



Ease & Firing!
by hand

It's Out of Fashion

EEN GEZOND EN COMFORTABEL BINNENKLIMAAT ALS NEGENTIENDE-EEUWSE ONTWERPOPGAVE

NATASJA HOGEN

‘Toch zit men ’s avonds, zowel thuis als op concerten en in restaurants, in kamers en zalen, vooral ’s winters, dicht bij elkander en ademt de bedorven lucht in, en verwondert zich als men hoofdpijn krijgt en op den duur bleek wordt; toch slaapt men in slecht geluchte kamers, dikwijls meerdere personen in dezelfde. Men kent de onaangename aandoening, die men ondervindt als men ’s morgens in eene nog ongeluchte slaapkamer treedt; toch komt men er niet toe hierin verandering te brengen.’¹

Deze verzuchting van een zekere J.M. Oudendijk in 1888 laat zien dat de strijd voor een gezonder en comfortabel binnenklimaat ook aan het einde van de negentiende eeuw nog niet gestreden was, zeker niet met betrekking tot uitgaansgelegenheden, scholen, ziekenhuizen en arbeiderswoningen. En toch zijn er gedurende de negentiende eeuw enorme stappen genomen: medici en hygiënisten, gevolgd door ingenieurs en architecten hebben decennia lang hard gewerkt aan het in kaart brengen van problemen met het binnenklimaat, en de mogelijke technische oplossingen ervan.

Gezien de aanzienlijke inspanningen op dit terrein in deze periode is het verbazingwekkend hoe relatief weinig aandacht de beheersing van het binnenklimaat in de bouwhistorie en architectuurgeschiedenis heeft gekregen. Het architectuurhistorische onderzoek naar negentiende-eeuwse gebouwen richt zich traditioneel voornamelijk op de typologische en stilistische ontwikkeling van gebouwen, met de daarbij behorende theoretische discussies. Bij een meer praktisch geori-

enteerde, bouwhistorische invalshoek gaat de meeste aandacht uit naar de ontwikkeling en het gebruik van nieuwe materialen en constructies. Toegegeven, het onderzoek op het gebied van het binnenklimaat is niet helemaal nieuw: in Groot-Brittannië en de Verenigde Staten is bijvoorbeeld in de afgelopen decennia met enige regelmaat gepubliceerd over de geschiedenis van het verwarmen en ventileren van gebouwen. Maar hier in Nederland is er binnen de architectuur- en bouwhistorische discipline nog nauwelijks onderzoek gedaan op dit terrein.²

Hierin wil dit onderzoek enige verandering brengen. Zo’n onderzoek naar het binnenklimaat dient per definitie interdisciplinair te zijn, omdat de omgang met het binnenklimaat in de negentiende eeuw zich niet alleen uitte in de toegepaste installatietechniek. Aan de basis liggen sociaal-maatschappelijke en wetenschappelijke discussies over gezondheid en hygiëne, luchtkwaliteit en thermisch comfort, een debat dat in die tijd uitvoerig werd gevoerd. Het ruimtelijk en bouwtechnisch ontwerp van het gebouw maakte daarnaast een essentieel en structureel onderdeel uit van het klimaatontwerp.

In dit artikel wordt vanwege deze brede context eerst een verklaring gegeven voor de nieuwe aandacht voor een comfortabel binnenklimaat in de negentiende eeuw, en de definities die in deze periode aan het begrip werden gegeven. Vervolgens wordt een beeld geschetst van het onderzoek dat werd verricht naar de gedragingen van lucht en warmte en de effecten van temperatuur en luchtkwaliteit op het menselijk lichaam. Op basis van de resultaten van dit onderzoek ontwikkelden zich vervolgens in het laatste kwart van de negentiende eeuw normen en richtlijnen voor het verwarmen en ventileren van gebouwen. Hiermee komt ook het binnenklimaat als ontwerpogave aan bod, evenals de rol die ingenieurs en architecten hierin speelden. Casus hiervoor is het Concertgebouw in Amsterdam. De casus illustreert hoe normen en richt-

◀ 1. De advertentie ‘Cease Firing by Hand’ was bedoeld om reclame te maken voor verwarmingssystemen die voorzien waren van een automatisch vulsysteem voor kolen, zodat deze minder vaak handmatig hoefden te worden bijgevuld (*Automatic Heat and Air Conditioning* 12 [1936], 25)

lijnen in de praktijk werden gehanteerd. Ook laat de casus enkele technische mogelijkheden zien die in het laatste kwart van de negentiende eeuw beschikbaar waren voor het creëren van een gezond en comfortabel binnenklimaat in openbare gebouwen (afb. 2).

EEN NIEUWE DEFINITIE VAN COMFORT

De betekenis van het begrip 'comfort' is de afgelopen eeuwen regelmatig veranderd. Waar tot aan de zeventiende eeuw de nadruk lag op mentale aspecten, waarbij de mate waarin iemand zich comfortabel voelde vooral afhankelijk was van zijn sociaal-maatschappelijke positie, verschoof dit vanaf de zeventiende eeuw langzaam naar fysieke, en daarmee veel meer materiele aspecten. Nieuwe technieken, grotendeels het gevolg van de Industriële Revolutie, leidden tot nieuwe verwachtingspatronen ten aanzien van de 'maakbaarheid' van comfort, maar andersom gold dit ook. De wens voor meer comfort was daarmee nauw verbonden aan de ontwikkeling van de consumptiemaatschappij, waarbij een hogere levensstandaard in de negentiende eeuw voor steeds meer mensen bereikbaar werd. Comfort transformeerde van luxe naar (een relatieve) noodzaak, en werd daarmee handelswaar (afb. 1).³

Aan de directe leefomgeving werden als gevolg hiervan steeds meer eisen gesteld. Ook de kwaliteit van het binnenklimaat in gebouwen kreeg steeds meer aandacht, met name wanneer het ging om de verwarming en ventilatie van vertrekken. In de negentiende eeuw had het begrip comfort in relatie tot het binnenklimaat twee verschillende betekenissen. De eerste richtte zich op behaaglijkheid.⁴ Een comfortabel binnenklimaat werd hierbij voornamelijk bepaald door een comfortabele binnentemperatuur. De tweede definitie van comfort richtte zich op gezondheid en hygiëne, en daarmee met name op het belang van frisse lucht.

'Bedorven lucht' was ten eerste een probleem in ar-

beiderswoningen, waar grote gezinnen op een klein oppervlak samenleefden. Dat gold ook voor andere gebouwen gericht op kwetsbare groepen, zoals gevangenen, scholen en ziekenhuizen.⁵ De nieuw ontstane massacultuur leidde bovendien tot nieuwe vormen van vrijetijdsbesteding en daarmee de verdere ontwikkeling van bijvoorbeeld theaters en concertzalen.⁶ Deze openbare gebouwen kenden een hoge bezettingsgraad, met vaak een bedroevende luchtkwaliteit tot gevolg. Ook het beheersen van de binnentemperatuur was complex in openbare gebouwen. Waar in woningen over het algemeen kon worden volstaan met natuurlijke ventilatie en bescheiden verwarmingsinstallaties, was dit voor openbare gebouwen door hun schaal en functie absoluut onvoldoende. Openbare gebouwen waren daarom voor een gezond en comfortabel binnenklimaat sterk afhankelijk van mechanische installaties. Het functioneren van deze installaties was vervolgens in belangrijke mate afhankelijk van het ontwerp van het gebouw. Dit gold voor functionele, technische onderdelen als verwarmingskamers, opstelplaatsen voor installaties, opslagruimtes voor brandstoffen, en de noodzakelijke infrastructuur zoals kanalen en plenums, maar ook voor ruimtelijke en architectonische aspecten zoals de ordening en oriëntatie van vertrekken, plafondhoogtes en venstertypen.⁷ Het groeiende belang van gezondheid en comfort in gebouwen vroeg daarmee gedurende de negentiende eeuw steeds meer kennis en inzicht op dit terrein van architecten.

ONDERZOEK NAAR HET BINNENKLIMAAT

Met de veronderstelling van de aanwezigheid van ziekteverwekkende 'miasma' in de achttiende eeuw, mysterieuze bestanddelen in de lucht die zich in het lichaam zouden omzetten in smetstoffen, kwam de wens om gebouwen te ventileren voor het eerst op. Ook toen halverwege de negentiende eeuw bleek dat ziektes niet veroorzaakt werden door miasma maar door microben, zoals schimmels en bacteriën, die zich niet per definitie via de lucht verspreiden, bleef goede ventilatie van belang. Ventilatie diende namelijk niet alleen om ziekteverwekkers, maar ook om stof, rook en roet uit de binnenlucht te verwijderen (afb. 3).⁸ In de tweede helft van de negentiende eeuw kwam de nadruk echter niet langer te liggen op verontreiniging van de kamerlucht door bovengenoemde bestanddelen, maar op de concentratie koolzuurgas.⁹ Uit onderzoek naar de samenstelling van lucht en de effecten van de luchtkwaliteit op de gesteldheid van de mens was namelijk inmiddels gebleken dat mensen die zich enige tijd in een niet goed geventileerd vertrek bevonden zich als gevolg van hoge concentraties koolzuurgas suf, benauwd of misselijk gingen voelen.¹⁰ Omdat wetenschappelijke meetinstrumenten voor het beoordelen van de luchtkwaliteit in de negentiende eeuw

2. Het Concertgebouw rond 1900. Op het dak de ventilatietorens voor de afvoer van bedorven lucht uit de grote en kleine concertzaal (Stadsarchief Amsterdam)





3. 'A London Board of Health hunting after cases like cholera', 1832 (Wellcome Library, Londen)

nog maar beperkt bruikbaar waren, kon de luchtkwaliteit echter niet geheel objectief worden vastgesteld.¹¹

Experimenten met proefpersonen waren daarom populair. Aan proefpersonen werd gevraagd om gedurende een bepaalde tijd plaats te nemen in een afgesloten vertrek. Op verschillende tijdstippen werd de hoeveelheid koolzuurgas gemeten en de luchtkwaliteit beoordeeld, bijvoorbeeld aan de hand van de geur in het vertrek.¹² De resultaten werden beschreven als 'een zeer drukkend gevoel op de borstkas' tijdens het verblijf in het proeflokaal, na vertrek hieruit een 'opvallend plezier in het simpelweg kunnen ademhalen' of 'een onaangename geur van organische bestanddelen'.¹³ Ook de effecten van het branden van kaarsen en open gasverlichting op de kwaliteit van de kamerlucht werd op deze manier onderzocht (afb. 4). De resultaten werden vervolgens gecombineerd met die van medisch en biologisch onderzoek, bijvoorbeeld naar de longinhoud en bloedsomloop van mensen.¹⁴

