). Aan het eind van de negentiende eeuw komen de verschillende formaten nog voor, maar wordt de steen weer iets dikker (17,5-22,5 x 8,5-10,5 x 4,5-5, 10-lm=51-62). De machinale producten krijgen dan de overhand waarbij het waalformaat (21,5 x 10,5 x 5,5, 10-lm=63) de voorkeur lijkt te genieten.

Schema 1: ontwikkeling lengte baksteen.





Schema 2: ontwikkeling tienlagen + voegmaat.

Uit het recente bouwhistorisch onderzoek valt te concluderen dat er tegelijkertijd verschillende formaten werden toegepast wat het hard dateren op basis van baksteenformaten in Leiden tot een moeizame zaak maakt.<sup>85</sup> Van belang bij onderzoek van muurwerk is dus niet alleen het formaat, maar ook de context, hoekoplossingen, metselmortel, mogelijk hergebruik, enz (zie bijlage 2). Hergebruik van materiaal was heel gewoon, omdat materiaal relatief duur was en arbeid goedkoop (afb. 5).<sup>86</sup>

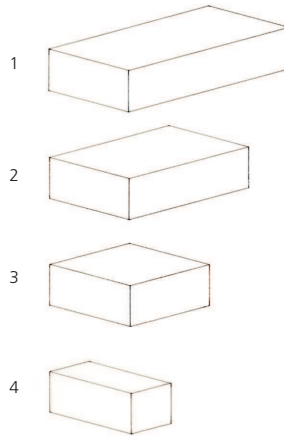


Afb. 5. Steenbickers, schilderij uit 1887 van Floris Verster (1861-1927), collectie Kröller-Müller (foto E. Orsel).

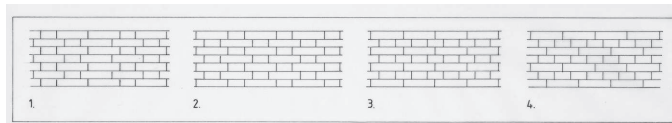
## Metselverband

Een normale baksteen kent een kenmerkende opbouw waarbij de lange zijde (strek), de korte zijde (kop) en de dikte zich ongeveer verhouden van 4 x 2 x 1 (de lange zijde 'strek' is twee keer zo lang als de korte zijde 'kop') (afb. 6). Deze verhouding hangt samen met het in verband kunnen metselen. Een baksteen is, vaak voor kenmerkende metselverbanden, verder onderverdeeld in een kwart steen 'klezoor' en een driekwart steen 'drieklezoor'. Een stapeling van bakstenen wordt verband genoemd, waarvan er vele zijn te onderkennen (afb. 7).<sup>87</sup>

Afb. 6. Baksteen, in zijn verschijningsvormen, 1: hele steen, 2: drieklezoor, 3: halve steen, en 4: klezoor (tekening E. Orsel)



Afb. 7. Metselverbanden, 1: Noor(d)s, 2: Vlaams, 3: staand en 4: kruis (tekening E. Orsel).



Het metselwerk van de gevels van woonhuizen is in Leiden over het algemeen één baksteenlengte dik –steens-, soms anderhalve steen. Het bouwen van relatief dunne muren komt waarschijnlijk voort uit een verbodsbepaling uitgevaardigd door de Graaf van Holland in 1351 en 1352.<sup>88</sup> In de steden Leiden, Dordrecht en Delft werd verboden om huizen te bouwen met een muurdikte eerst van twee stenen dik en later anderhalve steen dik.<sup>89</sup> Dit opgaande muurwerk gold als een gevaarlijke sterkte. Het was dan verboden een dergelijke sterkte te bouwen tenzij het door de graaf zelf was toegestaan. De stadsmuren waren natuurlijk dikker dan anderhalf of twee stenen. Daarin zijn zelfs als extra versterking zogenaamde kruislagen toegepast.<sup>90</sup> Dit zijn lagen diagonaal gelegde stenen die om de drie á vier lagen voorkomen (afb. 8). In Leiden werd in de zeventiende eeuw dit fenomeen 'haeij- ofte keperlagen' genoemd.<sup>91</sup>

De middeleeuwse huizen zijn in eerste instantie met eigen bouwmuren gebouwd. Vanuit de oudere houtbouwtraditie was het namelijk gewoon tussen huizen een strook vrij te laten, de zogenaamde osendrup, die dus bij het versteningsproces is blijven bestaan. De osendrup diende om regenwater tussen de huizen af te voeren, aangezien toen nog geen goten werden toegepast. Ook diende deze strook om, als een soort brandgang, brandoverslag tussen de huizen te voorkomen. In de middeleeuwse Leidse keuren was de breedte van de osendrup op zeven duim (18,3 cm) gesteld.<sup>92</sup> Als osendruppen of druipstroken tussen de huizen niet meer worden toegepast worden de zijmuren gemeenschappelijk (afb. 9). Dit valt duidelijk waar te nemen in de zeventiende-eeuwse uitbreidingswijken, waar geen osendruppen meer voorkomen.



Afb. 8. Haeij- ofte keperlagen, zoals voorkomen in de veertiende-eeuwse stadsmuur aan de oostzijde van de stad Leiden, bij de Koestraat (fotoarchief Bureau Monumenten en Archeologie, gemeente Leiden).



Afb. 9. De (dichtgemetselde) osendrup tussen Breestraat 17 en 19 te Leiden (foto E. Orsel).

De oudste metselverbanden zijn Noor(d)s en Vlaams verband (zie schema 3). Noor(d)s verband kenmerkt zich door een afwisseling per laag van twee strekken door een kop. Dit verband komt eigenlijk alleen voor in het noorden van Nederland en dan vooral bij muren uitgevoerd in kistwerk. Dit kistwerk bestaat uit een baksteen buiten- en binnenschil, met daartussen een soort beton met kalk en puin. Opvallend is dat het zeer vroege baksteenwerk van de toren van het Gravensteen, in het veel zuidelijker gelegen Leiden, ook is uitgevoerd in Noor(d)s verband (zie afb. 3). Dit vroege muurwerk van omstreeks 1200 blijkt ook kistwerk te zijn. Vlaams verband kent een afwisseling van kop en strek in de laag. Over het algemeen wordt aangenomen dat Vlaams verband in Nederland tot circa 1325 werd toegepast.<sup>93</sup> Vlaams verband is in Leiden ondermeer aangetroffen bij het als eerste kwart veertiende-

Afb. 10. Muurwerk in de opgraving aan de Steenschuur te Leiden in 2001, Vlaams verband, waarschijnlijk uit het eerste kwart van de veertiende eeuw (foto J. Dröge).



Schema 3: metselverbanden in de loop van de tijd.

	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
Verband								
Noor(d)s		---						
Vlaams		---						
Staan(d)			---				---	
Kruis				---				---

eeuws gedetermineerde muurwerk in de opgraving aan de Steenschuur en bij de waarschijnlijk eind dertiende-eeuwse kelder van Breestraat 113 (afb. 10).<sup>94</sup> Na het Noords en Vlaams verband wordt overgegaan op afwisselende koppen- en strekkenlagen. Het toegepaste metselverband is dan in het algemeen in eerste instantie staand verband (zie schema 3). Omstreeks het midden van de zestiende eeuw wordt in Nederland vervolgens het metselen in kruisverband gebruikelijk.<sup>95</sup> In Leiden wordt echter veel eerder overgegaan naar kruisverband. Een vroeg Leids voorbeeld is de ophoging van de toren van het Gravensteen uit 1463 (afb. 11).<sup>96</sup> Staand verband blijft wel gangbaar, zoals jonger vijftiende-eeuws metselwerk in staand verband van de Hooglandse kerk en de Pieterskerk aantoont (afb. 12).

