

Transport van lucht

Kennisbank Bouwfysica

Auteurs: dr. Edward Prendergast (moBius consult), dr.ir. Peter van den Engel,

1 Inleiding, luchtkanalen

Luchtkanalen zijn meestal de grootste installatietechnische componenten in een gebouw. De afmeting van kanalen is dan ook bepalend voor de benodigde installatieruimte. Dit geldt voor zowel horizontaal als verticaal transport.

Voor het bepalen de grootte van de luchtkanalen moet de gewenste maximale luchthoeveelheid die moet worden toegevoerd worden bepaald. Dit is afhankelijk van de gebouwfunctie en eventueel of er verwarmd of gekoeld moet worden met lucht. Om de lucht toe te voeren moet uitgegaan worden van een luchtsnelheid van maximaal 3 m/s in de kanalen voor woningen en maximaal 5 m/s in het hoofdkanalenstelsel voor utiliteitsbouw¹. Bij hogere snelheden zal de stromende lucht te veel geluid gaan produceren en neemt het energiegebruik toe.

Lucht wordt door de kanalen geleid middels drukverschillen die worden veroorzaakt door ventilatoren. Hierbij geldt de formule:

$$P = 0,5 * \text{Rho} * v^2$$

P = statische druk in het kanaal

Rho = soortelijk gewicht van lucht

V = luchtsnelheid

Het energiegebruik van de ventilator is evenredig met de druk die de ventilator produceert. Dat betekent dat het energiegebruik van de ventilator kwadratisch toeneemt met de hoeveelheid lucht (= de snelheid in het kanaal) die door een kanalenstelsel wordt geleid.²

Naast de statische druk, moeten ventilatoren de weerstand in de kanalen overwinnen die wordt veroorzaakt door bochten en splitsingen. De weerstand is nadelig, omdat het meer energie kost om lucht door de kanalen te leiden en omdat er (onvoorspelbare) geluidbronnen kunnen gaan ontstaan. Door het kanaalstelsel zo eenvoudig mogelijk te houden kan de weerstand in het stelsel worden beperkt.

Vanwege het bovenstaande kunnen zeer grote (bouwkundige) kanalen worden toegepast om het energiegebruik van ventilatoren te minimaliseren. Dit is een zogenaamd lage-druksysteem.

2 Horizontaal en verticaal transport

Warmte, koude en verse lucht worden getransporteerd via leidingen en luchtkanalen. Horizontale leidingen en kanalen kunnen in verlaagde plafonds, kruipruimten, verhoogde vloeren,

¹ In concertzalen is zelfs een maximum van 2 m/s gebruikelijk.

² In werkelijkheid is dit zelfs met de derde macht als rekening wordt gehouden met het ideale drukgebied voor ventilator, het zogenaamde werkpunt. Het bespreken daarvan valt buiten het bestek van deze module.

borstweringen e.d. worden aangebracht. Verticale leidingen en kanalen in schachten. Uiteraard kunnen leidingen en kanalen ook "in het zicht" lopen.

2.1 Bereikbaarheid

Leidingen en luchtkanalen kunnen ruimtelijk in gevels en scheidings- en draagconstructies worden opgenomen. Er zijn ook voorbeelden waarbij ze functioneel zijn geïntegreerd. Installaties moeten bereikbaar blijven voor onderhoud, vervanging e.d.. In de praktijk wordt hier echter niet altijd aan voldaan. In de volgende paragrafen wordt een vorm van ruimtelijke integratie besproken die niet ten koste gaat van de maakbaarheid en bereikbaarheid van de installaties.

2.2 Eigenschappen en aandachtspunten

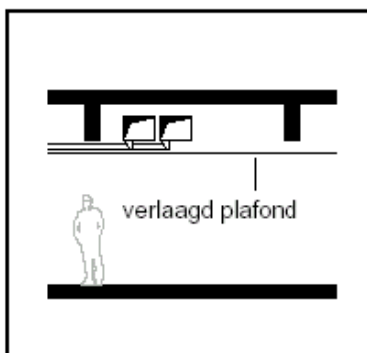
Luchtkanalen worden vaak gemaakt van verzinkte staalplaat: ronde of ovale spiraalgefelste buis voor kleine luchthoeveelheden en rechthoekige kanalen voor grote hoeveelheden. Kanalen en buizen maakt men ook wel van aluminium of roestvast staal, bijvoorbeeld als condensatie wordt verwacht, zoals bij keukens en badruimten. Kunststof wordt weinig gebruikt omdat bij verwarming een hinderlijke geur ontstaat. Ronde en ovale buizen verbindt men met popnagels en dicht de naden met aluminiumtape of met weefsel versterkte kunststoffolie. Kleine rechthoekige kanalen worden ook wel zo gemonteerd. Het is beter om ze - net als grote kanalen - met flenzen, pakkingen en bouten luchtdicht te verbinden.