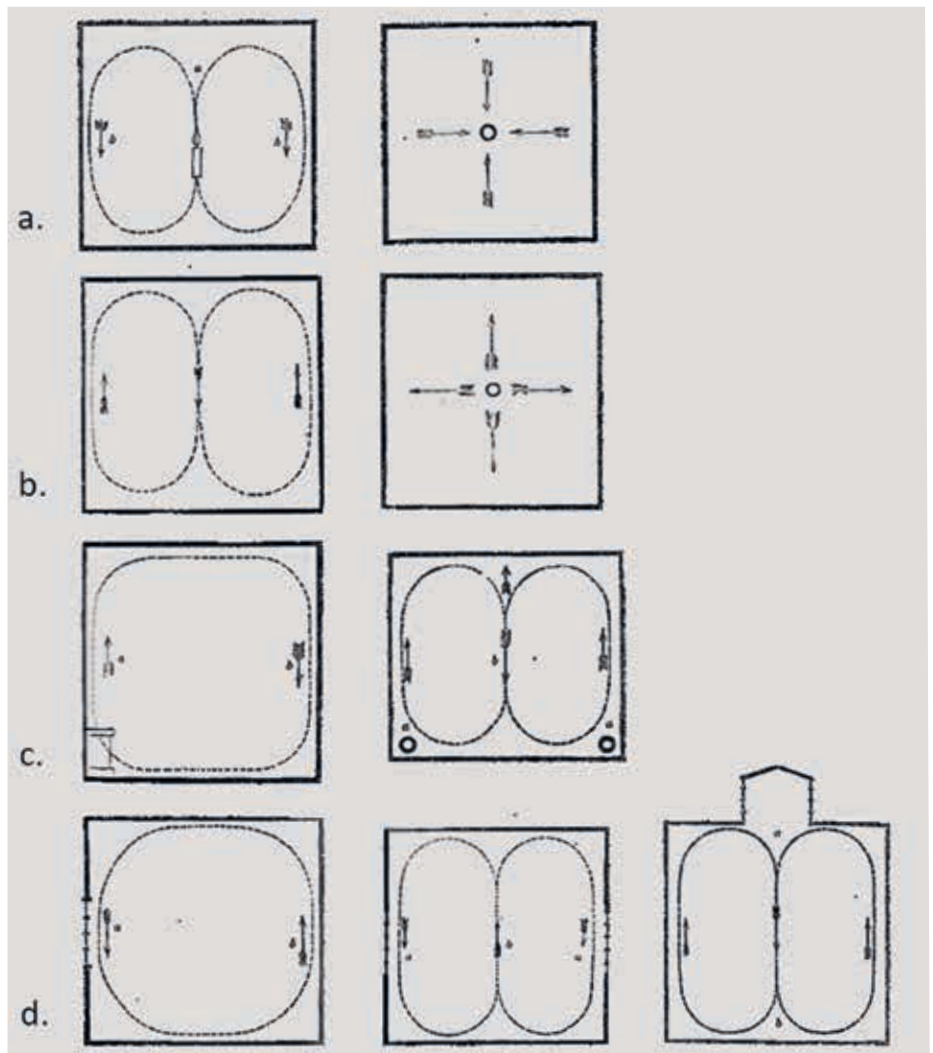
NORMEN VOOR LUCHTVERVERSING

Hoewel de noodzakelijke natuurwetenschappelijke kennis over lucht en warmte sinds de achttiende eeuw langzaam toenam, waren in de eerste helft van de negentiende eeuw nog slechts ervaringskennis en eenvoudige vuistregels beschikbaar die ingenieurs en architecten konden inzetten voor het ontwerpen van een

gezond en comfortabel binnenklimaat. Beschikbare wiskundige en natuurkundige formules waren complex en in de praktijk nauwelijks bruikbaar. Praktische handreikingen beperkten zich tot algemene voorschriften die niet of nauwelijks waren gekwantificeerd. Dit veranderde door de toenemende bemoeienis van ingenieurs met het bouwproces en de doorontwikkeling van meetinstrumenten. Vanaf omstreeks 1860 waren de ideeën over ventileren voldoende wetenschappelijk uitgerijpt om in makkelijkere toepasbare rekenmodellen en richtlijnen voor het klimaatontwerp van gebouwen gegoten te worden. De eigenschappen van een gezond en comfortabel binnenklimaat werden nu uitgedrukt in getallen, gerelateerd aan de functie van het gebouw en zijn gebruikers. Over de maximaal toelaatbare hoeveelheid koolzuurgas in de binnenlucht van vertrekken waren wetenschappers het in de tweede helft van de negentiende eeuw in grote lijnen met elkaar eens. Vier tot acht deeltjes koolzuurgas per tienduizend deeltjes kamerlucht werd algemeen gezien als het uitgangspunt voor gezonde lucht. Een verhouding van tien tot vijftien deeltjes op tienduizend deeltjes leidde tot een licht bedorven geur, waarneembaar voor mensen die van buiten het vertrek betraden, maar was voor gezonde mensen niet schadelijk.¹⁵

Oneens was men het aanvankelijk over de hoeveel-

4. Schematische weergave van luchtstromingen, bij
 a) de plaatsing van een kaars centraal in een vertrek, b) de plaatsing van een blok ijs centraal in een vertrek, c) en kachel in een hoek, of een buis gevuld met warm water in twee hoeken van een vertrek, d) een venster in een gevelwand, twee tegenovergelegen gevelwanden en een daklantaarn (Reid 1844, 114-117)



heid verse lucht waarmee de kamerlucht moest worden ververst.¹⁶ Algemene richtlijnen varieerden afhankelijk van de ingenieur of medicus die deze opstelde: van veertien kubieke meter per persoon per uur via zeventien kubieke meter wanneer er open verlichting of open verbrandingstoestellen in het vertrek stonden opgesteld, tot dertig kubieke meter per persoon per uur.¹⁷ Daarnaast werden richtlijnen gegeven voor ventilatiehoeveelheden, afgestemd op de functie van gebouwen. Zo golden voor bijvoorbeeld scholen, ziekenhuizen en theaters veel hogere ventilatiesnelheden dan voor woonhuizen, tot wel 180 kubieke meter per persoon per uur in ziekenhuizen in het geval van de aanwezigheid van besmettelijke ziekten (afb. 5).¹⁸ In sommige gevallen werd hierbij rechtstreeks gerefereerd aan normen zoals deze in het buitenland, met name in Duitsland, gehanteerd werden.

BINNENTEMPERATUUR EN LUCHTVOCHTIGHEID

Gedurende de gehele negentiende eeuw werden er door verschillende medici en hygiënisten naast voorstellen voor luchtverversing ook aanbevelingen gedaan voor de ideale temperatuur in een vertrek. Vóór

de introductie van centrale verwarmingssystemen, toen er voornamelijk werd gestookt (en geventileerd) door middel van de open haard en losse kachels was de maximaal haalbare binnentemperatuur over het algemeen ongeveer vijftien graden Celsius, beperkt tot de belangrijkste leefruimtes.¹⁹ Hogere temperaturen waren vanwege technische beperkingen niet te realiseren, of om praktische of economische redenen onwenselijk. Na de introductie van centrale verwarming in de tweede helft van de negentiende eeuw, toen stoken eenvoudiger werd en brandstoffen steeds efficiënter ingezet konden worden, gingen de gewenste temperaturen flink omhoog. Voor woonkamers, kantoren, schouwburg- en concertzalen werd een temperatuur van achttien tot twintig graden, soms met uitschieters naar tweeëntwintig graden, ideaal geacht. Slaapkamers konden op een lagere temperatuur worden gehouden, van vijftien tot achttien graden. Voor toiletten, gangen en hallen gold een temperatuur van vijf tot twaalf graden, voor badkamers of doucheruimtes twintig tot vijfentwintig graden en voor studeerkamers achttien tot twintig graden. Voor vergaderzalen lag de ideale temperatuur op zestien tot negentien gra-

den. Ook voor schoollokalen werd deze temperatuur vaak aangehouden, hoewel enkele experts zeventien tot twintig graden aanhielden of onderscheid maakten tussen de lokalen voor het basis-, middelbaar en hoger onderwijs.²⁰ Voor ziekenzalen volstond, naar de aard van de ziekte, zestien tot tweeëntwintig graden. Voor werkplaatsen, kazernes en gevangenis men uit van veertien tot achttien graden. Lager lag de eis voor kerken, die sowieso heel lastig te verwarmen waren, gangen, vestibules en trappenhuizen, op tien tot vijftien graden.