Het kruisverband is dus in Leiden lange tijd dominant, maar kent een korte onderbreking voor de architectonisch zorgvuldige achttiende-eeuwse gevels in staand verband (zie schema 3). In de achttiende eeuw kwam er zoveel beheersing over het productieproces dat er in grote hoeveelheden goede vormvaste stenen konden worden gebakken, waarmee zeer strak metselwerk kon worden samengesteld. Dit metselwerk kenmerkt zich door zeer dunne lintvoegen en vrijwel geen stootvoegen. In deze periode lijkt daarnaast een voorkeur te bestaan voor het staand verband. Door specifiek te kiezen voor het regelmatige verband, het dunne voegwerk, een zeer strakke metselsteen en een hoge kwaliteit metselwerk werd bewust gestreefd naar een fraaie en hoogwaardige esthetiek en architectuur van de belangrijke (voor-)gevel van het gebouw, bijvoorbeeld Breestraat 125 in staand verband uit 1751 (afb. 13).<sup>97</sup> Sommige partijen steen lijken om deze reden speciaal gebakken, gezien de



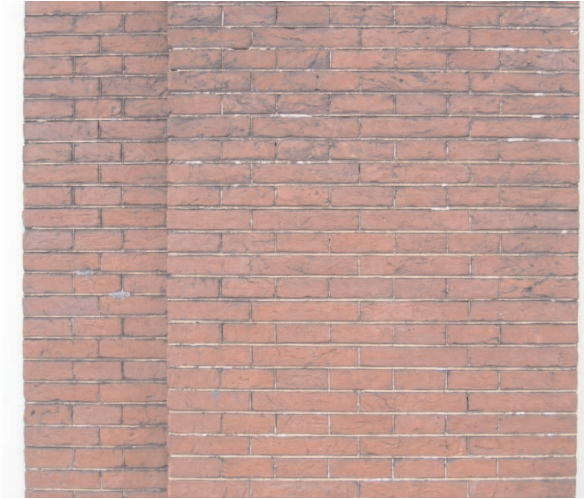
Afb. 11. Het Gravensteen te Leiden, kruisverband in de ophoging uit 1463 (



Afb. 12. De Pieterskerk te Leiden, staand verband op de noord-westhoek uit 1453-1473 (foto E. Orsel).

verschillende aangetroffen jaartalsteentjes, bijvoorbeeld Rapenburg 23 in kruisverband uit 1758 en Breestraat 19 in staand verband uit 1791 (afb. 14).<sup>98</sup> In deze steentjes is in de nog natte klei de datum en naam of initialen van de opdrachtgever(s) aangebracht. Soms werden de bakstenen zelfs voorzien van kraslijnen om de stenen exact uit te lijnen, bijvoorbeeld Nieuwe Rijn 12 uit 1790 (afb. 15). Deze gevelarchitectuur kent zijn hoogtepunt in de achttiende eeuw. In de negentiende eeuw is dan weer het metselen in kruisverband van toepassing. Later in de negentiende eeuw en de twintigste eeuw kwamen de machinale producten op en werd er in het kader van de verschillende nieuwe architectuurstromingen veelvuldig geëxperimenteerd met nieuwe baksteenvarianten en verbanden. Hiermee werd het einde van het traditionele metselwerk ingeluid.

Afb. 13. Breestraat 125 te Leiden uit 1751, hoge kwaliteit metselwerk met zeer strakke baksteen in staand verband en zeer dun voegwerk. De hoekoplossing is uitgevoerd met een drieklezoor (foto E. Orsel).



Afb. 14. Breestraat 19 te Leiden, gevelsteentje met inscriptie R:H:V: Kuffeler, 17 5/4 91 in de voorgevel uit 1791 (foto E. Orsel).



Afb. 15. Nieuwe Rijn 12 te Leiden uit 1790, op de strekken en koppen van dit zeer strakke metselwerk in kruisverband zijn verticale kraslijnen aanwezig, om de verticale voegen uit te kunnen lijnen. De hoekoplossing is uitgevoerd met een kopklezoor (foto E. Orsel).



## Hoekverband

Een opmerkelijk detail van de toegepaste metselverbanden is de hoekoplossing. In Nederland wordt over het algemeen aangenomen dat de hoekoplossing tot circa het tweede kwart van de achttiende eeuw uitgevoerd is met een kop en een klezoor, daarna wordt deze vervangen door de drieklezoor.<sup>99</sup> In de Middeleeuwen komen sporadisch wel drieklezoren voor, maar meer ad hoc.<sup>100</sup> Het hoekverband van het in Leiden dominante kruisverband is over het algemeen uitgevoerd met de kop-klezoor oplossing. Maar in tegenstelling tot de algemene



*Afb. 16 (links). Vijfde Binnenvestgracht 7 te Leiden uit 1588, met een drieklezoor als hoekoplossing (foto E. Orsel).*

*Afb. 17 (rechts). Rapenburg 129 te Leiden uit 1630, metselwerk met een kop-klezoor als hoekoplossing en een drieklezoor bij de vensteropeningen (foto E. Orsel).*

aanname in Nederland komt de drieklezoor in Leiden veel eerder voor en is de overgang niet zo eenduidig. Zo heeft het in kruisverband uitgevoerde metselwerk van het voormalige pesthuis van het Celrebroedersklooster aan de Vijfde Binnenvestgracht 7 uit 1588, drieklezoren op de gevelhoeken (afb. 16).<sup>101</sup> Het lijkt hier te gaan om een zeer vroeg voorbeeld in Nederland van de consequente toepassing van drieklezoren in kruisverband. In de zeventiende eeuw komt de drieklezoor zelfs algemeen naast de klezoor voor, vroege voorbeelden zijn Pieterskerkgracht 9 uit 1620 en Rapenburg 129 uit 1630 (afb. 17). De kop-klezoor beëindiging wordt voor de hoek van de gevel toegepast en de drieklezoor bij de vensteropeningen. Dit vindt waarschijnlijk zijn oorsprong in de penantbreedte in het gevelontwerp. In deze periode werden onder invloed van de Renaissance en de daaruit voortvloeiende architectuurtraktaten gevelmodellen volgens een bepaalde verhouding



*Afb. 18. Kloksteeg 21 te Leiden, het Pesijnshof uit 1683, traditioneel metselwerk met een kop-klezoor als hoekoplossing (foto E. Orsel).*



ontworpen, waarbij de architecten vaak nog uit het bouwvak afkomstig waren.<sup>102</sup> Een voorbeeld dat dit bevestigt is het gevelmetselwerk van het Pesijnshofje, Kloksteeg 21 uit 1683 (afb. 18 en 19). Het hofje wordt betreden via een poortgebouw, waarvan de hoekoplossingen van de architectonisch belangrijke voor- en achtergevel hetzij uitgevoerd zijn met een klezoor, hetzij met een drieklezoor. De keuze wordt bepaald door de ontworpen breedte van de gevelopeningen. De tuingevels van de meer ondergeschikte hofjeswoningen zijn geheel uitgevoerd met klezoren. Concluderend kan gesteld worden dat bij de gevels van het poortgebouw de architectuur dwingend is. Het metselwerk is volgend, waardoor de metselaar oplossingen voor het hoekverband moet zoeken. Het gevolg is dat hoekverbanden inconsequent worden uitgevoerd met klezoor of drieklezoor. De tuingevels van de woning zijn traditioneler qua opzet, waarbij de baksteenmaat en het hoekverband met klezoor leidend zijn geweest voor de gevelopeningen.

