

5. Persluchttechniek

5.1 Algemeen

Perslucht wordt in de gehele industrie van de kleine werkplaats tot grote productiebedrijven gebruikt als energiebron. Voor de aandrijving van machines of voor componenten, voor besturen of voor reinigen, perslucht is uit de moderne productieprocessen niet meer weg te denken.

5.2 Energiekosten perslucht

Hoge energiekosten zijn een groot nadeel van de perslucht. Daarbij spelen lekkages in het leidingsysteem een niet onaanzienlijke rol.

De reden voor het verlies van energie is vaak lekkende schroefdraadkoppelingen, uitgedroogde hennep in schroefdraadverbindingen, door corrosie veroorzaakte gaten, door compressorolie aangetaste afdichtingen, verkeerde lijmpunten enz.. Daarom moet er bij de keuze van een leidingsysteem worden gelet op de lekkagevrijheid. Het industriële buissysteem RAUPEX is zo geconstrueerd, dat het ruimschoots voldoet aan de eisen van persluchtinstallaties m.b.v. buismateriaal en verbindingstechniek. Dankzij de lekkagevrijheid is RAUPEX de oplossing voor problemen op het gebied van de energiekosten.

5.3 Voordelen van RAUPEX-industrieel buissysteem in de persluchttechniek

Het industriële buissysteem RAUPEX is uitstekend geschikt voor toepassing als persluchtleiding vanwege de combinatie van RAUPEX buizen en de pershulsverbindingstechniek en het elektromoflassen. Voor de gebruiker ontstaan de volgende voordelen:

- Geen lekkage in het leidingsysteem, geen energieverlies en lagere bedrijfskosten.
- Geen corrosie, daardoor langere standtijden van het leidingsysteem en lagere investeringskosten.

Gat-Ø [mm]	Drukverlies bij 6 bar [l/s]	Energieverlies [kW/h]	Kosten* [€/a]
• 1	1,238	0,3	210,-
● 3	11,14	3,1	2170,-
● 5	30,95	8,3	5810,-
● 10	123,8	33,0	23100,-

* Kostenbepaling: kWh x 0,08 €/kWh x 8750 bedrijfsuren/a

Tab. 7: Kosten voor lekkage bij gedefinieerde gatdiameter

- Gelijkblijvende persluchtkwaliteit, een verontreiniging door corrosieproducten is niet mogelijk, waardoor het toepassen van extra filters (drukverlies) niet nodig is.
- Buis in genormeerde kleur; verven van de leiding vervalt.
- Snelle installatietechniek, reduceren van de installatiekosten, tijdswinst.
- Eenvoudig te leren montage techniek, speciaal getraind vakpersoneel is niet nodig.
- Lichter buismateriaal, eenvoudiger installatie ook boven het hoofd en minder inspanning noodzakelijk voor het ophangen dan bij stalen buizen.
- Als flexibele of starre leiding toepasbaar.
- Installatie onder de grond of in gebouwen mogelijk.
- Buis als rechte lengte of op rol leverbaar.
- Uitbreidingen tijdens bedrijf mogelijk (boorklem).
- Geschikt voor sanering en nieuwbouw.
- Goede bestendigheid tegen compressorolie.
- Economische totale installatie.

5.4 Kwaliteit van de perslucht

Voor verschillende persluchttoepassingen zijn verschillende persluchtkwaliteiten nodig. Voor persluchtapplicaties is een gelijkblijvende kwaliteit op iedere plaats in het net belangrijk. Daarom mag de perslucht niet worden beïnvloed door het materiaal van de buizen. Het industriële buissysteem RAUPEX garandeert een gelijkblijvende luchtkwaliteit in het gehele net vanaf de opwekking en conditionering tot aan de verbruiker.

De kwaliteit van perslucht wordt conform ISO 8573 door de volgende drie factoren beschreven: vaste stof gehalte, watergehalte en oliegehalte van de lucht. Omdat voor bepaalde toepassingen verschillende eisen aan deze drie factoren worden gesteld, worden deze via een klasse-indeling beschreven. Bij de opgave van de persluchtkwaliteit gebruikt men de drie cijfers zoals hierna in de tabellen 8, 9 en 10 genoemd.