Tegelijkertijd was juist oververhitting een terugkerend probleem in veel openbare gebouwen. Het menselijk lichaam geeft namelijk warmte af aan zijn omgeving, waardoor de binnenlucht in een vertrek opwarmt (afb. 6). Hoe meer mensen zich dicht op elkaar bevinden, hoe sneller dit proces gaat. Als gevolg hiervan warmt het lichaam steeds verder op, met misselijkheid, sufheid en benauwdheid tot gevolg. Dit effect, zo bleek uit onderzoek in de tweede helft van de negentiende eeuw, trad met name op wanneer een vertrek slecht werd geventileerd en op een temperatuur werd gebracht van drieëntwintig tot zesentwintig graden. Bij een temperatuur van eenentwintig tot drieëntwintig graden werden de proefpersonen niet onwel, ook niet wanneer zij ter inademing ademhalingslucht van andere personen kregen toegediend.²¹ Luchtverversing was daarmee niet alleen van belang om organische bestanddelen uit een vertrek te verwijderen of de concentratie koolzuurgas te beperken, maar ook om te

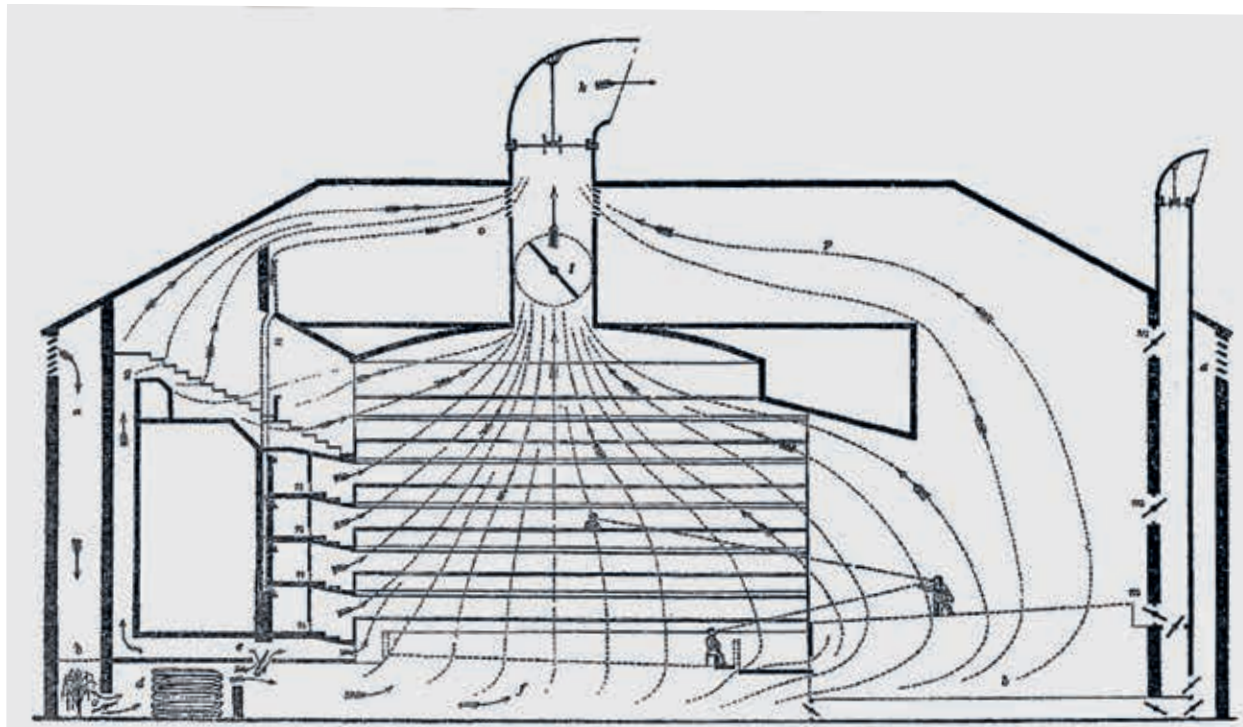
Het is te vreezen, dat men met deze halfheden zal voortgaan totdat eene algemeene hervorming van de ventilatie in woning en stal, die slechts eene quaestie van tijd is, tot stand komt. Om het leergeld van deze halfslachtige pogingen te besparen, stellen wij hieronder de op ervaring berustende gegevens voor het minimum van de behoefte aan lucht per man en per uur bekend:

	M ³
1. in gewone kamers	30
2. » slaapkamers des nachts	50
3. » scholen en vergaderzalen, gelagkamers, tentoonstellingszalen	25 à 35
4. » kerken, kapellen, bidzalen	20 - 30
5. » schouwburgen en concertzalen	40 - 50
6. » gerechtshoven	30 - 50
7. » kazernen en in gevangenis bij dag en bij nacht	40 - 50
8. » werkplaatsen, naar gelang van den invloed, dien de werkzaamheden op het bederf van de gezondheid hebben	50 - 100
9. » hospitalen:	
a) voor gewone zieken	60 - 70
b) gedurende eene epidemie	150
c) voor gewonden en geoperreerden	100
10. » kraaminrichtingen	100
11. » woon- en slaapruijten op schepen	25 - 40
12. » stallen bij dag en bij nacht	180 - 200
» » bij heerschende ziekte	200 - 300

Deze cijfers, ontleend aan het werk van Degen (*Praktisches Handbuch für Einrichtung von Ventilation und Heizung von öffentlichen und Privatgebäuden*, 1869), bieden veilige grondslagen aan voor de inrichting van toestellen tot luchtverversing. Wij voegen bij deze cijfers nog de

5. Een zekere P.P. gaf in *De Opmerker* in 1870 voor verschillende gebouwtypen de volgende aanbevelingen voor de hoeveelheid luchtverversing per kubieke meter per persoon per uur

6. Schema voor de ventilatie van een theaterzaal, waarbij een waternevel is ingezet om de aangevoerde lucht te reinigen en indien nodig te koelen (b), en een verwarmingsapparaat (d) is toegepast om de lucht voor te verwarmen en daarmee voldoende beweegkracht te geven (Reid 1844, 341)



voorkomen dat de temperatuur van de binnenlucht niet hoger steeg dan een comfortabele eenentwintig graden.

Een even belangrijke factor in de totstandkoming van een comfortabel binnenklimaat is nog niet besproken. De mate van luchtverversing was namelijk ook van invloed op de luchtvochtigheid in een vertrek. De hoogte van de luchtvochtigheid werd sterk beïnvloed door 'uitwasemingen' van de aanwezigen, zoals waterdamp uit de huid en de ademhaling. Een hoge luchtvochtigheid kon bijvoorbeeld leiden tot hoofdpijn en flauwvallen. Negentiende-eeuwse installaties waren echter niet in staat om de luchtvochtigheid in een vertrek adequaat te beheersen.²² Luchtverversing was dan ook lange tijd het enige middel om de luchtvochtigheid enigszins te kunnen reguleren.

HET BINNENKLIMAAT ALS ONTWERPOPGAVE

'Ventilatie is eene wetenschap – geheel afgezonderd van die der bouwkunst – en het vereischt inderdaad de grondige studie van een menschenleeftijd om al de moeilijkheden die zij oplevert behoorlijk te leren overwinnen. Het is daarom onredelijk te verwachten dat architecten op het gebied van verwarming en ventilatie deskundigen zijn; en mijne langjarige ondervinding op verschillende plaatsen van den aardbol heeft mij doen inzien dat, de betere klasse der architecten nooit beweren eenige bijzondere kennis op dit gebied te bezitten.'²³

Of deze voorstelling van zaken door de verslaggever van een congres van de *General Board of Health* in Londen in 1896 klopt, is moeilijk te beoordelen. Feit is dat in de negentiende-eeuwse vakliteratuur veelvuldig geklaagd werd dat de architecten het binnenklimaat onvoldoende aandacht gaven in hun ontwerpen.²⁴

Feit is ook dat in Nederland in het laatste kwart van de negentiende eeuw vooral de ingenieurs het voortouw namen om nieuwe kennis over het binnenklimaat om te zetten in technische oplossingen voor een betere klimaatbeheersing. Onder deze ingenieurs waren bijvoorbeeld F. Unger, H. Hinkelman, C. Huijgen, B. Schwaab en de Delftse hoogleraar J. Klinkhamer. Zij schreven, vaak op basis van eigen onderzoek, zowel in boeken als in zeer technische artikelen in vaktijdschriften over de eigenschappen en totstandkoming van een comfortabel binnenklimaat. Veel artikelen in Nederlandse tijdschriften waren daarnaast gebaseerd op internationale publicaties van veelal Britse, Amerikaanse en Duitse ingenieurs.²⁵

Gespecialiseerde kennis over de beheersing van het binnenklimaat, en daarmee over thermodynamica, aerodynamica, bouwfysica en werktuigbouwkunde, werd met het voortschrijden van de techniek gedurende de negentiende eeuw langzaam onmisbaar.

Dat de *heating and ventilating engineer*, zoals deze ook in Nederland vaak werd genoemd, zich steeds

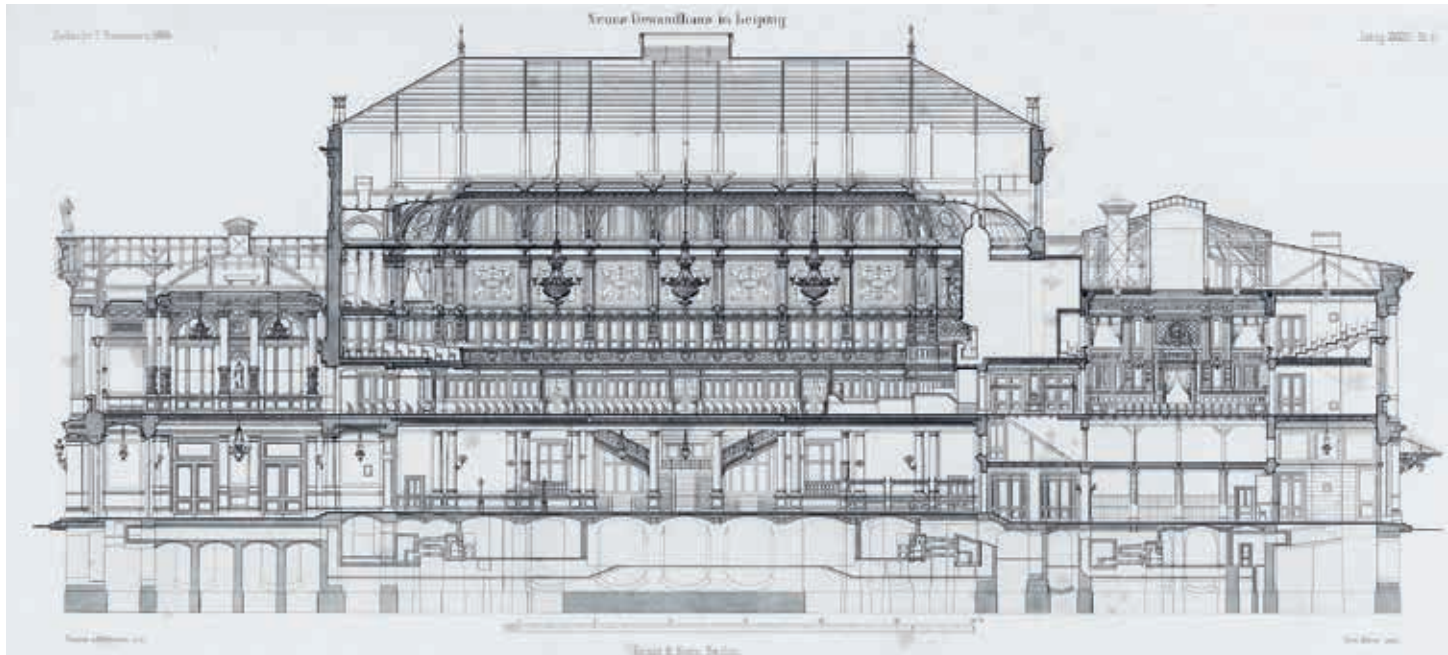
meer tot zelfstandig adviseur ontwikkelde, is dan ook niet verwonderlijk. Met de groeiende vraag naar (en waardering van) fysiek comfort steeg ook het aanzien van dit nieuwe specialisme steeds verder.²⁶