Kanalen voor verwarming en koeling worden meestal thermisch geïsoleerd. Ook kanalen die buiten de thermische schil liggen (op het dak) moeten worden geïsoleerd. Isolatie kan ook nodig zijn om te voorkomen dat ventilator- en stromingsgeluid tot verblijfsruimten doordringt. Isolatie wordt aan de buitenzijde van de kanalen aangebracht. Vaak gebruikt men hiervoor glaswol of minerale wol in de vorm van dekens of geperste platen die zijn afgedekt met een dampremmende laag van aluminium- of kunststoffolie. Is er kans op uitwendige condensatie, zoals bij kanalen voor gekoelde lucht of buitenlucht, dan past men ook wel kunststofschuim met gesloten celstructuur als isolatiemateriaal toe. Een jaar of twintig geleden werden kanalen vaak inwendig geïsoleerd om ventilator- en stromingsgeluid in het kanaal te absorberen. Tegenwoordig gebeurt dit niet meer vanwege het risico dat vezels uit het isolatiemateriaal losraken en in verblijfsruimten terecht komen waar ze hinder en zelfs gezondheidsklachten kunnen veroorzaken.

3 Integratie met de draagconstructie

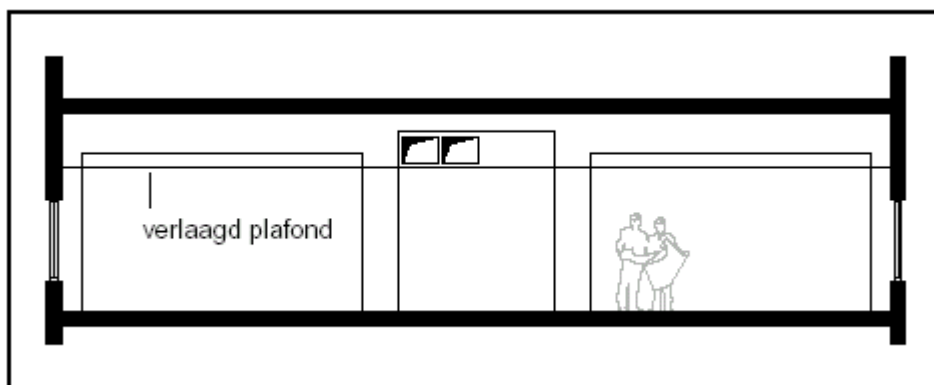
3.1 Balken

Een traditionele draagconstructie bestaat uit vloeren, balken en kolommen. Vaak wordt om een vlak plafond te krijgen onder de balken een verlaagd plafond aangebracht. Daardoor is bij deze constructie "van nature" ruimte aanwezig voor horizontale leidingen en luchtkanalen. Over het algemeen is het het meest effectief bij dit type draagconstructie als de hoofdbalken en de hoofdkanalen evenwijdig lopen. De grootste kanalen liggen dan **tussen** de balken, terwijl alleen kleinere aftakkende kanalen de balken kruisen (figuur 1).



figuur 1 Effectief ruimtegebruik door situering van hoofdkanalen tussen de hoofdbalken