Afb. 19 (rechts). Kloksteeg 21 te Leiden, het Pesijnshof uit 1683, metselwerk met een kopklezoor en een drieklezoor als hoekoplossing (foto E. Orsel).



Mogelijkerwijs hangt de introductie van de consequente toepassing van de drieklezoor in Leiden samen met de komst na het ontzet van 1574 van immigranten uit de zuidelijke Nederlanden, voornamelijk verdreven door de Reformatie. Onder deze immigranten bevonden zich wellicht enkele 'architecten' of steenbakkers, die kennis hadden van de moderne renaissance-ontwerpmethodiek of de toepassing van de drieklezoor.<sup>103</sup>



*Afb. 20. Rapenburg 65 te Leiden uit 1749 met een drieklezoer als hoekoplossing (foto E. Orsel).*

In het midden van de achttiende eeuw, met Rapenburg 65 uit 1749 als vroegste voorbeeld, verdwijnt de klezoer (afb. 20). Een late toepassing van een kop-klezoer hoekbeëindiging is Nieuwe Rijn 12 uit 1790 (afb. 13). Overigens komen bij vensteropeningen of andere beëindigingen ook afwijkende oplossingen voor zoals klezoren tegen de dagkant, bijvoorbeeld Rapenburg 8 uit 1668-1670, Rapenburg 25 uit 1654 en Papengracht 16 uit 1640 (met ook drieklezoren) (afb. 21). Met het definitief toepassen van drieklezoren in plaats van klezoren wordt het eindstadium bereikt van de ontwikkeling van de hoekverbanden in metselwerk in ambachtelijk gevormde baksteen.



*Afb. 21. Rapenburg 8 te Leiden uit 1668-1670 met een kop-klezoer oplossing bij de gevelbeëindiging (links) en een klezoer beëindiging tegen een kozijn (rechts) (foto E. Orsel).*

## Afsluiting

Baksteen lijkt in Holland als bouw materiaal tot ontwikkeling te komen omstreeks 1200. De Graaf van Holland zal rond 1200 met het Gravensteen in Leiden één van de eerste bakstenen gebouwen in deze regio hebben gebouwd. De keuze van de machthebber voor baksteen zal heel bewust zijn gemaakt vanwege het statusverhogende effect.

Baksteen was een lokaal vervaardigd product, dat een goed alternatief was voor het dure importproduct natuursteen. Het was tevens brandveilig zodat het gebruik door het stadsbestuur door allerlei regels werd gestimuleerd, bijvoorbeeld al in een Leidse keur uit 1450 waarin stenen gevels verplicht werden.

De vroegste bakstenen waren zeer groot. Al snel verkleinden de baksteenformaten vanwege snellere en goedkopere productie, kwaliteitsverbetering, betere handzaamheid en betere geschiktheid voor de dunne muren van stadshuizen. Ook zorgden regelgeving van overheidswege en afspraken onder de baksteenproducenten voor verkleining en regulering van de baksteenformaten. Dat de steenovens rond Leiden in private handen waren kan een specifieke reden zijn voor de snelle verkleining van baksteen rond Leiden. De overheid probeerde de maat te reguleren, maar had enkel indirecte invloed. Een andere voor Leiden specifieke reden kan de vette klei als grondstof zijn geweest. Deze leidt bij bakken tot grote krimp en daardoor tot veel misbaksels. Dit wordt bij verkleining van het formaat beperkt. Aan de hand van de formaatontwikkeling kan globaal de baksteen worden gedateerd. Voor Leiden, waar het verkleiningsproces zeer snel is gegaan, is, aan de hand van consequent verzamelde gegevens tijdens bouwhistorisch onderzoek, een voorlopige ontwikkeling van de baksteenformaten samengesteld. Ook het verband, maar ook de metselmortel geeft een indicatie voor de leeftijd.

Leiden, met zijn snelle verkleining van het formaat, kent daarbij ook een afwijkende ontwikkeling in verbanden (zie schema 1, 2 en 3). Zo komt rond 1200 het Noor(d)s verband voor, dat normaal gesproken niet in deze regio voorkomt. Het Vlaams verband komt in ieder geval voor tot het midden van de dertiende eeuw. In Nederland loopt het door tot ongeveer 1325. Het Vlaams verband wordt dan afgewisseld met het staand verband. Dit loopt dan zeker door tot laat in de vijftiende eeuw. Over het algemeen wordt in Nederland het staand verband omstreeks het midden van de zestiende eeuw afgewisseld door kruisverband. In Leiden komt echter al in 1463 kruisverband voor en het is in de zestiende eeuw en later het meest voorkomende verband. Wel is er in de achttiende eeuw nog een opleving van het staand verband voor gevels met zeer strak en precies metselwerk.

Ook in het hoekverband kent Leiden opmerkelijke fenomenen. Vooral de vroege opkomst, tweede helft van de zestiende eeuw, van de drieklezoor in kruisverband, evenals het tegelijk voorkomen van klezoren en drieklezoren vallen op. Waarschijnlijk kan dit verklaard worden door de opkomst van architectuurmodellen en traktaten. Het ontwerp bepaalde de gevelvorm en het verband was volgend.

Op basis van context, formaat, metselverband en toegepaste mortel kan de bouwhistoricus in Leiden metselwerk determineren en kan een indicatie van de leeftijd van het betreffende stuk muur worden gegeven, met de belangrijke kanttekening dat tegelijkertijd verschillende formaten werden toegepast. Daarbij zijn hoekverbanden en bouwsporen (verstoringen en afwijkingen) van groot belang om de bouwgeschiedenis te kunnen duiden.