Hoewel een goede samenwerking tussen ingenieurs en architecten in het ontwerpproces essentieel was om een gezond en comfortabel binnenklimaat te kunnen realiseren, was het aanvankelijk nog relatief ongebruikelijk dat opdrachtgevers, architecten en ingenieurs al in de ontwerpfase intensief met elkaar samenwerkten. Dat kon ingrijpende gevolgen hebben, omdat het ontwerp en gebruik van het gebouw en de toegepaste installaties in een directe relatie met elkaar stonden: de infrastructuur voor verwarming en ventilatie maakte een structureel deel uit van de bouwkundige constructie van het gebouw. In de praktijk gebeurde het helaas regelmatig dat ingenieurs te laat bij het ontwerpproces werden betrokken, met hoge kosten of inefficiënte installaties tot gevolg.

HET CONCERTGEBOUW EN HET NEUES GEWANDHAUS IN LEIPZIG

Gelukkig was men zich bij ontwerp en bouw van het Concertgebouw in Amsterdam, voltooid in 1886, vanaf het begin bewust van de waarde van een geïntegreerde aanpak: zowel de opdrachtgever als de architect hield zich al vanaf de initiatieffase actief bezig met de vraag hoe het gebouw verwarmd en geventileerd diende te worden. Ook trok men al in de ontwerpfase een ingenieursbureau voor advies aan. Het Concertgebouw geeft om die reden een goed beeld van de wijze waarop de nieuwe normen voor verwarming en ventilatie in de praktijk werden gehanteerd. Bovendien laat het Concertgebouw zien dat het ruimtelijk ontwerp van het gebouw rechtstreeks van invloed was op het goed functioneren van de toegepaste installaties. Ten slotte is het Concertgebouw ook daarom een geschikte casus omdat de wijze waarop in dit gebouw een gezond en comfortabel binnenklimaat werd gerealiseerd, na oplevering relatief uitgebreid beschreven is in negentiende-eeuwse vaktijdschriften.

Het initiatief voor de bouw van een concertgebouw aan de Van Baerlestraat in Amsterdam werd in 1881 genomen. De hiervoor ingestelde 'Commissie tot het bouwen van eene concertzaal' schreef een prijsvraag uit die werd gewonnen door architect Adolf Leonard (Dolf) van Gendt (1835-1901). Van Gendt was befaamd vanwege zijn grote technische kennis.²⁷ Ter voorbereiding op de bouw bezocht de heer W. Cnoop Koopmans, lid van de bouwcommissie, in oktober 1883 het in aanbouw zijnde concertgebouw Neues Gewandhaus in Leipzig. Vermoedelijk was ook Van Gendt hierbij aanwezig. Het Neues Gewandhaus, ontworpen door architecten Martin Gropius en Heino Schmieden, was op dat moment bijna voltooid. Het gebouw vormde een belangrijke referentie voor het ontwerp van het Con-

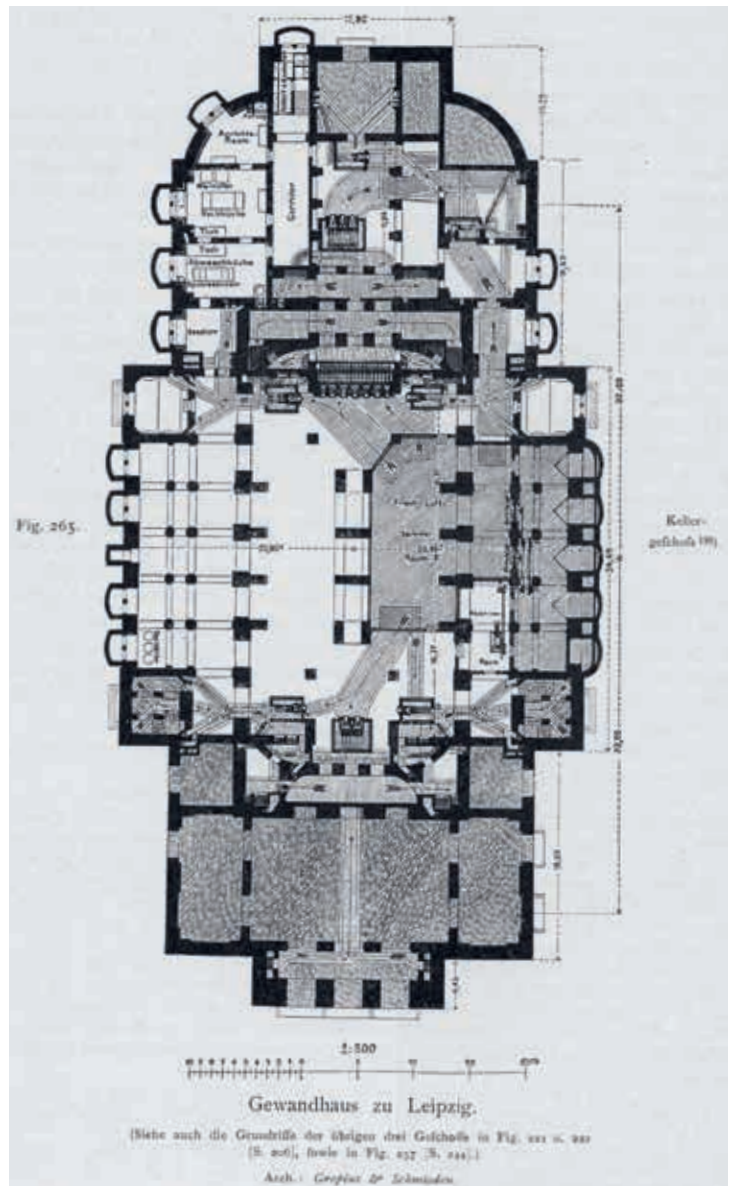


7. Langsdoorsnede over het Neues Gewandhaus in Leipzig, zoals gepubliceerd in het *Zeitschrift für Bauwesen* in 1886. In de doorsnede drie van de negen verwarmingskamers, evenals doorsneden over de bouwkundige kanalen voor de aanvoer van ventilatielucht (DIGITAL Library, TU Graz)

8. Plattegrond van de kelder van het Neues Gewandhaus in Leipzig, zoals gepubliceerd in het *Zeitschrift für Bauwesen* in 1886. Centraal in de plattegrond is opgenomen de verzamelkamer voor verse lucht, die werd aangezogen door twee ventilatoren, te zien aan de rechterzijde van de verzamelkamer. Eveneens zichtbaar zijn de negen verwarmingskamers en de kanalen ter verspreiding van de ventilatielucht naar de zalen (DIGITAL Library, TU Graz)

certgebouw, met name in twee opzichten: vanwege het ontwerp van de concertzalen in relatie tot de akoestiek en de geslaagde beheersing van het binnenklimaat.

Het Neues Gewandhaus beschikte over een inventief installatieconcept voor de verwarming en ventilatie van de concertzalen, op basis van warmeluchtverwarming. Hierbij werd frisse lucht aangevoerd naar een verzamelruimte in de kelder van het gebouw. Vanuit deze verzamelruimte verdeelde men de lucht met behulp van twee ventilatoren via gemetselde kanalen naar negen afzonderlijke verwarmingskamers. Van hieruit werd de verse, nu voorverwarmde lucht verdeeld over de verschillende zalen en ondersteunende vertrekken (afb. 7 en 8). Schetsen van het Neues Gewandhaus werden door Van Gendt gebruikt in het ontwerpoverleg met de aangetrokken adviserende ingenieurs van de firma Sijmons & Huijgen uit Rotterdam. Een van de naamgevers van deze firma, C. Huijgen, publiceerde met regelmaat in vaktijdschriften als *Architectura*, *Bouwkundig Weekblad* en *Bouwkundige Bijdragen* over de theorie en de praktijk van het verwarmen en ventileren van gebouwen.



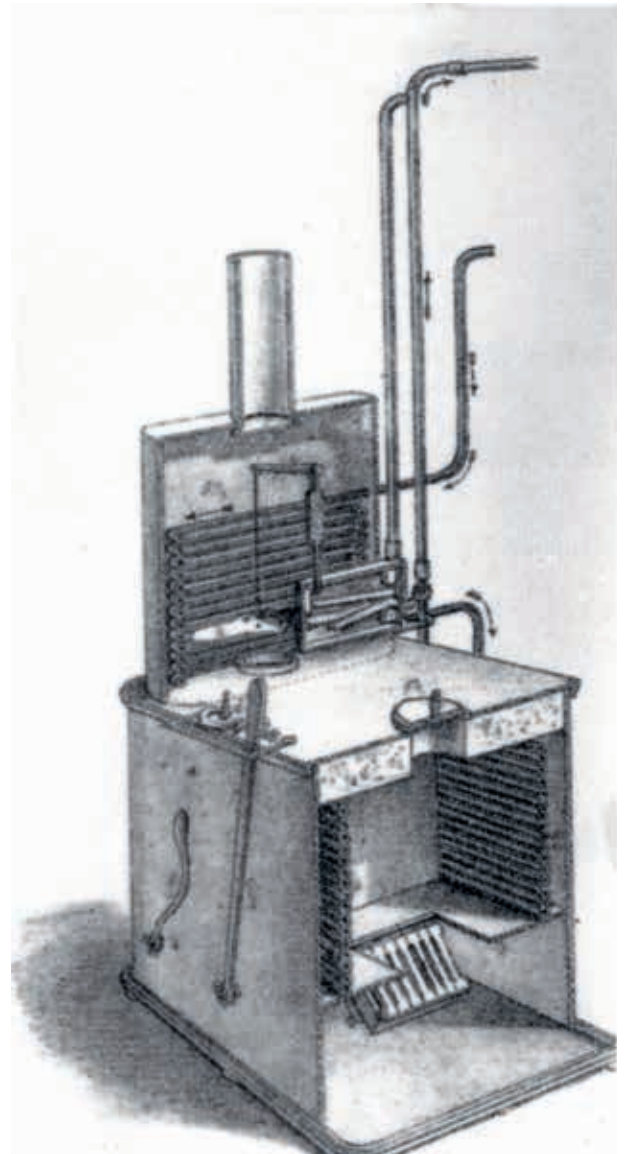


9. Advertentie van de firma Eisenwerk Kaiserslautern, zoals gepubliceerd in een onbekend Duits tijdschrift in 1878 (archief auteur)