Luchtkanalen kunnen zonder vrije ruimte aan wanden of vloeren worden bevestigd. Zonder eraan te zijn bevestigd, kunnen leidingen met een minimale speling balken kruisen. Ook kunnen kanalen en leidingen balken kruisen via sparingen in de neutrale zone of met extra wapening versterkte zones van die balken. Soms kan het verhogen en/of verbreden van balken, speciaal voor het maken van sparingen, uiteindelijk tot ruimtewinst leiden. Ook is door het beperken van balkhoogten ter plaatse van korte overspanningen is vaak ruimte en - daarmee - bouwhoogte te sparen (figuur 2)



figuur 2 ruimtebesparing door het plaatselijk beperken van balkhoogte

3.2 Vlakke plaatvloeren

Vlakke plaatvloeren - vaak met grote overspanningen - en liggers die nauwelijks hoger zijn dan de vloer ("hoed-liggers") zijn een modern alternatief voor de traditionele draagconstructie. Vlakke plaatvloeren worden aantrekkelijk gevonden, mede omdat ze verlaagde plafonds overbodig kunnen maken. De integratie van het ventilatiesysteem is echter vaak lastig. Vooral geprefabriceerde (kanaal-)plaatvloeren kunnen de verticale loop van leidingen en kanalen sterk beperken. Ook vloerroosters zijn niet overal te plaatsen door de (on)mogelijkheid van het aanbrengen van sparingen, in het bijzonder in de nabijheid van opleggingen.

Een oplossing voor het sparingenprobleem in vloeren, is het zoveel mogelijk **horizontaal** verdelen van water en lucht. Kanalen en leidingen kunnen in een omkasting ter plaatse van de borstwering lopen. Op die manier ontstaat een brede "vensterbank" en kan luchttoevoer plaatsvinden via roosters in die vensterbank. Zijn de vertrekken meer dan twee maal hun hoogte diep, dan is de toepassing van verlaagde plafonds vrij algemeen. Voor de toevoer en/of afvoer van lucht moet dan namelijk plafonduitlaten (anemostaten of wervelroosters) of lijnroosters in het plafond

worden gebruikt. Ook bij minder diepe ruimten kan een verlaagd plafond nodig zijn, bijvoorbeeld als de vertrekklucht (i.v.m. beperking van de koelbehoefte) via de verlichtingsarmaturen moet worden afgevoerd.

Een andere aanpak is het maken van open plafonds met plafondeilanden voor de akoestiek en de integratie met verlichting. In dat geval wordt de lucht bijvoorbeeld met lage snelheid via het plafondeiland toegevoerd (variant verdringingsventilatie). Bij deze aanpak wordt de accumulerende werking van de constructie van het gebouw beter benut en is ook de ruimte hoger. De keuze wel of geen plafonds heeft zowel een fysische als architectonische achtergrond. Bij het gebouw voor Bouwkunde bij de TU-Delft zijn om die reden de plafonds weer weggehaald.

Bij kanaalplaatvloeren worden de holle ruimten wel gebruikt als luchtkanaal om geen verlaagd plafond te hoeven toepassen. Het wordt ook wel gedaan om het warmteaccumulerend vermogen van de vloermassa beter te benutten.

3.3 Verhoogde vloeren

Verhoogde vloeren worden vaak gekozen als 'flexibel' alternatief voor kabelgoten. Ze worden ook wel 'computervloeren' genoemd. Ten opzichte van kabelgoten langs de borstwering zijn ze dat zeker. Het verschil in flexibiliteit ten opzichte van kabelgoten in de afwerklaag van de vloer of in het (verlaagde) plafond is veel kleiner. Een nadeel van verhoogde vloeren is dat de specifiek werkzame massa (SWM) van de vloer niet meer toegankelijk is. Dit is van invloed op de eventueel benodigde koelcapaciteit.

4 Integratie in wanden en gevels

4.1 Integratie met wanden

Luchttoevoer moet in alle ruimtes in een gebouw plaatsvinden. Hierdoor kan het noodzakelijk zijn dat kanalen door een scheidingswand lopen. Een belangrijk gevolg van passage door scheidingswanden is de doorbreking van de akoestische scheiding tussen de ruimten. Daarom is het gunstiger hoofdkanalen in gangen te leggen en vanuit de gang per ruimte een aansluiting te maken. Let hierbij op dat door toe- en afvoer beiden in de gangwand te situeren, de kans op kortsluiting en een slechte ventilatie-efficiency van de groter wordt.