### Bijlage 1. Metselwerk in Leiden, gedateerd

Datering	Lengte	Breedte	Hoogte	10-lm + v	verband	Gebouw, onderdeel
ca 1200	29/32	14/15.5	10/12	110	noords	Gravensteen, toren
ca 1204	30/32	15/16	7.5/8.5			Burcht
XIII a	34	17	8.5			Breestraat 113, voorkelder
XIII B (1306 d?)	30.5/31.5	14.5/15.5	7/7.5		vlaams	Breestraat 113, achterkelder
Ca 1300	29/31	14/16	7/7.5	87		Pieterskerkhof 40, voorbouw
ca. 1347-1355	20/22	9/9.5	4/5			Stadsmuur Koestraat
1366 ± 6 (d)	19.5/20.5	9/10	4.5/5	54/57		Breestraat 19
XIV c, ca. 1370	23/24	11/12	5/6	64-68	staand	Hooglandsekerk, toren
1383 (d)	23/24.5	10/11.5	5/6	62/64.5	Staan/wild	Pieterskerkhof 40, achterbouw
1385 ± 6 (d)	23/24.5	11/12.5	5/6	65/67		Hooigracht 62
1392	20/22	11/12	5/5.5	60-64	staand	Hooglandsekerk, schip
1392	23	11	5		staand	Pieterskerk kooromgang
1393 ± 6 (d)	22	10.5/11.5	5/5.5	61	kruis (?)	Breestraat 123
ca. 1400	20/20.5	9.5/10	4/4.5	54		Steenshuur 14, voorhuis
1402	21.5/22	9.5/10	5	61		Breestraat 62, Waalse kerk
1412	22	11	5		staand	Pieterskerk, hoogkoor
1417-1428	19	9	4.5		staand	Pieterskerk, driebeukig schip
1434 (d)	20.5/21	10/10.5	5/5.5	60/64		Nieuwstraat 15
1450 (d)	19.5/20	...	4/4.5			Rapenburg 43
1453-1473	19	9	4.5		staand	Pieterskerk, vijfbeukig schip
1463	18.5/19	8.5/9	4.5/5	60	kruis	Pieterskerkhof 6
1473 (d)	20	10	5	59-60	staand	Hooglandsekerk, kooromgang
1478 (d)	19.5/20	9.5/10	4.5/5	55-58		Hooglandsekerk, hoogkoor
1488-1500 (d)	19/20	9.5/10	4.5/5	53	staand	Steenshuur 11, achterhuis
1490 (d)	19.5	9.5	4.5/5	53-57	staand	Hooglandsekerk, transept noord en zuid
ca. 1500	19	9	4.5			Pieterskerk, transept, onvolt.
1539 (d)	18	9	4			Pieterskerk, transepten
1544 (d)	18	9	4/4.5	50-52		Hooglandsekerk, schip, onvolt.
1588 (d)	18/19	8.5/9	4/4.5	49	kruis	5de Binnenvestgracht 7
1585 (d)	18/19.5	8/8.5/9	4/4.5			Oude Rijn 166
1592 (d)	18.5/19	8.5/9	5	54		Herensteeg 15
1608	19	9	4.5/5	55		Groenesteeg 14
1630	18.5/19.5	9/9.5	4	46.5	kruis	Rapenburg 129
1640	18.5	8.5/9	4.5	47.5	kruis	Papengracht 16
1645	18.5/19	8.5/9	4/4.5	48	kruis	Pieterskerkhof 13
1645/1651	18	8.5/9	4/4.5	48	kruis	Rapenburg 36
1654	18.5	8.5/9	3.5/4	44.5	kruis	Rapenburg 25
1656	17.5/18	8	4	44.5	staand	Rapenburg 45
1660	18	8.5/9	4	46	kruis	Herengracht 82
1668/1670	17.5/18	8.5	4	44	kruis	Rapenburg 8

Datering	Lengte	Breedte	Hoogte	10-lm + v	verband	Gebouw, onderdeel
1683	17/18	8.5	4	45	kruis	Kloksteeg 21
1724	18	9	4	45	staand	Rapenburg 12
1727/28	20.5/21.5	10.5	4.5	47	staand	Rapenburg 27
1749	22/22.5	10.5	4	44	staand	Rapenburg 65
1749	20.5/21	10/10.5	4	44	kruis	Rapenburg 24
1751	21.5/22	10/10.5	4	46	staand	Breestraat 125
1752	20.5/21	10/10.5	4	45	staand	Rapenburg 19
1758	17/18	8/8.5	3.5/4	43	kruis	Rapenburg 23
1760	21	10/10.5	4	43.5	staand	Rapenburg 67
1768	21/21.5	11	4	41	staand	Breestraat 24
1772	18/19	9	4	47	staand	Oude Singel 52
1774	21/21.5	10/10.5	4	41.5	staand	Hooglandsekerkgracht 17
1790	18/18.5	8.5/9	4/4.5	41	kruis	Nieuwe Rijn 12
1791	20/20.5	10.5	4	45.5	staand	Breestraat 19
1808	18	8.5/9	4	44.5	kruis	Raamsteeg 19 - 29
1823	22/23.5	10/11.5	4	45	kruis	Pieterskerkstraat 1
1827	18	8.5/9	4	44	kruis	Kaarsemakerstraat 7-121
1838	19.5/20	9.5/10	4	46		Haarlemmerstraat 106
1852	18	8.5	4	49	kruis	Middelweg 38

## Bijlage 2

### Mortel

Metselwerk bestaat naast de baksteen uit mortel voor de binding.<sup>104</sup> De mortel wordt ook gebruikt voor het voegwerk. Met betrekking tot voegwerk kan worden aangestipt dat het ambachtelijke metselwerk met kalkmortel niet werd nagevoegd maar de voeg werd gevormd van de uitkomende metselmortel. Het voordeel was dat de voeg één geheel vormde met het metselwerk. Naderhand kwam steeds meer het navoegen op, waarbij eerst wordt gemetseld en daarna wordt afgevoegd met nieuwe mortel.

Vanaf de herintroductie van de baksteen rond 1200 werd metselwerk opgetrokken met, door toeslagen als zand en baksteengruis verschaalde, kalkmortel, al dan niet met tras. Metselwerk met leemmortel bestond ook, maar kende een beperkte verspreiding. Het voordeel van de kalkmortel is de flexibiliteit, waardoor het metselwerk zettingen kan opnemen zonder te scheuren. De kalk kan op twee manieren verkregen worden, uit schelpen en uit kalksteen.<sup>105</sup> Dit levert respectievelijk de schelpkalk en de steenkalk. De kalkmortels harden uit door inwerking van koolzuur uit de lucht.<sup>106</sup> In Leiden werd ook kalk geproduceerd. Dit werd waarschijnlijk gebrand van schelpen die te Katwijk aan de kust werden gewonnen. In 1469 wordt al 'Leyts kalcx' gebruikt aan de Dom te Utrecht.<sup>107</sup> Steenkalk moet vanuit Dordrecht worden aangevoerd.<sup>108</sup>

Voor de productie van schelpkalk werden schelpen en turf samen in een oven gebrand op een temperatuur van 900 tot 1200 °C.<sup>109</sup> Hierbij verdwijnt het koolzuur uit de schelp en blijft calciumoxide als hoofdbestanddeel over. Na verwijdering uit de oven, worden de 'gare' schelpen geblust met een precies bepaalde hoeveelheid water. Een chemische reactie zorgt ervoor dat de schelpen tot ongeblust kalkpoeder uiteenvallen.