LUCHTVERVERSING IN HET CONCERTGEBOUW

In de vakliteratuur valt te traceren dat verschillende ingenieurs rond 1880 voor het ventileren van schouwburgen en concertzalen uitgingen van een hoeveelheid aan te voeren ventilatielucht tussen de dertig en zestig kubieke meter per persoon per uur. Dat is zeer veel, vergeleken met de huidige richtlijn in het Bouwbesluit voor bijeenkomstgebouwen, die uitgaat van iets meer dan veertien kubieke meter per persoon per uur.²⁸ Vanuit de negentiende-eeuwse denkwijze gereceneerd, is dit echter niet verwonderlijk. Immers, hoe hoger de ventilatiesnelheid, hoe lager de concentraties koolzuurgas en luchtverontreinigingen in de binnenlucht. De minimale hoeveelheid verse lucht die in de praktijk werd aangevoerd in de grote zaal van het Concertgebouw lag echter flink lager dan in de negentiende-eeuwse theorie geadviseerd. De luchtverversing werd op advies van Sijmons & Huijgen en de leverancier van de installaties, Eisenwerk Kaiserslautern, gesteld op tenminste 22.000 kubieke meter per uur voor de grote zaal, 5.000 kubieke meter per uur voor de kleine concertzaal, 3.450 kubieke meter per uur voor de restauratiezaal, 1.650 kubieke meter per uur voor de rookzaal en het aangrenzende kantoor, en 230 kubieke meter per uur voor de orkestloge (afb. 9). Hiermee werd elke ruimte ten minste eenmaal per uur volledig van verse lucht voorzien. Voor de koorzalen, solistenkamers en stemkamer werd uitgegaan van een luchtverversing van tweemaal per uur. De installatie beschikte echter over meer capaciteit, waardoor de ventilatiehoeveelheid indien nodig kon worden verhoogd.²⁹ Voor de grote concertzaal betekende dit dat er bij een volledige bezetting minimaal twaalf kubieke meter verse lucht per persoon per uur werd aangevoerd. Ter vergelijking: voor het Neues Gewandhaus ging men uit van tenminste twintig kubieke meter verse lucht per persoon per uur, 44.000 kubieke meter per uur voor de gehele concertzaal.³⁰

10. Doorsnede van een 'hot water apparatus' van het systeem Perkins (A. Perkins, *Patent apparatus for warming and ventilating buildings*, Londen 1840)

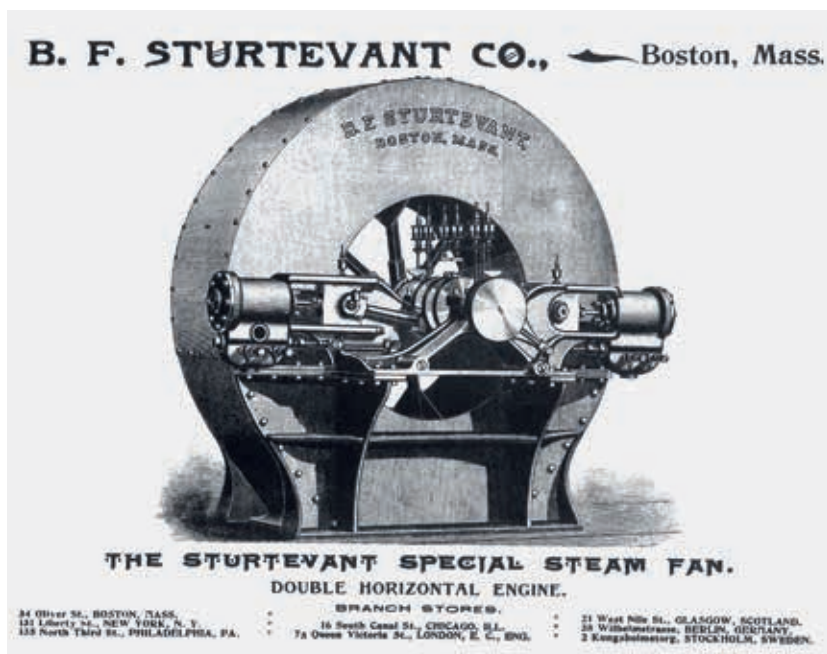


Ventilatiehoeveelheden waren in de praktijk vaak lager, omdat theoretische richtlijnen enkel rekening hielden met de ideale samenstelling van de lucht, en nauwelijks met de praktische en economische koppeling van het ventilatiesysteem aan het systeem voor centrale verwarming. Vergelijking van gepubliceerde normen en richtlijnen in het laatste kwart van de negentiende eeuw en het begin van de twintigste eeuw laat om die reden dan ook zien dat normen voor ventilatiehoeveelheden in deze periode langzaam naar beneden werden bijgesteld. De reden daarvoor was echter niet alleen praktisch of economisch: even belangrijk was een nieuwe verschuiving in de definitie van een gezond en comfortabel binnenklimaat als gevolg van verder onderzoek en technische ontwikkelingen. Hierbij waren niet langer 'alleen' de concentraties koolzuurgas en luchtverontreinigingen van belang, maar een samenspel van meerdere factoren, waar bijvoorbeeld ook de luchttemperatuur en stralingstemperatuur, luchtvochtigheid, de wijze van luchtcirculatie en de luchtsnelheid onderdeel van uitmaakten.³¹

VERWARMING VAN HET CONCERTGEBOUW

Vergeleken met de richtlijnen zoals deze rond 1880 waren opgenomen in de vakliteratuur, werd er voor het verwarmen van de vertrekken in het Concertgebouw door Sijmons & Huijgen uitgegaan van een relatief lage binnentemperatuur van vijftien graden Celsius voor de concertzalen en achttien graden voor de overige vertrekken. De ontwerp temperatuur voor de concertzalen lag relatief laag, vanwege de eerdergenoemde opwarming door de lichaamswarmte van aanwezige toeschouwers. Om in de concertzalen de binnentemperatuur te kunnen beheersen, werd een systeem voor warmeluchtverwarming toegepast, aangedreven door een ventilator. Het voordeel van warmeluchtverwarming was dat de zalen snel en relatief efficiënt konden worden verwarmd voor aanvang van de concerten, wat belangrijk was omdat de zalen slechts op gezette tijden voor een korte periode in gebruik waren.

Heetwaterverwarming of stoomverwarming was vanwege het grote volume van de zalen en de beperkte capaciteit van radiatoren minder geschikt.³² Adequate ventilatie van de zalen was bovendien tijdens de voorstelling van groter belang dan het toevoeren van extra warmte, waardoor de koppeling van het systeem voor verwarming aan die voor ventilatie gunstig was. Het nadeel van warmeluchtverwarming was echter dat er relatief veel warmteverlies optrad bij het afvoeren van de bedorven lucht, waardoor de stookkosten in de winter aanzienlijk waren. In de koorzalen, solistenkamers en de stemkamer werd om die reden gekozen voor heetwaterverwarming, van het systeem Perkins (afb. 10).³³ Deze zalen waren vaker en langer in gebruik dan de concertzalen, hadden gunstigere afmetingen en konden natuurlijk geventileerd worden.