5.4.1 Kwaliteitsklasse voor maximale deeltjesgrootte en maximale concentratie

Vanwege verontreinigingen in de lucht zijn er ook in de perslucht vaste stoffen aanwezig. Via filters kunnen de deeltjesgrootte en -concentratie afhankelijk van de eisen worden gereduceerd.

Klasse	Max. deeltjesgrootte [mm]	Max. deeltjesconcentratie [mg/m ³]
1	0,1	0,1
2	1	1
3	5	5
4	15	8
5	40	10

Tab. 8: Kwaliteitsklassen voor vaste stoffen

5.4.2 Kwaliteitsklasse voor het watergehalte

Door de compressie van atmosferische lucht neemt het watergehalte in de perslucht zeer sterk toe. In de regel wordt bij de persluchtconditionering de lucht gedroogd, zodat er in de installatie zo weinig mogelijk condensaat ontstaat. Om het watergehalte in de perslucht kwalitatief te bepalen en te classificeren wordt als waarde het drukdauwpunt gebruikt. Het drukdauwpunt beschrijft de temperatuur, waarbij het in de perslucht aanwezige water begint te condenseren.

Klasse	Druk-dauwpunt
1	- 70° C
2	- 40° C
3	- 20° C
4	+ 3° C
5	+ 7° C
6	+10° C
7	niet gespecificeerd

Tab. 9: Kwaliteitsklassen voor watergehalte

5.4.3 Kwaliteitsklasse voor het oliegehalte

Veel compressoren hebben voor het bedrijfsproces smeerolie nodig. Deze olie moet afhankelijk van de persluchtkwaliteit tijdens de conditionering weer worden afgevoerd. Hiervoor bestaan verschillende methoden. Belangrijk voor de persluchtgebruiker is de olieconcentratie. De hoogste kwaliteit is die bij de laagste olieconcentratie (toepassingsgebied bijv. fototechniek). Bij veel machines en gereedschappen is een bepaalde minimale concentratie olie noodzakelijk. Hier wordt per geval door bijbehorende conditioneringseenheden de lucht extra van olie voorzien.

Klasse	Max. olieconcentratie [mg/m ³]
1	0,01
2	0,1
3	1
4	5
5	25

Tab. 10: Kwaliteitsklassen voor oliegehalte

5.4.4 Voorbeeld voor de kwaliteitsbeschrijving van perslucht

Perslucht van kwaliteitsklasse 2.4.3

Dit betekent, dat er perslucht wordt beschreven, die maximaal 1 mg/m³ vaste stof met een max. deeltjesgrootte van 1 mm bevat, een drukdauwpunt van + 3°C heeft en maximaal 1 mg/m³ olie bevat.

5.5 Configuratie

Voor het benaderen van een configuratie voor afzonderlijke leidingdelen zijn nomogrammen geschikt. Voor een configuratie m.b.v. een nomogram moeten de volgende waarden bekend zijn:

- Bedrijfsdruk
- Volumedoorstroming
- Buislengte
- Drukverlies

5.5.1 Bepaling van de bedrijfsdruk

De maximale bedrijfsdruk vindt u in de specificaties van de compressorleverancier. Belangrijk voor de bedrijfsdruk is ook de maximale druk, die door de verbruikers is gewenst. De bedrijfsdruk moet 1 bar boven de druk liggen, die de verbruiker met de hoogste drukvraag nodig heeft.

Opmerking: Wanneer er meerdere verbruikers bestaan met sterk verschillende drukkeisen, is het vaak efficiënter, om verschillende netten met verschillende druktrappen te gebruiken.

5.5.2 Bepaling van de volumedoorstroming

Voor de bepaling van de volumedoorstroming (nom. volume) van leidingdelen moeten de verbruikswaarden van alle verbruikers in de berekening worden meegenomen. Machine- en gereedschapsleveranciers kunnen daarover meer informatie geven. In bepaalde gevallen kunnen deze waarden niet expliciet bekend zijn. Richtwaarden voor persluchtgereedschappen vindt u in de navolgende tabel.