Naast deze twee soorten kalk bestond er ook het cement.<sup>110</sup> Dit cement, ook bekend als tras, is gemalen tufsteen en heeft als voordeel zijn hydraulische werking. Dit betekent dat het verhard in aanraking met water. In de zeventiende eeuw verliep de trashandel vrijwel volledig via Dordrecht.<sup>111</sup> In het einde van de achttiende eeuw werd dit monopolie doorbroken en kwamen er ook andere handelaren op de markt.<sup>112</sup> Dit had als gevolg dat de prijzen daalden, maar dat ook de kwaliteit achteruitging. Om niet meer afhankelijk te zijn van het tufsteen uit Duitsland, werd er in de achttiende eeuw gezocht naar alternatieven.<sup>113</sup> In Nederland werd dit gevonden in het "Amsterdams" cement, waarop in 1789 octrooi werd verleend. Dit is een rode hydraulisch cement verkregen uit klei opgemalen uit het Amsterdams IJ.<sup>114</sup> Door omstandigheden komt de fabriek niet van de grond, totdat de Utrechtse cementhandelaar Cazius in 1810 het recht verwerft om de klei uit het IJ te mogen branden, waarna het "Amsterdams" cement ook bekend staat als "Cazius" cement.<sup>115</sup>

De zoektocht naar nieuwe producten gaat door en tussen 1820 en 1850 wordt het zogenaamde portlandcement ontwikkeld.<sup>116</sup> Dit is het resultaat van meer wetenschappelijk onderzoek door vele onderzoekers. In 1824 verkrijgt J. Aspdin uit Leeds octrooi op een hydraulisch bindmiddel, vervaardigd door het bij hoge temperatuur branden van een mengsel van klei en kalk, wat hij Portlandcement noemt.<sup>117</sup> Dit nieuwe industrieel te vervaardigen product was een zeer hard uithardend materiaal dat werd gezien als een uitstekende vervanger van kalkmortels.<sup>118</sup> Het wordt tot op heden gebruikt als mortel voor baksteenmuren. Van het Portlandcement kan onder andere ook beton worden gemaakt. Een nadeel ten opzichte van kalkmortels van de metsel- en voegmortels van Portlandcement is opvallend genoeg de hardheid. Muren opgetrokken met kalkmortels kunnen zettingen opnemen, muren met portlandcement kunnen dat niet en scheuren. Voegwerk van portlandcement zijn ook hard, vaak harder dan de steen, waarbij door vorst en zouten schade aan de steen ontstaat. Voegwerk van kalkmortel komt veel meer overeen met de eigenschappen van de steen, waardoor de genoemde schade niet ontstaat.

## Voetnoten

- 1 De basis van deze publicatie is een in 2006 gehouden lezing in het kader van het congres "The Second International Congress on Construction in Cambridge. De lezing is als artikel verschenen in de congresbundel; Orsel, E D, 2006, "Brickwork in Leiden, a Survey of Sixteenth and Seventeenth Century Characteristics", Proceedings of The Second International Congress on Construction History, volume 3, Cambridge, p. 2379-2394.
- 2 Een woord van dank gaat uit naar Jan Dröge, Maarten Enderman, Jan van der Hoeve, Hein Hundertmark, Roos van Oosten, Albert Reinstra, Jos van Rooden, Mirka Turzyniecka-Orsel, Gabri van Tussenbroek, Dirk de Vries en Jori Zijlmans voor het tot stand komen van deze publicatie.
- 3 Deze publicatie is het resultaat van de huidige stand van onderzoek. Toekomstig bouwhistorisch onderzoek kan het beeld uiteraard verfijnen en bijstellen.
- 4 Ten behoeve van de leesbaarheid zal een consequente schrijfwijze van de baksteen worden gehanteerd, te weten: lengte x breedte x dikte en de tienlagenmaat + voeg, in centimeters, bijvoorbeeld: 20 x 10 x 5, 10-1m=55.
- 5 Voskuil, p. 16-20.
- 6 Renaud, p. 21 en 22, Vlist, p. 32 en Orsel, 2007, p. 11-23. Recent bouwhistorisch onderzoek door de auteur heeft uitgezonden dat de midden twaalfde-eeuwse datering betrekking heeft op de oudste geheel tufstenen fase van de ringmuur. Deze tufstenen ringmuur is ingepakt in de huidige ringmuur waarvan een deel in baksteen is uitgevoerd. De datering hiervoor zal, op basis van het gebruikte baksteenformaat, rond 1200 liggen.
- 7 Berends, 1989, p. 1-5.
- 8 Arntz, 1954, p. 23-28 en Pittaluga, p. 380, de Romeinse baksteen kent een ander formaat (lang en plat) dan de middeleeuwse steen (korter en dikker).
- 9 Hoeve, 2005, p. 125-138.
- 10 Berends, 1989, p. 1.
- 11 Vermeer, p. 62.
- 12 Holst, p. 11-13, Trummer, p. 77-88 en Campbell, p. 96.
- 13 Holst, p. 22. Ook tufsteen zal bewust zijn toegepast om daarmee een hoge ouderdom te suggereren en zodoende status te verlenen. Hiervan zijn in Utrecht twee voorbeelden aangetroffen, de prominente nieuwe zuidgevel in tufsteen van de oostelijke kloostervleugel in baksteen van de voormalige Paulusabdij Hamburgerstraat 28 uit 1253 en een immunitetshuis bij de Janskerk, waarschijnlijk uit de dertiende eeuw (mondelinge mededeling H. Hundertmark).
- 14 Holst 2005, p. 12 en 13 en Schumann, p. 298-317.
- 15 Orsel, 2007, p. 11-15.
- 16 Dolfin, p. 431, bakstenen met een dikte van 9 à 10 cm (lengte 29 à 34 cm) worden daar in het eind van de twaalfde eeuw gedateerd. Het zou dan gaan om zorgvuldig en glad afgewerkte stenen.
- 17 Bakker, p. 51 en 52, de bakstenen in de kelder van het Huis Rodenburgh, Oudegracht 218 te Utrecht van rond 1200 meten 32 x 16 x 10 cm en zijn gemetseld in Vlaams verband.
- 18 Campbell, p. 94-99 en Schuman, p. 298-317. Noord Europa ligt meer voor de hand, aangezien daar overeenkomstige formaten voorkomen. Een enigszins met het Gravensteen overeenkomstig formaat komt bijvoorbeeld voor aan het vroeg dertiende-eeuwse westwerk van de kloosterkerk te Jerichow (28/30,5 x 13/14,5 x 8,5/10, Schuman, p. 306, tabel 5, nr. 10. In noord Italië komt de dikte van de steen niet boven de 9 cm, Pittaluga, p. 371, tabel 1 en p. 386.
- 19 Holst, p. 12 en 13.
- 20 Hundertmark, p. 44.
- 21 Voskuil, p. 48 en 49 en Kolman, p. 30-31.
- 22 Voskuil, p. 48.
- 23 Voskuil, p. 49 en 50.
- 24 Oosten, p. 36 en 37.
- 25 Hollestelle, p. 112.
- 26 Staal, p. 2.
- 27 Oosten, p. 32 en 36. Dit type "Hollandse" oven (open veldoven) heeft een capaciteit tussen 350.000 en 450.000 stenen; Janssen, 1987, p. 115.
- 28 Hoeve, 2000, 85-88. Het vervaardigen van een dergelijk product wordt hier kort beschreven, zonder uitgebreid op het productieproces in te gaan.
- 29 Janssen, 1987, p.29.
- 30 Janssen, 1987, p.29.
- 31 Janssen, 1987, p.29.
- 32 Door de industrialisatie na omstreeks 1870 werd het productieproces verbeterd. Het mengen en vormen gebeurde nu door machines, waarna werd afgebakken in sterk verbeterde ovens. Hierdoor verkreeg het machinale product een zeer constante kwaliteit. Een dergelijke baksteenindustrie heeft zich in de omgeving van Leiden niet meer ontwikkeld.
- 33 Hollestelle, p. 232.
- 34 Hollestelle, p. 249 en 250.
- 35 Oosten, p. 34.
- 36 Berends, 1990, p. 76.
- 37 Annema, p. 89, 261-262 en 321-329, de Leidse drieling is 8 duym lanck, 4 duym breed en 2 duym dik. Bommenee gebruikt over het algemeen de Middelburgse voet. De drieling is dan ongeveer 20 x 10 x 5 cm
- 38 Gawronski, p. 17: Wagenaar, 1765, de Leidse steen zou zeveneneenvierde duim lang, drieenvijfachtste duim breed en eenenvierzevende duim dik zijn (18,6 x 9,3 x 4 cm).
- 39 Janse, 1989, p. 1.
- 40 Janssen, 1987, p. 31 en 33.
- 41 Janssen, 1987, p. 33.
- 42 Hollestelle, p. 55.