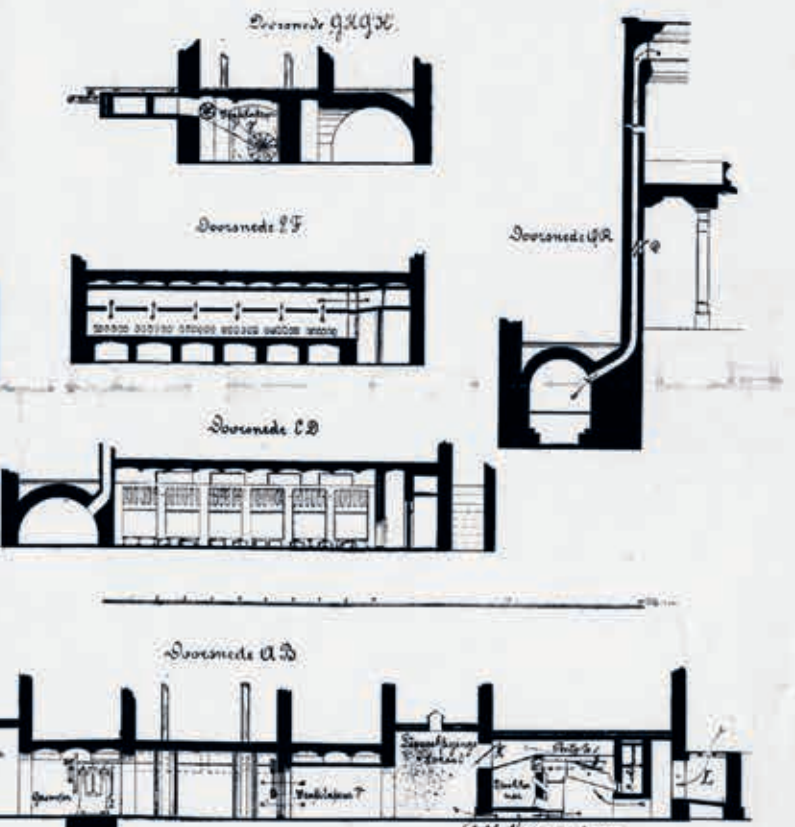
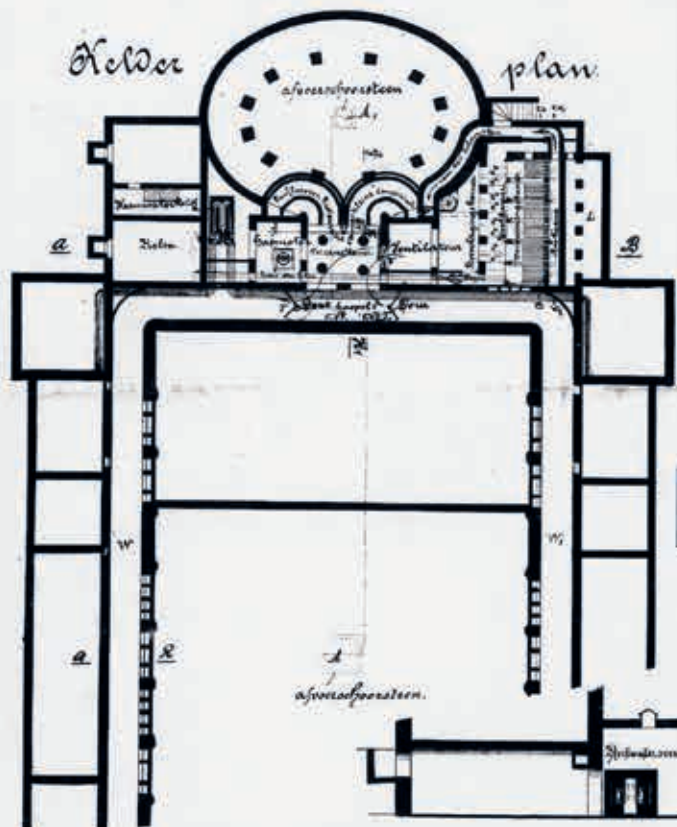
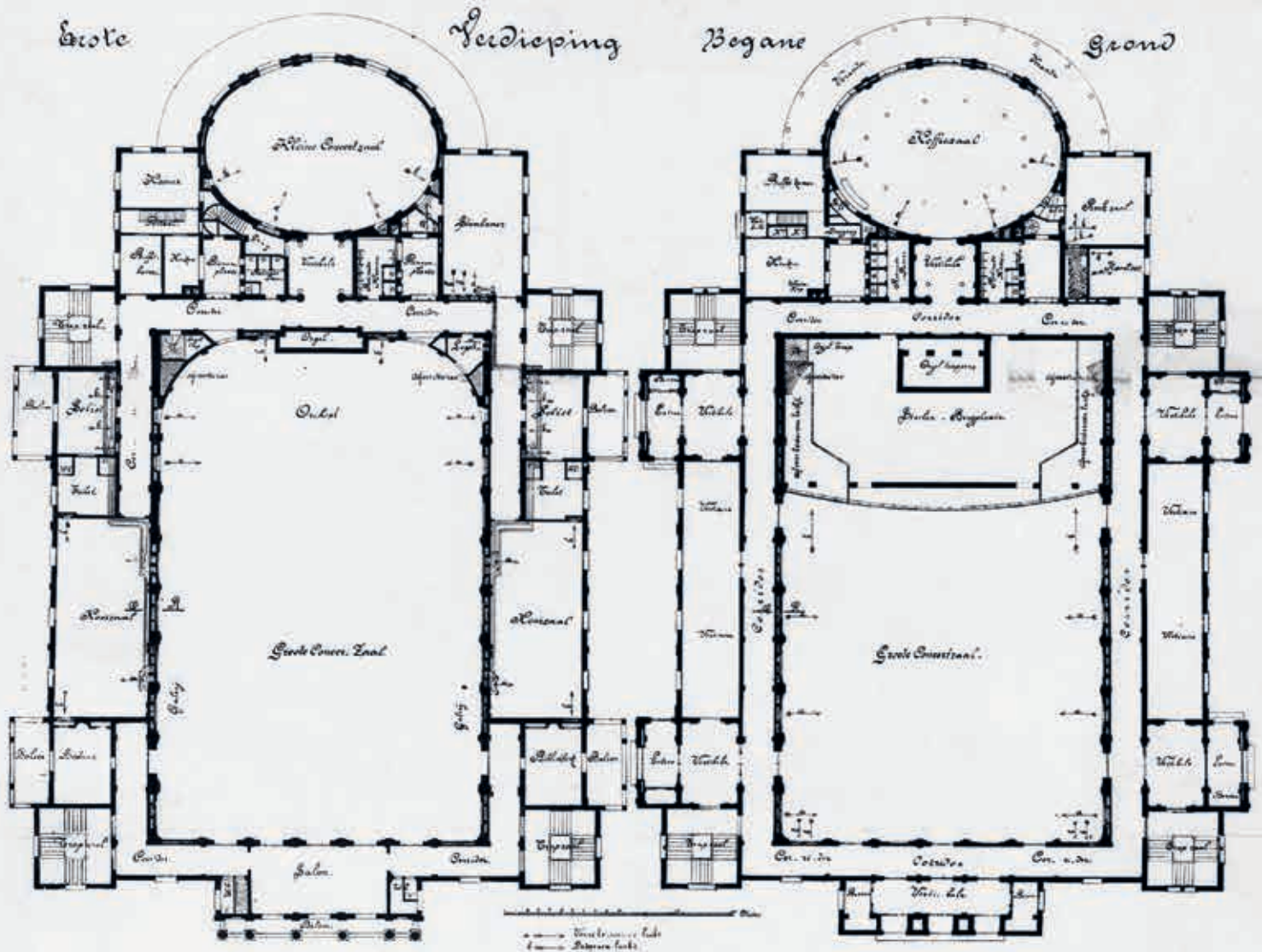


11. De B.F. Sturtevant Company was ook voor de Nederlandse praktijk een belangrijke fabrikant van ventilatoren als onderdeel van systemen voor mechanische ventilatie en warmeluchtverwarming in openbare gebouwen (*Heating and Ventilating* 6 [1895], xvii)

De verwarmingsinstallatie, bestaande uit zes ingemetselde ovens, stond opgesteld in de kelder van het gebouw, tussen de grote en kleine concertzaal in. Frisse lucht werd ingevoerd via de tuin, en naar de verwarmingskamer geleid, waar de lucht werd verwarmd tot een temperatuur van vijfendertig graden.³⁴ Omdat gesteld werd dat door de aanwezigheid van begroeiing in de tuin weinig tot geen stof werd aangevoerd, hoefde de lucht niet eerst kunstmatig gereinigd te worden.³⁵ Eenmaal verwarmd werd de lucht door een grote ventilator via een bevochtigingskamer door het gebouw gestuwd (afb. 11).³⁶ Het hoofdkanaal dat de grote zaal van verse lucht voorzag, lag onder de begane grondvloer en had een lengte van 160 meter en een vrije hoogte van twee meter onder de boog van het gewelf. Via verticale kanalen, opgenomen in spouwen in het muurwerk van de zaal, en openingen voorzien van smeedijzeren roosters in de wanden van de grote zaal werd de verse lucht verspreid in de zaal (afb. 12).

Door een wisselklep in de verticale luchtkanalen konden de ventilatieopeningen ter plaatse van de begane grond voor zomerventilatie afgesloten worden, zodat de verse lucht alleen ingevoerd werd via de hooggeplaatste roosters in de kroonlijst. Indien de temperatuur van de aangevoerde lucht dit noodzakelijk maakte, kon door het openen of sluiten van schuiven de onderzijde van de verwarmingskamer worden gekoppeld aan een naastgelegen ruimte voor luchtbevochtiging. In deze ruimte kon warme lucht worden vermengd met koude lucht, om de zalen enigszins te kunnen koelen.³⁷

CONCERTGEBOUW TE AMSTERDAM



De afvoer van bedorven lucht was in de concertzalen gekoppeld aan de toepassing van gasverlichting. In twaalf caissons in het cassetteplafond van de grote zaal bevonden zich ventilatierozetten, de grootste boven de centrale gaskroon, waarbij de warmte afgegeven door de open gasverlichting bijdroeg aan het creëren van voldoende trek om bedorven lucht op natuurlijke wijze af te kunnen voeren (afb. 13). Dit is ook de reden waarom aan het eind van de negentiende eeuw, toen in principe ook elektrische verlichting in openbare gebouwen kon worden toegepast, er toch vaak voor 'ouderwetse' gasverlichting werd gekozen voor het verlichten van grote ruimtes. In de rookzaal en de restauratiezaal, waar eveneens de luchtverversing snel onder druk stond, waren gasvlammen opgenomen in de afvoerkanalen om extra snelheid te geven aan de ventilatielucht.³⁸ In hoge vertrekken bleef echter toch vaak een groot reservoir aan bedorven lucht hangen onder het plafond. In de zomer, wanneer de zoldering door de warmte van de zon flink opwarmde, kon deze bedorven lucht door het ontstane temperatuurverschil eenvoudig naar buiten getrokken worden door afvoeren in het dak. In de winter koelde een deel van deze lucht onder het plafond of in de koude zoldering echter af, en stroomde neerwaarts, terug in het vertrek. Cassetteplafonds hadden als extra nadeel dat hier de lucht niet goed kon worden afgezogen, en er onder de cassettes koffers met koude lucht ontstonden, die vervolgens daalden en tocht konden veroorzaken. In dit geval kon bedorven lucht beter via afvoerkanalen langs de plinten worden afgevoerd.³⁹

HET GEBOUW ALS KLIMAATMACHINE

Architecten beschikten in het laatste kwart van de negentiende eeuw over tal van gereedschappen om de technische installaties voor de beheersing van het binnenklimaat te ondersteunen door middel van het ontwerp van het gebouw. Ook in het ontwerp van het Concertgebouw is te zien hoe de omgang met het binnenklimaat zijn weerslag vond in architectonische en bouwtechnische keuzes. In het geval van het Concertgebouw had het realiseren van een goede akoestiek natuurlijk prioriteit in het ontwerp, maar de hoofdstructuur van het gebouw werd eveneens in belangrijke mate bepaald door het toegepaste klimaatstelsel. Om de warme lucht efficiënt, en zonder onnodig warmteverlies door het gebouw te kunnen verspreiden, dienden de verschillende concertzalen zodanig rond de verwarmingskamer te worden gesitueerd, dat de afstand waarover de warme lucht werd getransporteerd zo kort mogelijk was. Dat gold ook voor

de afstanden van de ondersteunende vertrekken ten opzichte van de verwarmingsketels voor de heetwaterverwarming. Vanwege de akoestiek was het noodzakelijk dat de grote concertzaal werd omgeven door een corridor, maar tegelijkertijd volgde het hoofdkanaal voor de aanvoer van warme lucht de gangenstructuur van de begane grond, zodat de warme lucht op gelijkmatige wijze in de zaal kon worden verspreid. Het zware muurwerk van de grote zaal was eveneens niet alleen vanwege de akoestiek van belang, maar ook noodzakelijk om kanalen te kunnen opnemen voor het verticale transport van lucht. Bovendien kon de thermische massa van het muurwerk schommelingen in de binnentemperatuur van de grote zaal enigszins reguleren. Aangrenzende onverwarmde ruimtes, zoals vestibules, voorkwamen tocht en warmteverlies naar buiten. Ook op kleinere schaal had het binnenklimaat invloed op het ontwerp, bijvoorbeeld door de toepassing van tuimelende bovenlichten in de kruiskozijnen ter plaatse van de vertrekken die op natuurlijke wijze werden geventileerd, en de veranda aan de tuinzijde ter beperking van zoninstraling in de koffiezaal.