Gereedschap	Luchtverbruik [l/s]
Blaaspistool	2 - 5
Spuitpistool	2 - 7
Slijpgereedschap	3 - 14
Polijstgereedschap	4 - 7
Blikschaar	8 - 11
Boormachine	9 - 30
Schroevendraaier	2 - 11
Slagschroevendraaier	2 - 35
Slijpmachine	5 - 20

Tab. 11: Verbruikswaarden voor persluchtgereedschap.

5.5.3 Bepaling van de buislengte

Naast het drukverlies door de buislengte moet rekening worden gehouden met het verhoogde drukverlies van de fittingen. Dit gebeurt door het optellen van de vervangende lengten bij de werkelijke buislengte.

Omdat voor het bepalen van de vervangende lengten ook de buisafmeting nodig is, moet de buisdiameter eerst zonder fittingen worden ingeschat. Aansluitend wordt het resultaat, rekening houdend met de vervangende lengte, gecontroleerd en eventueel gecorrigeerd.

Vervangende lengte voor fittingen SDR 11

Fitting	20 x 1,9	25 x 2,3	32 x 2,9	40 x 3,7	50 x 4,6	63 x 5,8	75 x 6,8	90 x 8,2	110 x 10	160 x 14,6
Knie 90°	0,8 m	1,0 m	1,2 m	1,5 m	2,4 m	3,0 m	3,7 m	4,5 m	6,0 m	8,0 m
Knie 45°	0,3 m	0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,8 m	1,0 m	1,3 m	1,6 m	2,0 m
T-stuk Doorgang	0,1 m	0,2 m	0,2 m	0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,7 m	0,8 m	1,0 m	1,3 m
T-stuk Aftakking	0,8 m	1,0 m	1,2 m	1,5 m	2,4 m	3,0 m	3,9 m	4,8 m	6,0 m	8,0 m
Verloop	0,2 m	0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,7 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m

Tab. 12: Vervangende lengte voor fittingen SDR 11

Vervangende lengte voor fittingen SDR 7,4

Fitting	16 x 2,2	20 x 2,8	25 x 3,5	32 x 4,4	40 x 5,5	50 x 6,9	63 x 8,7
Knie 90°	0,8 m	0,8 m	1,0 m	1,2 m	1,5 m	2,4 m	3,0 m
Knie 45°	0,3 m	0,3 m	0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,8 m
T-stuk Doorgang	0,1 m	0,1 m	0,2 m	0,2 m	0,3 m	0,4 m	0,5 m
T-stuk Aftakking	0,6 m	0,8 m	1,0 m	1,2 m	1,5 m	2,4 m	3,0 m
Verloop	0,2 m	0,2 m	0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,7 m	1,0 m

Tab. 13: Vervangende lengte voor fittingen SDR 7,4.

5.5.4 Bepaling van de drukval

Voor de gehele leiding moet de drukval bij volledige belasting niet hoger liggen dan 0,1 bar. Om de bepaling van de buisdiameter te vergemakkelijken, deelt men bij leidingnetten de totale leiding in drie delen in. Binnen deze delen mogen de volgende maximale drukvallen niet worden overschreden.

Hoofdleiding	0,04 bar
Ring- of verdeelleiding	0,03 bar
Aftakleiding	0,03 bar

5.5.5 Bepaling van de buisdiameter m.b.v. een nomogram

Het nomogram maakt grafische bepaling van de buisdiameter mogelijk. Als hulpmiddel is een liniaal en een stiftpendel nodig.