Liggen de (hoofd)kanalen in de ruimte zelf, dan moet extra aandacht worden besteed aan de geluidsoverdracht via de kanalen. Roosters moeten worden aangesloten met dubbelwandige geluiddempende slangen met daarin enkele bochten. Vanwege geluidsoverdracht mag de afvoer van lucht via verlichtingsarmaturen en een als "plenum" uitgevoerd verlaagd plafond slechts plaatsvinden als de scheidingswanden van vloer tot vloer lopen (drukschotten boven verlaagd plafond). Passage van scheidingswanden met CV- en koelleidingen is minder kritisch, mits de ruimte tussen de leidingen en de doorvoeropeningen voldoende wordt opgevuld met isolatiemateriaal (bijvoorbeeld minerale wol).

4.2 Integratie in de gevelzone

Schachten en leidingkokers

Horizontale en verticale leidingen en kanalen kunnen zowel aan de buitenzijde als aan de binnenzijde van de constructieve gevel lopen. Soms kunnen ze in de gevel zelf worden opgenomen. Het laatste is minder gunstig omdat de bereikbaarheid wordt beperkt en bediening, onderhoud of vervanging moeilijk uitvoerbaar zijn.

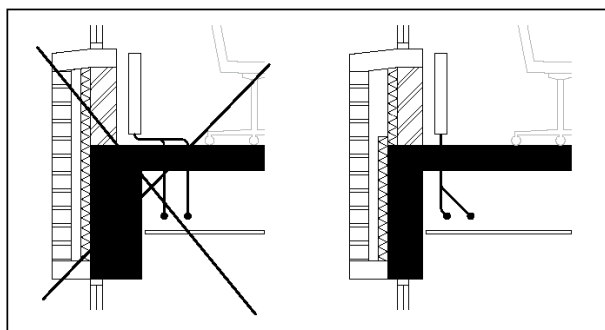
Leidingen en kanalen die aan de buitenzijde van de gevel lopen moeten altijd goed geïsoleerd worden. Ze kunnen in lichte niet-constructieve elementen worden aangebracht. Deze elementen vormen in dat geval horizontale of verticale schachten die het gevelbeeld sterk beïnvloeden. Kanalen kunnen ook, zoiet het goed in het zicht lopen en zeer dominant het gevelbeeld bepalen. Een voorbeeld hiervan is het Centre Pompidou in Parijs.

Horizontale leidingen en kanalen

Horizontale leidingen en kanalen, die achter de gevel lopen, zijn - bijvoorbeeld ter plaatse van de borstwering - in een speciale omkasting aan te brengen. Zo'n oplossing vraagt om een vlakke binnenzijde van de constructieve gevel en eventuele gevelkolommen die voldoende terug liggen. De noodzaak van horizontale leidingen en kanalen ter plaatse van de borstwering, in een omkasting of in het zicht, is vaak het gevolg van een beperkte bruto verdiepingshoogte en het daardoor ontbreken van voldoende inbouwruimte in het verlaagde plafond of het ontbreken van verlaagd plafond. Let op dat bij de aansluiting van scheidingswanden voldoende aandacht wordt besteed aan de geluidwering. Kanalen en leidingen in een doorlopende borstwering kunnen hier een negatief effect op hebben.

Randbalken

Bij de aansluiting van radiatoren of convectoren op leidingen die onder de vloer lopen, bijvoorbeeld in verlaagde plafonds, kunnen randbalken dwingen tot het laten verspringen van de aansluitleidingen boven de vloer. Randbalken waarvan de binnenkant ongeveer in hetzelfde verticale vlak ligt als de binnenkant van de buitenwand kunnen dit probleem voorkomen (figuur 3).



figuur 3 voorbeeld van gewenste afstemming van draag- en gevelconstructie op leidingen (of kanalen)

5 Brandscheidingen

Een gebouw wordt voor de brandveiligheid opgedeeld in verschillende rook- en brandcompartimenten. Dit betreft ondermeer compartimentering van het gebouw in delen die kleiner zijn dan 1.000 m², een brandcompartiment voor de installatieruimte en brand- en rookvrije vluchtroutes. Als kanalen en leidingen de scheiding van dergelijke compartimenten doorkruisen,

zijn hier speciale brandwerende voorzieningen nodig. In kanalen betreft dit brandkleppen. Dit zijn kleppen die dicht gaan als er brand ontstaat. Er zijn opschuimende roosters en rookwerende verkrijgbaar die in geval van brand een rooster kunnen afsluiten. Ook zijn er brandwerende katten en lijmen te gebruiken.