- 43 Nader systematisch interdisciplinair (archeologisch, bouwhistorisch en archivalisch) onderzoek zou hierin duidelijkheid kunnen brengen.
- 44 Raue, p. 6 en 22, het is onbekend waar Raue deze term op heeft gebaseerd.
- 45 Raue, p. 22 en 23.
- 46 Hollestelle, p. 112.
- 47 Haslinghuis, p. 380.
- 48 Gemeenlandshuis aan de Hoogstraat 11 te Maassluis, voor- en achtergevel opgetrokken in oranje baksteen met natuurstenen elementen. Bouwhistorische opname door E.D. Orsel, maart 2007. Het sterk gerestaureerde metselwerk bestaat uit steen van het formaat 18,5/19 x 9 x 4 en 10-11 van 48/49 cm. De voorgevel heeft klezoren op de gevelhoeken en drieklezoren bij de vensters. De achtergevel heeft koppen op de gevelhoeken en drieklezoren bij de vensters.
- 49 Campbell, p. 190 en 191, Lynch, p.43 en Vries, 2006, p. 9. Bakstenen voor geslepen werk werden op een lage temperatuur gebakken, zo tussen de 800 en 950 graden celcius.
- 50 Hoeve 2005, p. 130 en 131. Het formaat van de vroege stenen varieert, maar ligt zo om en nabij 30 x 15 x 8/9
- 51 Haslinghuis, p. 496 en 497. Rond Leiden werd als standaard de Rijnlandse voet (31,39 cm) gehanteerd. Andere voorbeelden zijn de Amsterdamse voet (28,31 cm), Bossche voet (27,7-28,7 cm), Utrechtse voet (26,8 cm) en de Romeinse voet (29,4-29,7 cm).
- 52 Campbell, p. 94 en 96, dat de ongeschiktheid van de grondstof voor het maken van dunne baksteen volgens Romeins model reden zou zijn voor de dikke steen, wordt door Campbell verworpen. Een reden voor de keuze voor het dikkere en kortere middeleeuwse model in plaats van het dunne en lange Romeinse model zou de betere handelbaarheid kunnen zijn, Pittaluga, p. 381 en 383.
- 53 Janse, 1980, p. 12 en Janse, 1989, p. 1.
- 54 Mededeling Gabri van Tussenbroek.
- 55 Hollestelle gaat uitgebreid in op de oorzaken van de verkleining; Hollestelle, p. 77-95.
- 56 Al eerder is door Berends in 1989 een verkennend baksteenontwikkelingsmodel opgesteld op basis van bekende voorbeelden en archiefvermeldingen, Berends, 1989, p. 1-5.
- 57 Kolman, p. 30.
- 58 Meischke, 1969, p. 109.
- 59 Meischke, 1988, p. 240.
- 60 In een keur uit 1545 worden voor het eerst pannen genoemd, Meischke 1988, p. 233 en 234.
- 61 Meyer, p. VIII en 2.
- 62 Hollestelle, p. 77-95.
- 63 Orsel, 2007, p. 118 en 119.
- 64 Orsel, 2007, p. 120-133.
- 65 Hollestelle, p. 82.
- 66 Berends, 1989, p. 02-4 en Hollestelle, p. 83 en 89.
- 67 Respectievelijk 21,6 x 10,7 x 5,5 en 18,9 x 8,6 x 3,5 cm, Hollestelle, p. 89. In Leiden werd als standaard de Rijnlandse voet (31,39 cm) gehanteerd. De voet bestaat uit twaalf duim; 1 duim is 2,62 cm, Haslinghuis, p. 496 en 497.
- 68 Afmetingen standaardvormen 23,5 x 11,5 x 5,75 en 20 x 9,75 x 4,75 cm, datering onbekend. Indien rekening wordt gehouden met krimp tijdens drogen en bakken leidt levert dat stenen op die overeenkomen met die in de keur van 1527, zie voorgaande noot en Hollestelle, p. 83 en 89. De standaardvormen dienden ter controle van de vormbakken van de steenovens.
- 69 Berends, 1989, p. 02-4.
- 70 Berends 1989, p. 4.
- 71 Hollestelle, p. 90.
- 72 Oosten, p. 36.
- 73 Vries, 1994, p. 73, Deventer en Zwolle hadden beide stedelijke steenovens (tichelwerk). Dit had een stabiliserende en prijsdrukkende werking op de kostprijs van de baksteen.
- 74 Hollestelle, p. 82 en Bitter, p. 42. Stenen werden per stuk verhandeld. Illustratief hierbij is dat vaak straffen als steenboetes door het stadsbestuur werden opgelegd (Tussenbroek, p. 5). Een persoon moest dan een bepaald aantal stenen leveren voor de bouw van de stadsmuur. Voor de burger was natuurlijk een bepaald aantal kleinere stenen goedkoper dan grotere stenen. Voor het stadsbestuur was het echter minder aantrekkelijk, omdat voor dezelfde stadsmuur meer stenen nodig waren.
- 75 Hollestelle, p. 79.
- 76 Hollestelle, p. 249 en 250.
- 77 moppen: 10 x 5 x 2,5 duim (26,2 x 13,1 x 6,5 cm), Leidse steen: 7 x 3,5 x 1,5 duim (18,3 x 9,2 x 3,9 cm) en IJsselsteen: 6,5 x 3,25 x . duim (17 x 8,5 x . cm), Hollestelle, p. 249 en 254.
- 78 Tot voor kort was de ontwikkeling van de baksteenformaten in Leiden, afgezien van enkele aanzetten, nog niet systematisch in kaart gebracht Tijdens een archeologische opgraving van het KOL-terrein aan de Steenschuur te Leiden heeft Koos Steehouwer een nieuw theoretisch model voor de baksteenformaantwikkeling geconstrueerd met een groot aantal aannames. Overigens past de formaantontwikkeling zoals door Berends eerder is vastgesteld binnen deze ontwikkeling. Voor een ouder overzicht van Zuid-Holland Kuile, p. 96-99.
- 79 Zie bijgevoegde tabel en schema van gedateerde baksteenformaten. Dank gaat daarbij uit naar Hein Hundertmark die de eerste aanzet heeft gegeven met het beschikbaar stellen van zijn gegevens en naar Jos van Rooden die ook een eerste verzameling gegevens heeft bijeengebracht. In deze publicatie zal, vanwege het ontbreken van een duidelijk beeld, niet nader worden ingegaan op de kleurnuances van de onderzochte voorbeelden.
- 80 Ook vanuit andere plaatsen is bekend dat tegelijkertijd meerdere formaten gebruikt werden, Berends 1989, p. 4 en 5. en Vries, 1994, p. 73. Zo is van Alkmaar, Amsterdam, Den Bosch, Nijmegen, Utrecht en Zaltbommel een overzicht van de baksteenformaten gemaakt, Respectievelijk Bitter, Gawronski, Janssen 1986, Peterse, Dolfin en Tussenbroek.
- 81 Hollestelle, p. 89.