Een niet bij naam genoemde redacteur beschreef in 1886 het nieuwe, moderne Concertgebouw, waaronder de toegepaste installaties, in tijdschrift *Eigen Haard*: 'Dit geheele stelsel van luchtversching, met haar vele fornuizen, haar luchtperspomp, haar uitgebreid net van kanalen is zeker een van de merkwaardigsten gedeelten van den ganschen bouw. Laat ons hopen, dat de praktijk het vernuft der ontwerpers glansrijk kronet.'⁴⁰ Of het binnenklimaat na oplevering daadwerkelijk aan alle verwachtingen voldeed, is niet eenvoudig vast te stellen. Dat doet echter weinig af aan de grote stappen die in deze periode op het gebied van de beheersing van het binnenklimaat waren gemaakt. Experimenten, ervaringskennis en, vanaf de tweede helft van de negentiende eeuw, onderzoek dat steeds nadrukkelijker gefundeerd was op een wetenschappelijke grondslag, hadden aan het eind van de negentiende eeuw geleid tot enige consensus over de basisvoorwaarden voor een gezond en comfortabel binnenklimaat. Medici, hygiënisten en ingenieurs vonden hierin steeds vaker de architect als bondgenoot. In vergelijking met enkele decennia eerder konden ingenieurs en architecten bovendien uit een aanzienlijk aantal installatietechnische mogelijkheden kiezen om een gezond en comfortabel binnenklimaat te realiseren. Deze varieerden van centrale verwarmingssystemen op basis van stoom, heet water en warme lucht, tot systemen voor mechanische ventilatie, al dan niet gecombineerd met luchtbevochtiging en luchtreiniging. Het gebouw zelf bleef echter, ondanks deze technologische vooruitgang, tot in de eerste decennia van de twintigste eeuw een essentieel onderdeel van de 'klimaatmachine'.

12. Plattegrond en doorsnedes van het Concertgebouw in Amsterdam bij oplevering van het gebouw in 1888, met daarop aangegeven het verwarmings- en ventilatiesysteem (*Bouwkundig Weekblad* 8 [1888], z.p.)



13. In de Stadsschouwburg aan het Leidseplein in Amsterdam was de ventilatie van de grote theaterzaal in de negentiende eeuw eveneens gekoppeld aan de toepassing van open gasverlichting. Ook hier bevond zich een grote gaskroon vlak onder de centrale afvoer voor bedorven lucht in het hart van het plafond. Door de warmte van de gaskroon ontstond extra trek, waarmee de lichtsnelheid van de afvoerlucht werd verhoogd (Stadsarchief Amsterdam)

Als gevolg van de enorme technologische ontwikkelingen in de klimaattechniek in de twintigste eeuw, zijn veel van de oorspronkelijke, negentiende-eeuwse innovaties en technische installaties inmiddels verdwenen. Voor wie goed kijkt zijn er echter vaak meer architectuur- en bouwhistorische sporen van het oorspronkelijke klimaatontwerp aanwezig dan verwacht. Denk hierbij aan bouwkundige kanalen, verborgen onder vloeren, in muren en boven plafonds, of ventilatieroosters, bufferzolders en ventilatietorens die nu niet meer als zodanig in gebruik zijn. Onderzoek naar de ontwikkeling van klimaattechniek kan daarmee een waardevolle toevoeging zijn voor de geschiedenis van de architectuur en bouwtechniek in de negentiende eeuw. Dit artikel maakt dan ook deel uit van lopend promotieonderzoek, waarbij de omgang met het bin-

nenklimaat van gebouwen in de gehele negentiende eeuw nader wordt onderzocht. In het onderzoek wordt een beeld geschetst van de wijze waarop in de negentiende eeuw gebouwen werden verwarmd en geventileerd, variërend van woningen tot openbare gebouwen als scholen, ziekenhuizen en theaters. Kennis van en inzicht in de wijze waarop men in de negentiende eeuw poogde om een gezond en comfortabel binnenklimaat te realiseren, kan historici, architecten en adviseurs inspireren om bij renovatie en herbestemming overgebleven onderdelen van het klimaatontwerp op de juiste wijze te interpreteren en te waarderen. Bovendien biedt onderzoek naar historische klimaatontwerpen kansen voor het duurzaam realiseren van een binnenklimaat dat past bij onze huidige eisen, zowel op het gebied van comfort als het energieverbruik.