Voor de ontwerper zijn hierbij twee dingen relevant. Ten eerste kan met brandwerende voorzieningen zowel bouwkundig als installatietechnisch veel (maar niet alles) worden opgelost. Ten tweede dat deze oplossingen kostbaar. Met een goed basisontwerp, dat integraal is afgestemd (bouwkundig, installatietechnisch, constructief, duurzaam, brandveilig) kan veel geld gespaard worden.

6 Inbouwruimte in verlaagde plafonds, en dergelijke

6.1 Ruimtebepaling Indicatief

Bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp is weinig bekend. De afmetingen voor inbouwruimten van leidingen en kanalen zijn dan slechts indicatief te bepalen op basis van een systeemindicatie en ervaringscijfers. In tabel 1 zijn de indicatieve waarden voor verschillende systemen in kantoorgebouwen weergegeven.

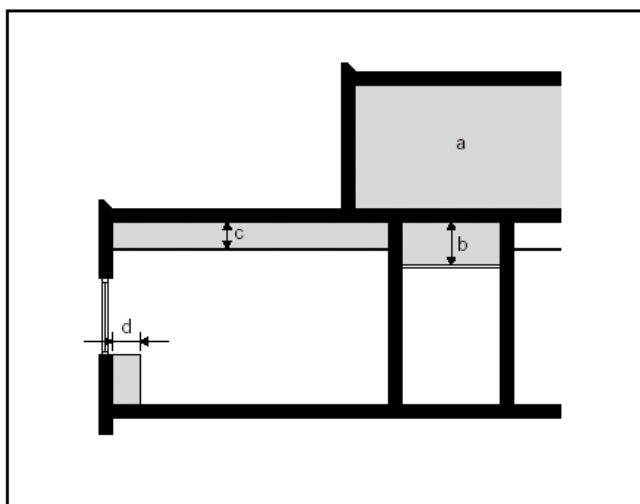
tabel 1 inbouwruimte voor verschillende klimaatregelsystemen (zie figuur 4)

Installatiesysteem	vrije hoogte	vrije hoogte in	verloren
	in gangplafond	plafond kantoren	vloerstrook
	(b) m	(c) m ¹⁾	(d) m
centrale verwarming	0,2	0,1	0,1
CV + mechanische ventilatie	0,4	0,2	0,1
“volledig lucht”-systeem	0,5	0,3	0,1
“lucht/water”-systeem	0,4	0,3 (0,5) ²⁾	0,5 (0,0) ²⁾

¹⁾ hierbij is geen rekening gehouden met ruimte voor de passage van aansluitkanalen en aansluitdozen bij direct afgezogen verlichtingsarmaturen

²⁾ bij inbouw van units in plafond

NB Tabel 1 heeft betrekking op traditionele kantoorgebouwen met vertrekken aan weerszijde van een ten minste 2,1 m brede middengang. De hoofdkanalen en hoofdleidingen liggen daarbij in de ruimte boven het verlaagde plafond van de gang. De hiervoor aangegeven vrije hoogte is nodig om aftakkele leidingen en kanalen te kunnen laten kruisen met hoofdleidingen en hoofdkanalen. Bij grote niet ingedeelde verdiepingsvloeren, zoals bij kantoorruinen, moet de gehele ruimte boven het verlaagde plafond een vrije hoogte moet hebben zoals in tabel 1 voor het gangplafond is aangegeven.



figuur 4 inbouwruimte voor verschillende klimaatregelsystemen

6.2 Ruimtebepaling Globaal

Bij het Voorlopig Ontwerp is de benodigde ruimte voor inbouw van horizontale leidingen en kanalen vaak te bepalen op basis van te schatten leiding- en kanaalafmetingen. Van luchtkanalen is de inwendige diameter of (bij rechthoekige doorsnede) de inwendige hoogte te schatten. Naast de **inwendige** maten van kanalen, worden toevoerkanalen soms voorzien van uitwendige thermische isolatie, waardoor de **uitwendige** maten ca. 50 mm groter worden. Verder is ten minste 100 mm nodig voor de ophanging (isolatie valt hier binnen). Voor kruisende aftakkingen moet ten minste 250 mm bij de inwendige diameter of hoogtemaat van het (hoofd)kanaal worden opgeteld. De ruimte voor de ophanging en isolatie valt daarbinnen.