- <sup>82</sup> Overigens is in Duitsland bij bouwhistorisch onderzoek geconstateerd dat de vroegste bakstenen in de twaalfde eeuw eerst dun (ca 7-7,5 cm) waren, om in het begin van de dertiende eeuw dikker te worden (ca 10 cm), Schuman, p. 300. Dit is in Leiden (nog) niet waargenomen, mede door gebrek aan voldoende voorbeelden. In Utrecht is geconstateerd dat de vroegste bakstenen ook de dikste zijn, maar dan wel heel zorgvuldig (glad en hoekig) geproduceerd, Dolfin, p. 431. Ook hier naar kan wegens gebrek aan voorbeelden in Leiden (nog) weinig onderzoek worden verricht.
- <sup>83</sup> Opvallend is de toepassing van al zeer 'kleine en dunne' bakstenen aan de stadsmuur aan de Koestraat van ca 1347-1355 en het huis Breestraat 19 uit 1366 (+ 6 jr, d). Mogelijk zijn de bakstenen aan de Koestraat een latere herstelling en de dendrochronologische datering kan betrekking hebben op een houten huis dat later is voorzien van stenen muren.
- <sup>84</sup> 18,9 x 8,6 x 3,5 cm, Hollestelle, p. 89.
- <sup>85</sup> in baksteen-publicaties over Alkmaar en Amsterdam doen de auteurs deze constatering ook; respectievelijk Bitter en Gawronski. In Alkmaar is het beeld zeer divers. In Amsterdam is een poging gedaan de verschillende maten in één periode te benoemen. Daarentegen is in 's-Hertogenbosch een zeer evenwichtige afname in baksteenformaat geconstateerd; Janssen, 1986, p. 77.
- <sup>86</sup> Meyer, p. 37.
- <sup>87</sup> Berends 1989, p. 2 en 3 en Hoeve, 2000, p. 89-92.
- <sup>88</sup> Janssen, 1996, p. 16 en 17.
- <sup>89</sup> Uitgaande van een dan in Leiden gebruikelijke steen van 20-25 cm lengte was een twee steens muur 40 tot 50 cm dik en een anderhalf steens muur 30 tot 37,5 cm. Dit lijkt erg dun. Het kan zijn dat stenen van een langere lengte tot 30 cm was bedoeld. Dan is het nog een relatief beperkte dikte, 60 cm voor een twee steens muur en 45 cm voor een anderhalf steens muur.
- <sup>90</sup> Gruben, p. 8 en 9. De kruislagen zijn aangetroffen in de veertiende-eeuwse stadsmuur aan de oostzijde van de oude binnenstad van Leiden. Verondersteld wordt dat deze toepassing iets te maken heeft met de gewenste sterkte van een dergelijke stadsmuur.
- <sup>91</sup> Gruben, p. 1.
- <sup>92</sup> Meischke, 1988, p. 212.
- <sup>93</sup> Berends, 1989, p. 3.
- <sup>94</sup> Dolmans, p. 271 en Droge p.4.
- <sup>95</sup> Staal, p. 15.
- <sup>96</sup> Breestraat 123, dendrodatering 1393 +- 6 jr, lijkt ook al deels te zijn uitgevoerd in een soort kruisverband. Dit lijkt echter op toeval te berusten.
- <sup>97</sup> Kamphuis, p. 78 en 79.
- <sup>98</sup> Voorbeelden zijn Breestraat 19 (1791), Doelensteeg 8 (1783), Oude Singel 52 (1772), Rapenburg 23 (1758) en Rapenburg 24 (1749).
- <sup>99</sup> Hoeve, 2000, p. 90.
- <sup>100</sup> Bijvoorbeeld de Schierstins te Veenwouden uit de dertiende eeuw, Staal, p. 15.
- <sup>101</sup> Enderman, p. 5 en 10.
- <sup>102</sup> Haslinghuis, p. 373-375.
- <sup>103</sup> Ook Hollestelle spreekt al een dergelijk vermoeden uit, Hollestelle, p. 247. Helaas ontbreekt het tot nu toe in de literatuur aan een overzicht van dergelijke hoekoplossingen. Ook navraag bij verschillende Belgische bouwhistorici gaf geen duidelijkheid.
- <sup>104</sup> Heerding, p. 11.
- <sup>105</sup> Janse, 1965, p. 57.
- <sup>106</sup> Heerding, p. 11.
- <sup>107</sup> Janse, 1965, p. 57.
- <sup>108</sup> Janse, 1965, p. 57.
- <sup>109</sup> Heerding, p. 17.
- <sup>110</sup> Vries, 1994, p. 25.
- <sup>111</sup> Heerding, p. 23 en 24.
- <sup>112</sup> Heerding, p. 27.
- <sup>113</sup> Heerding, p. 29.
- <sup>114</sup> Heerding, p. 30.
- <sup>115</sup> Heerding, p. 29-49.
- <sup>116</sup> Heerding, p. 51.
- <sup>117</sup> Heerding, p. 54 en 55. Aspdin wordt wel gezien als de uitvinder van het Portlandcement, maar hij is één van de vele onderzoekers naar een nieuw cement. Hij is wel degene die het product de naam Portlandcement heeft gegeven.
- <sup>118</sup> Hoeve 2000, p. 92 en 93.