NOTEN

- 1 J.M. Oudendijk, 'Zuivere lucht in de kamer', *Eigen Haard* (1888), 391-392.
- 2 Belangrijk werk is in Nederland verricht door Meindert Stokroos. Van zijn hand verscheen in 2001 *Verwarmen en verlichten in de negentiende eeuw*. In de afgelopen decennia werd met enige regelmaat over het onderwerp gepubliceerd in met name Groot-Brittannië en de Verenigde Staten, o.a. in R. Banham, *The Architecture of the Well-tempered Environment*, Londen (1984, eerste druk 1969); R. Bruegmann, 'Central Heating and Forced Ventilation. Origins and Effects on Architectural Design', *The Journal of the Society of Architectural Historians* 38 (1978), 156; D. Hawkes, *The Environmental Tradition. Studies in the Architecture of Environment*, Londen 1996; V. Lerum, *Sustainable Building Design. Learning from Nineteenth Century Innovations*, Londen 2015; B. Donaldson en B. Nagengast, *Heat & Cold. Mastering the Great Indoors*, Atlanta 1994.
- 3 De beperkte omvang van dit artikel leent zich er niet voor om de geschiedenis van comfort uitputtend te behandelen. De volgende publicaties over de definitie van comfort zijn voor dit artikel als uitgangspunt gebruikt: T. Maldonado, 'The Idea of Comfort', *Design Issues* 8 (1991), 35-36; J. Crowley, *The Invention of Comfort. Sensibilities and Design in Early Modern Britain and Early America*, Baltimore 2001, 141-143, 292; E. Shove, *Comfort, Cleanliness and Convenience. The Social Organization of Normality*, Oxford 2003, 24, 45.
- 4 Maldonado 1991 (noot 3), 37.
- 5 J. Leliman, 'De Arbeiderswoning', *Bouwkundige Bijdragen* 15 (1867), 334; J. Drysdale en J. Hayward, *Health and Comfort in House Building, or, Ventilation with Warm Air by Self-acting Suction Power*, Londen 1872, preface.
- 6 Maldonado 1991 (noot 3), 40 en A. van der Woud, *De nieuwe mens. De culturele revolutie in Nederland rond 1900*, Amsterdam 2015, 252.
- 7 Banham 1984 (noot 2), 10; Bruegmann 1978 (noot 2), 156.
- 8 I. Cieraad (red.), *At Home. An Anthropology of Domestic Space*, Syracuse 2006, 120; E. Jacob, *Notes on the Ventilation and Warming of Houses, Churches, Schools and Other Buildings*, Londen 1894, 12; D.B. Reid, *Illustrations of the Theory and Practice of Ventilation with Remarks on Warming, Exclusive Lighting, and the Communication of Sound*, Londen 1844, 206; W. de Waal, 'Over ventilatie of luchtversching. Gevolgd naar het Engelsch van Morill Wyman', *Bouwkundige Bijdragen* 7 (1852), 77-78; R. Porter, *Geschiedenis van de geneeskunde*, Gent 2006, 79-80; Shove 2003 (noot 3), 86-87; Bruegmann 1978 (noot 2), 149.
- 9 In de negentiende eeuw, en daarom ook in dit artikel, werd koolstofdioxide consequent aangeduid als koolzuurgas. Drysdale en Hayward 1872 (noot 5), 13; A. Freem, 'Doelmatige ventilering', *Bouwkundig Weekblad* 9 (1899), 20; D. Knuttel, 'De hygiëne in de bouwverordeningen', *Bouwkundig Weekblad* 2 (1882), 312; D. Reid 1844 (noot 8), x-xi; C. Tomlinson, *A rudimentary treatise on warming and ventilation: being a concise exposition of the general principles of the art of warming and ventilating domestic and public buildings, mines, lighthouses, ships &c.*, Londen 1850, 172; G. Cooper, *Air-conditioning America. Engineers and the Controlled Environment, 1900-1960*, Baltimore 1998, 59.
- 10 G. Looman, 'Over eenige eigenschappen van de lucht, het water en den bodem', *Bouwkundig Weekblad* 8 (1888), 127-128; J. Rinkes, 'Heeft eene doeltreffende en weinig kostbare luchtversching voor particuliere gebouwen onoverkomelijke bezwaren?', *Bouwkundige Bijdragen* deel 21 (1875), 159; Tomlinson 1850 (noot 9), 5-10; De Waal 1852 (noot 8), 65-66, 121-122, 200.
- 11 Donaldson en Nagengast 1994 (noot 2), 20.
- 12 Jacob 1894 (noot 8), 15; Reid 1844 (noot 8), 176.
- 13 Jacob 1894 (noot 8), 16-17.
- 14 W. Bernan en R. Stuart, *On the history and art of Warming and Ventilating rooms and buildings: by open fires, hypocausts, German, Dutch, Russian, and Swedish stoves, steam, hot water, heated air, heat of animals, and other methods; with notices of the progress of personal and fireside comfort, and of the management of fuel. Illustrated by two hundred and forty figures of apparatus. Volume 2*, Londen 1845, 314; Tomlinson 1850 (noot 9), 13-14, 258-260; N.n., 'Lezingen over ventilatie', *De Opmerker* 12 (1877), z.p.
- 15 A. Godefroy, 'Luchtversching in gebouwen en woonhuizen', *Bouwkundige Bijdragen* deel 11 (1860), 213-215; Jacob 1894 (noot 8), 20-21; M. von Pettenkofer, *The relations of the air to the clothes we wear, the house we live in, and the soil we dwell on: 3 lectures, abridged and translated by Augustus Hess*, Londen 1873, 17; Reid 1844 (noot 8), 200; C. Rieber, 'Een nieuwe ventilator', *Bouwkundig Weekblad* 1 (1881), 90; F. Unger, 'Centrale verwarming en luchtversching van gebouwen', *Architectura* 21 (1913), 106-107; N.n., 'Het onderzoek van onze kamerlucht', *Eigen Haard* 41 (1915), 214-216.
- 16 N.n. 1915 (noot 15), 214-215, zie ook H. Hinkelman, 'Over ventilatie van woonvertrekken', *Bouwkundig Weekblad* 6 (1886), 185-186.
- 17 Godefroy 1860 (noot 15), 222-225; P.P., 'Luchtversching in school, woning en stal', *De Opmerker* 5 (1870), z.p.
- 18 P.P. 1870 (noot 17), z.p.; K. van der Heijden, 'Verwarming en ventilatie door ing. Joh. Korting naar het Duitsch door K.F. van der Heijden', *Architectura* 16 (1908), 401.
- 19 Tomlinson 1850 (noot 9), 125.
- 20 J. Rückert, *Schoolbouw*, Amsterdam z.j.
- 21 F. van Erkel, "'De waarde der ventilatie". Een merkwaardig rapport', *Bouwkundig Weekblad* 20 (1900), 226-228; P.P. 1870 (noot 17), z.p.; B. Schwaab, 'Voordracht over ventilatie, met bijzondere beschouwing van het omgekeerde systeem', *Architectura* 17 (1909), 222.
- 22 F. Unger, *Centrale-verwarming en luchtversching van gebouwen*, Amsterdam 1913, 106-107, 446; De Waal 1852 (noot 8), 226-227; N.n., 'Ventilatie', *Architectura* 8 (1900), 138-140.
- 23 N.n., 'Een gevaar voor den algemeenen gezondheidstoestand', *Bouwkundig Tijdschrift* 14 (1896), 20.
- 24 Zie bijvoorbeeld M. van Erkel, 'Ventilatie', *De Opmerker* 3 (1868), 67-68; J. Leliman, 'Eene sectie Bouwkunde in het Koninklijk Instituut van Ingenieurs - of niet?', *Bouwkundig Weekblad* 19 (1899), 191-192; N.n., 'Nieuwe Uitgaven. Ventilatie. Een voordracht door Dr. B. Schwaab, arts. Uitgave van F. van Rossum. Amsterdam', *Bouwkundig Weekblad* 25 (1905), 347; F. Unger, 'Verwarming en luchtversching in hun verhouding tot architectuur, techniek en hygiëne', *Bouwkundig Weekblad* 28 (1908), 888-892; Unger 1913 (noot 15), 446.
- 25 In de Nederlandse praktijk werden met name het werk van Jean Claude Pécelet (Frankrijk), Thomas Tredgold, Robert Meikleham (onder pseudoniem Walter Bernan), Marquis Jean-Frédérique de Chabannes, David Boswell Reid, John Drysdale en John Hayward (allen uit Groot-Brittannië), en Max von Pettenkofer en Konrad Meier (beiden uit Duitsland) veelvuldig aangehaald.
- 26 Crowley 2001 (noot 3), 171; A. Saint, 'Architect and Engineer. A Study in Construction History', *Construction History* 31 (2005), 21-30; Shove 2003 (noot 3), 125-126.
- 27 N.n., 'A.L. van Gendt', *Bouwkundig Weekblad* 18 (1901), 166.
- 28 Bouwbesluit 2012, publicatiedatum 3 november 2018, afdeling 3.6 Luchtversching, artikel 3.29, lid 3; H. Hinkelman, 'Onderzoek van lucht in woonvertrekken', *Bouwkundig Weekblad* 4 (1884), 236-237; Hinkelman, 1886 (noot 16), 186; Jacob 1894 (noot 8), 20.
- 29 C. Huijgen, 'Verwarming en Luchtversching van het Concertgebouw te Amsterdam', *Bouwkundig Weekblad* 6 (1886), 132-134.
- 30 E. Schmitt, *Künstlerateliers. T.4. Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude*, Berlijn 1901, 259.
- 31 Hinkelman 1884 (noot 28), 236-237; Hinkelman 1886 (noot 16), 186; Jacob 1894 (noot 8), 20; N.n., 'Een en ander over ventilatie-inrichtingen in gebouwen', *Architectura* 13 (1905), 281-282, (1906), 10; Van der Heijden 1908 (noot 18), 401.
- 32 C. Huijgen, 'Centrale verwarming', *Bouwkundig Weekblad* 12 (1892), 250-253.
- 33 H. van Royen, *Historie en kroniek van het Concertgebouw en het Concertgebouworkest 1888-1988. Deel 1*, Zutphen 1988, 69-96; N.N., 'Het nieuwe concertgebouw

- te Amsterdam', *Eigen Haard* (1886), 641-644; A. van Gendt, 'Het concertgebouw te Amsterdam', *De Opmerker* 23 (1888), 2-3; Huijgen 1886 (noot 29), 132-134, zie ook Stokroos 2001 (noot 2), 130-131.
- 34 Huijgen 1886 (noot 29), 133.
- 35 Hoewel er in de kelder geen luchtreinigingsinstallatie stond opgesteld, kon de lucht wel worden bevochtigd. Huijgen 1886 (noot 29), 133.
- 36 Deze ventilator had een vleugeldoor-sneede van 1,75 meter en werd aangedreven door een gasmotor van 5 pk.
- De ventilator kon 380 omwentelingen per minuut maken en had daarmee een maximaal vermogen van 70.000 m³ per uur. Huijgen 1886 (noot 29), 134.
- 37 Het Nieuwe Instituut (HNI), archief A.L. van Gendt, archiefnummer BEST5, Bestek Concertgebouw Amsterdam, inv.nr. BEST5, 21; Huijgen 1886 (noot 29), 132-134.
- 38 Voor het beheersen van de binnentemperatuur waren elektrische afstands-thermometers geïnstalleerd, zogenaamde Thermo-indicateurs, die met een
- overzichtsbord in de kelder in verbinding stonden. Door een druk op een knop kon de machinist door middel van een plaatje op het bord zien welke temperatuur de verschillende thermometers aangaven. De thermometers konden worden afgesteld op veertien, zestien of achttien graden. HNI, Bestek 1885 (noot 37), 64 en Huijgen 1886 (noot 29), 132-134.
- 39 Tomlinson 1850 (noot 9), 167-168; Jacob 1885 (noot 8), 64.
- 40 N.N. 1886 (noot 33), 643.

DRS. ING. N.M. HOGEN is architectuurhistoricus en promovendus aan de Universiteit van Amsterdam. Zij werkt daarnaast als docent bij de specialisatie Architectonische Techniek van de opleiding Built Environ-

ment van de Hogeschool van Amsterdam, en als zelfstandig onderzoeker, adviseur en publicist op het gebied van cultureel erfgoed, herbestemming en restauratie.

A HEALTHY AND COMFORTABLE INDOOR CLIMATE AS NINETEENTH-CENTURY DESIGN TASK

'...AND ARE SURPRISED WHEN THEY GET HEADACHES AND EVENTUALLY GROW PALE'.

NATASJA HOGEN

Thus far, the nineteenth-century history of the technical control of the indoor climate in buildings (ventilation, heating, regulation of humidity) in the Netherlands has received scant attention.

This article shows that the topic requires an interdisciplinary approach because it entails cultural history, scientific history and technical aspects. Cultural history because the demand for greater comfort and the growth of night-time entertainment in the nineteenth century reinforced the demand for some form of indoor climate control. Scientific history because both the causes of a poor indoor climate and its impact on human beings were the subject of intensive research and growing understanding. And finally technical, because technical solutions aimed at improving the indoor climate (up to and including establishing workable air, ventilation and heating standards) became increasingly important for Dutch architects and for a professional group that made unprecedented strides in the nineteenth century: the engineers.

After first introducing the reader to the theoretical concepts of the above-mentioned aspects, the article proceeds to test and illustrate this 'paper reality' in light of an actual case, the construction of the Concertgebouw in Amsterdam from 1883-1886. Architect A.L. van Gendt and engineers worked together here, employing a combination of architecture and technical systems to create a 'climate machine' capable of fur-

ther enhancing a concert hall with excellent acoustics. The ambition was to turn the Concertgebouw into a cultural temple in which an ingenious ventilation and heating system ensured that the orchestra was as comfortable during rehearsals and performances as the audience during the concert and the interval.

To give some idea of this 'climate machine': the heating system consisted of bricked-in furnaces in the building's basement. Fresh air was channelled from the garden into the heating chamber. Once heated, a large ventilator pushed the warm air through a humidifying chamber and from there into all the rooms and spaces in the building. In the concert hall the removal of stale air was linked to the gas lighting system: the caissons in the hall's coffered ceiling were fitted with ventilation rosettes; the heat from the open gas lighting helped to create sufficient draught to remove the stale air naturally.

As a consequence of the huge technological advances in air conditioning during the twentieth century, many of the original nineteenth-century innovations and technical systems have since disappeared. Knowledge of and insight into the way people in the nineteenth century tried to create a healthy and comfortable indoor climate can help historians, architects and consultants involved in renovation and repurposing to correctly interpret and appreciate surviving elements of such climate designs.