Let op dat naast de kanalen ook ruimte moet worden gereserveerd voor eindapparaten en apparaten die in het kanalenstelsel zijn opgenomen. Voor een nauwkeuriger vaststelling moeten de afmetingen van deze apparaten bekend zijn. Hiertoe behoren ook de regelaars, reduceerboxen, aansluitdozen e.d. die bij CAV- (constant air volume) en VAV-systemen (variabele air volume) horen. De hoogte en breedte van deze installatiedelen zijn meestal niet veel groter dan de hoogte en breedte van de aansluitkanalen. Warmtewisselaars, zoals die bij CAV- en VAV-systemen voor na-verwarming en -koeling worden gebruikt, hebben een hoogte en breedte die ca. 5 cm groter is dan de hoogte en breedte van de aansluitkanalen. Een nauwkeuriger bepaling van de afmetingen is slechts mogelijk als het vermogen bekend is en gebruik wordt gemaakt van de documentatie van leveranciers.

6.3 Ruimtebepaling Fijn

Het Definitief Ontwerp biedt de laatste kans om de inbouwruimte voor de horizontale kanalen en leidingen precies op het gebouwontwerp af te stemmen. Te kleine inbouwruimte geeft vaak montageproblemen of er moeten kleinere kanalen worden toegepast dan noodzakelijk, met als gevolg hoge luchtsnelheden en hinderlijk stromingsgeluid. Stromingsgeluid is niet afdoende te dempen als inbouwruimte voor dempers ontbreekt of toevoer- en afvoerroosters van de te ventileren ruimten dicht bij de hoofdkanalen zitten.

Te veel inbouwruimte, bij voorbeeld in verlaagde plafonds, kan tot een onnodig grote verdiepingshoogte en daardoor onnodig hoge bouwkosten leiden. Een redelijk nauwkeurige

bepaling van de inbouwruimte is mogelijk door de diameters van leidingen en kanalen te berekenen. Dit is feitelijk een taak voor adviseurs en installateurs. Omdat de inbouwhoogte mede de verdiepingshoogte bepaalt en de verdiepingshoogte de bouwkosten sterk beïnvloeden, zien gebouwonwerpers het bepalen van de inbouwruimte in verlaagde plafonds vaak als hun eigen taak.

Tegenwoordig wordt steeds vaker met BIM ontworpen. Hierbij wordt software gebruikt waarbij de bouwkundige, constructieve en installatietechnische tekeningen in hetzelfde format en hetzelfde model worden gemaakt. Dit is een technisch hulpmiddel om faalkosten in de bouw te verminderen. Eventuele tegenstrijdigheden in de tekeningen komen dan al in de ontwerpfase aan bod.

7 Schachtruimte

7.1 Ruimtebepaling Indicatief

Bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp, als nog weinig bekend is over het gebouw, zijn de afmetingen van schachten voor kanalen en leidingen slechts indicatief te bepalen. Voor de doorsnedeoppervlakte van schachten voor kanalen wordt als vuistregel meestal 2% van de vloeroppervlakte van één verdieping genomen. Voor 8 à 10 verdiepingen is 1% van de vloeroppervlakte vaak voldoende. In die schachten is, naast de kanalen, meestal ook plaats voor verwarmings- en koelleidingen. Rekening houdend met de zonering van de luchtbehandeling, moet de schachtruimte over de oppervlakte van het gebouw worden verdeeld. Dat betekent in het algemeen dat schachten niet meer dan twee maal 35 à 40 m van elkaar verwijderd mogen liggen.