## Literatuur

- Arntz, W.J.A., 1954, "Tijdstip en plaats van ontstaan van onze middeleeuwse baksteen", *Bulletin KNOB*, zesde serie 4, p. 25-38.
- Arntz, W.J.A., 1971, "De middeleeuwse baksteen", *Bulletin KNOB* 70, p. 98-103
- Annema, W., 1988, "Het 'testament' van Adriaan Bommenee, Praktijkervaringen van een Veerse bouw- en waterbouwkundige uit de 18de eeuw", *Werken uitgegeven door het Koninklijk Zeeuwsch Genootschap der Wetenschappen*, deel 4, Middelburg.
- Bakker, G. en T. Hoekstra, 1997, *Het stenen geheugen, 25 Jaar archeologie en Bouwhistorie in Utrecht*, Utrecht.
- Berends, G., 1989, "Baksteen in Nederland in de Middeleeuwen", *Restauratievademecum*, volume 2a, Baksteen 02, p. 1-19.
- Berends, G., 1990, "Backstein in den Niederlanden des Mittelalters", *Hausbau in den Niederlanden*, Jahrbuch für Hausforschung, volume 39, Marburg, p. 71-78.
- Bitter, P. en L. Noordegraaf, 2002, De Sint Laurens in de steigers, *Bouwen, beheren en restaureren van de Alkmaarse Grote Kerk*, Hilversum, p. 44-47.
- Campbell, J.W.P., 2003, *Baksteen, Geschiedenis Architectuur Technieken*, Bussum.
- Dolfin, M.J., E.M. Kylstra en J. Penders, 1989, "Utrecht, De huizen binnen de singels", *De Monumenten van Geschiedenis en Kunst*, 's-Gravenhage, p. 430-431.
- Dolmans, M., 2002, "(Op)sporen van een kruitramp: graven in de tuin van het Kamerlingh Onnes Laboratorium, Bouwhistorisch en archeologisch jaaroverzicht 2001", *Leids Jaarboekje 2002*, p. 270-274.
- Dröge, J.F. 2005, "Bouwhistorische opname Breestraat 111, Leiden", bouwhistorisch rapport Dröge, Bureau voor Bouwhistorie.
- Enderman, M., 2004, "Vijfde Binnenvestgracht 7, 7a en 8", bouwhistorisch rapport Enderman, Bureau voor Bouwhistorie.
- Gawronski, J. en J. Veerkamp, 2004, "Bakstenen, Bouwstenen van Amsterdam", *Monumenten & Archeologie* 3, Amsterdam, p. 11-23.
- Gruben, R.J.W.M., "De vroegste toepassing van kruislagen, een aanzet tot inventarisatie", *Restauratievademecum*, band 2b, Metselen in baksteen 02, 1995, p. 8 en 9.
- Haslinghuis, E.J. en H. Janse, 1997, *Bouwkundige termen, verklarend woordenboek van de westerse architectuur- en bouwhistorie*, Leiden.
- Heerding, A., 1971, *Cement in Nederland*, Amsterdam.
- Hoeve, J. van der, 2000, "In muren verborgen, Baksteen in bouwhistorisch onderzoek", *Hervonden stad 2000*, Groningen, p. 85-94.
- Hoeve, J. van der, 2005, "Backstein in den Niederlanden," *Technik des Backsteinbaus im Europa des Mittelalters*, Petersberg, p. 125-138.
- Hollestelle, J., 1961, *De steenbakkerij in de Nederlanden, tot omstreeks 1560*, Assen.
- Holst, J.C., 2005, "Stein oder nicht Stein? Backstein und Naturstein im südlichen Ostseeraum während des Mittelalters", *Technik des Backsteinbaus im Europa des Mittelalters*, Petersberg, p. 9-22.
- Hundertmark, H., 2005, "De lappendeken van Limmen, Een bouwhistorisch onderzoek naar de bouwgeschiedenis van de Nederlands Hervormde kerk te Limmen", *Bulletin KNOB*, jaargang 104, 2005, nr. 2/3, p. 37-57.
- Janse, H., 1965, *Bouwers en bouwen in het verleden, de bouwwereld tussen 1000 en 1650*, Zaltbommel.
- Janse, H., 1980, *Zeven eeuwen bouwen, De bouwwereld in 's-Gravenhage van 1280 tot 1980*, 's-Gravenhage.
- Janse, H., 1989, "Benamingen van Nederlandse bakstenen", *Restauratievademecum*, band 2a, Baksteen 01, p. 1-3.
- Janssen, G.B., 1987, *Baksteenfabricage in Nederland, 1850-1920*, Arnhem.
- Janssen, H.L., 1986, "Bricks, tiles, and roofing-tiles in 's-Hertogenbosch during the middle ages", *Terres cuites architecturales au moyen âge*, Arras, p. 72-93.
- Janssen, H.L., 1996, "Tussen woning en kasteel. Het kasteel in de middeleeuwen", *1000 jaar kastelen in Nederland, functie en vorm door de eeuwen heen*, Utrecht, p. 15-111.
- Kamphuis, J., 1996, "Vreemdgaan in kruisverband?", *Monumenten en bouwhistorie*, Zeist, p. 75-79.

Kolman, C.J., 1993, *Naer de eisch van 't werck*, De organisatie van het bouwen te Kampen 1450-1650, Utrecht.

Kuile, E.H. ter, 1937, "Baksteenformaten in Zuid-Holland tot het midden van de zestiende eeuw", *Oudheidkundig jaarboek 1937*, p. 96-99.

Lynch, G.C.J., 2006, *Gauged Brickwork, A Technical Handbook*, tweede editie, Shaftesbury.

Meischke, R. en H.J., Zantkuijl, 1969, *Het Nederlandse woonhuis*, van 1300-1800, Haarlem.

Meischke, R., 1988, "Huizen en Keuren", *De gotische bouwtraditie*, Den Haag, p. 208-262.

Meyer, G.M. de en E.W.F. van den Elzen, 1981, "De verstening van Deventer, Huizen en mensen in de 14e eeuw", *Historische Studies* deel XLIII, Groningen.

Orsel, E.D., 2006, "Brickwork in Leiden, a Survey of Sixteenth and Seventeenth Century Characteristics", *Proceedings of The Second International Congress on Construction History*, volume 3, Cambridge, p. 2379-2394.

Orsel, E.D., 2007, "Licht in de duistere middeleeuwen. Het Gravensteen versus de Burcht", *Dwars door de stad, Archeologische en bouwhistorische ontdekkingen in Leiden*, Leiden, p. 10-23.

Oosten, R.M.R. van, 2006, *De Leidse steen des aanstoots*, ongepubliceerde doctoraalscriptie Universiteit Leiden.

Peterse, H., 2004, *Verborgten verleden, Bouwhistorie in Nijmegen*, Utrecht.

Pittaluga, D. en S. Valeriani, 2003 "Chronologie der Backsteinmasse, Eine Möglichkeit zur Datierung von Bauten in spezifischen geographischen Bereichen", *Backsteintechnologien in Mittelalter und Neuzeit*, Berlin, p. 370-387.

Raue, J.J., z.j., *De bouwgeschiedenis van de panden Markt 2 en 4 te Delft*, Vereniging 'Hendrick de Keyzer, z.pl.

Renaud, J.G.N., 1974, "De Leidse Burcht", *Nederlandse kastelen*, deel XX, Muidersberg.

Schumann, D., 2000, "Möglichkeiten einer Chronologie von Backsteinformaten", *Bauforschung und Archäologie, Stadt und Siedlungsentwicklung im Spiegel der Baustrukturen*, Berlin, p. 298-317.

Staal, J.P., 1986, "Metselwerk en daarop aangebrachte afwerkklagen; bouwhistorische beschouwing", *Restauratievademecum*, volume 2b, Metselen in baksteen 01, p. 1-18.

Steehouwer, K.J., 2002, "Opraving Kamerlingh Onnes Laboratorium Leiden 2001, *Het bouwhistorisch onderzoek*", z.pl., eerste en onvolledige conceptversie

Trummer, C.L., 2005, "Backstein in der Peripherie? Romanische Backsteinbauten in Sachsen und Sübrandenburg", *Technik des Backsteinbaus im Europa des Mittelalters*, Petersberg, p. 77-88.

Tussenbroek, G. van, 2001, "Bommelse baksteen, De geschiedenis en ontwikkeling van de baksteen in Zaltbommel in het verleden", *Sint Maarten Bulletin* nr. 32, Zaltbommel.

Vermeer, G., 1999, *Kloosters van baksteen, De architectuur van de hervormingsorden in Nederland tot omstreeks 1300*, proefschrift Universiteit van Amsterdam.

Vlist, E. van der, 2001, "De Burcht van Leiden", *Leidse Historische reeks*, nr. 14, Leiden.

Voskuil, J.J., 1979, *Van vlechtwerk tot baksteen, Geschiedenis van de wanden van het boerenhuis in Nederland*, Arnhem.

Vries, J. de, 1994, *Bouwen in de late middeleeuwen, Stedelijke architectuur in het voormalige Over- en Nedersticht*, Utrecht.

Vries, J. de, 2006, "Ambachtelijk metselwerk", *Bulletin KNOB 2006 1/2*, Zutphen, p. 2-14.

Weissman, A.W., 1906, *De gebakken steen*, Amsterdam.