7.2 Ruimtebepaling Globaal

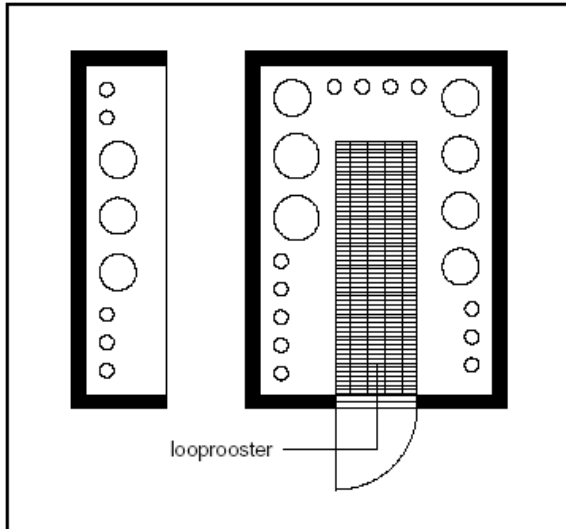
Bij het Voorlopig Ontwerp worden de afmetingen van schachten voor leidingen en kanalen meestal niet nauwkeuriger bepaald dan bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp. Mede omdat de afmetingen geen grote invloed hebben op de indeling van het gebouw. Wel moet de plaats van de schachten nauwkeuriger op de dan bekende gebouwindeling zijn afgestemd en moet de zonering van de luchtbehandeling bekend zijn.

7.3 Ruimtebepaling Fijn

Het Definitief Ontwerp biedt de laatste kans voor een goede afstemming van de schachten op het gebouwonwerp. Daarvoor moeten de leiding- en kanaaldiameters bepaald zijn op basis van de berekening van de warmte-, koel- en verselucht-behoefte.

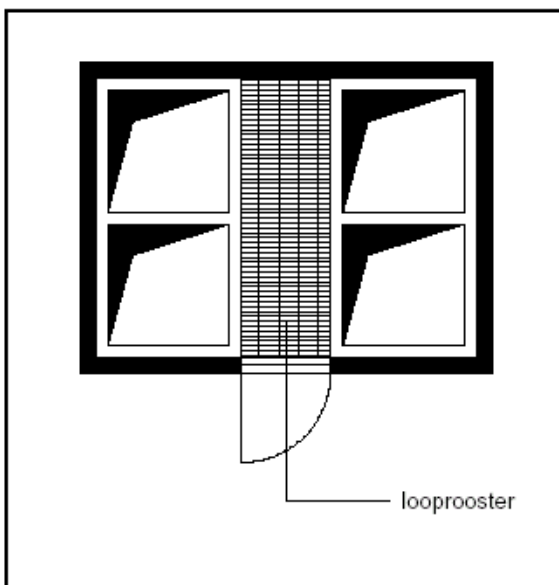
Voor een schacht voor **CV- en koelleidingen** is de horizontale doorsnede voldoende nauwkeurig te bepalen door de "**diepte**" van de schacht gelijk te stellen aan de benodigde vrije hoogte van de grootste leiding. De breedte van de schacht moet gelijk zijn aan de som van de benodigde vrije hoogten van de afzonderlijke leidingen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de leidingen naast elkaar liggen en de schacht ten minste aan één lange zijde over de volle breedte toegankelijk is, bijvoorbeeld met een deur of met een eenvoudige te verwijderen paneel. Wordt de schachtbreedte, in verhouding tot de "diepte", hierdoor te groot dan kan een schachtvorm worden gekozen waarbij

de leidingen langs twee of drie zijden van de schacht komen te liggen. In dat geval moet tussen de tegenover elkaar liggende leidingen ten minste 0,5 m ruimte overblijven voor montage en isolatiewerkzaamheden en voor het bereikbaar blijven van de leidingen voor inspectie, reparatie en vervanging (zie figuur 5).



figuur 5 voorbeeld indeling schacht voor CV- en koelwaterleidingen

De vorm van schachten voor **luchtkanalen** is te beïnvloeden met de breedte/hoogte-verhouding van de kanalen. Verder kunnen de kanalen langs één wand of langs twee wanden tegenover elkaar worden aangebracht. I.v.m. montage en latere bereikbaarheid moet tussen de kanalen een ruimte worden vrijgehouden die gelijk is aan de hoogte van het grootste kanaal + 0,1 m of ten minste 0,6 m is (zie figuur 6).



figuur 6 voorbeeld indeling schacht voor luchtkanalen

Bij zeer grote kanalen is de tussenruimte te verkleinen met verbindingen in het kanaal. Dit wordt niet aangeraden omdat vervanging van de kanalen vrijwel onmogelijk wordt. Een nauwkeurige bepaling van de schachtruimte is zinvol als het ruimtegebruik zeer kritisch is of met ruimte moet worden gewoekerd, zoals bij hoogbouw.