Procedure:

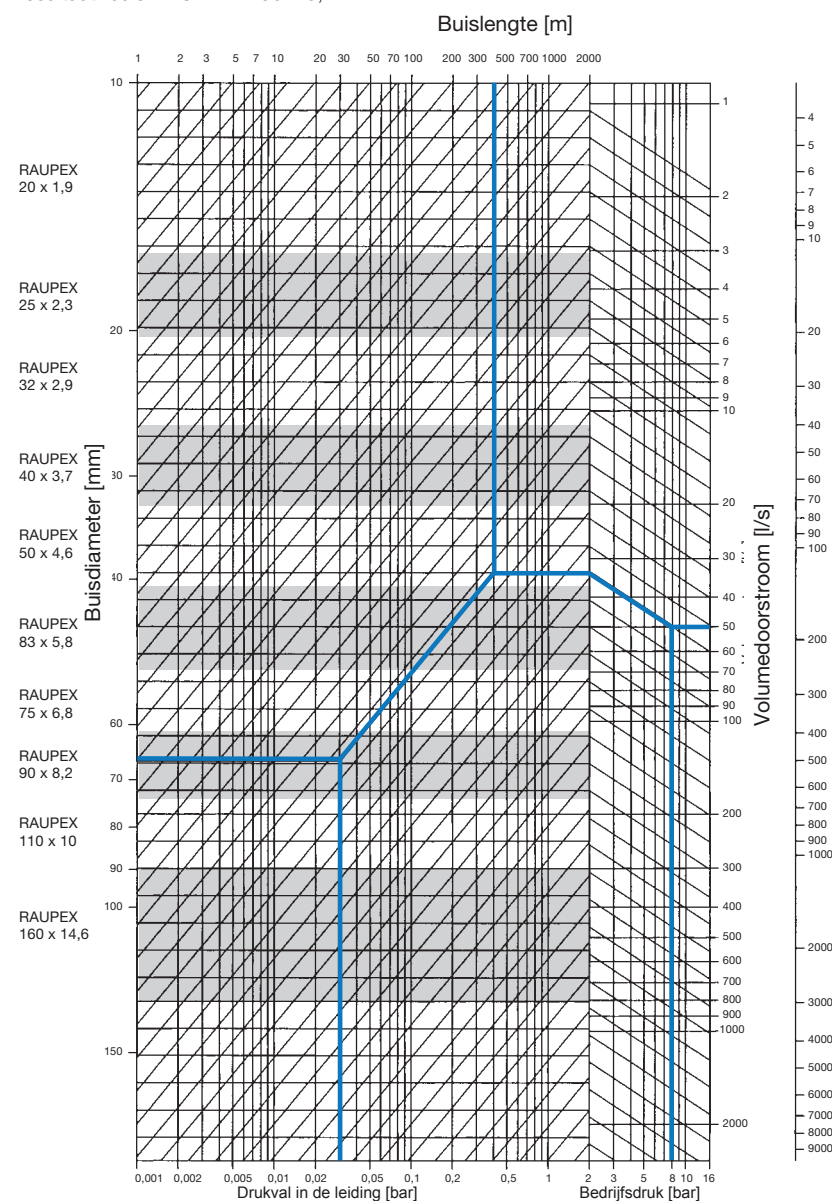
De bedrijfsdruk wordt in de vorm van een lijn vanaf de X-as naar boven toe getekend. De volumedoorstroming wordt vanaf de Y-as aan de rechterzijde van het nomogram naar links getrokken tot aan de 2000 m. Vanaf het snijpunt van de volumedoorstromingslijn en de bedrijfsdruklijn wordt parallel aan de aanwezige diagonalen tot aan de 2000 m lijn verder gegaan. Vanaf dit punt wordt een horizontale lijn tot aan de waarde van de buislengte getrokken. Vanaf dit snijpunt gaat men diagonaal naar rechtsboven of linksonder tot aan de lijn voor de drukval. Vanaf dit snijpunt naar links resulteert in de benodigde inwendige diameter.

Opmerking:

Alle waarden zijn gerelateerd aan nominaal volume.

Voorbeeld:

Bedrijfsdruk: 8 bar
Volumedoorstroming: 50 l/s
Buislengte: 400 m
Drukval: 0,03 bar
Resultaat: buis RAUPEX-A 90 x 8,2



5.5.6 Perslucht-buisdimensionering SDR 11

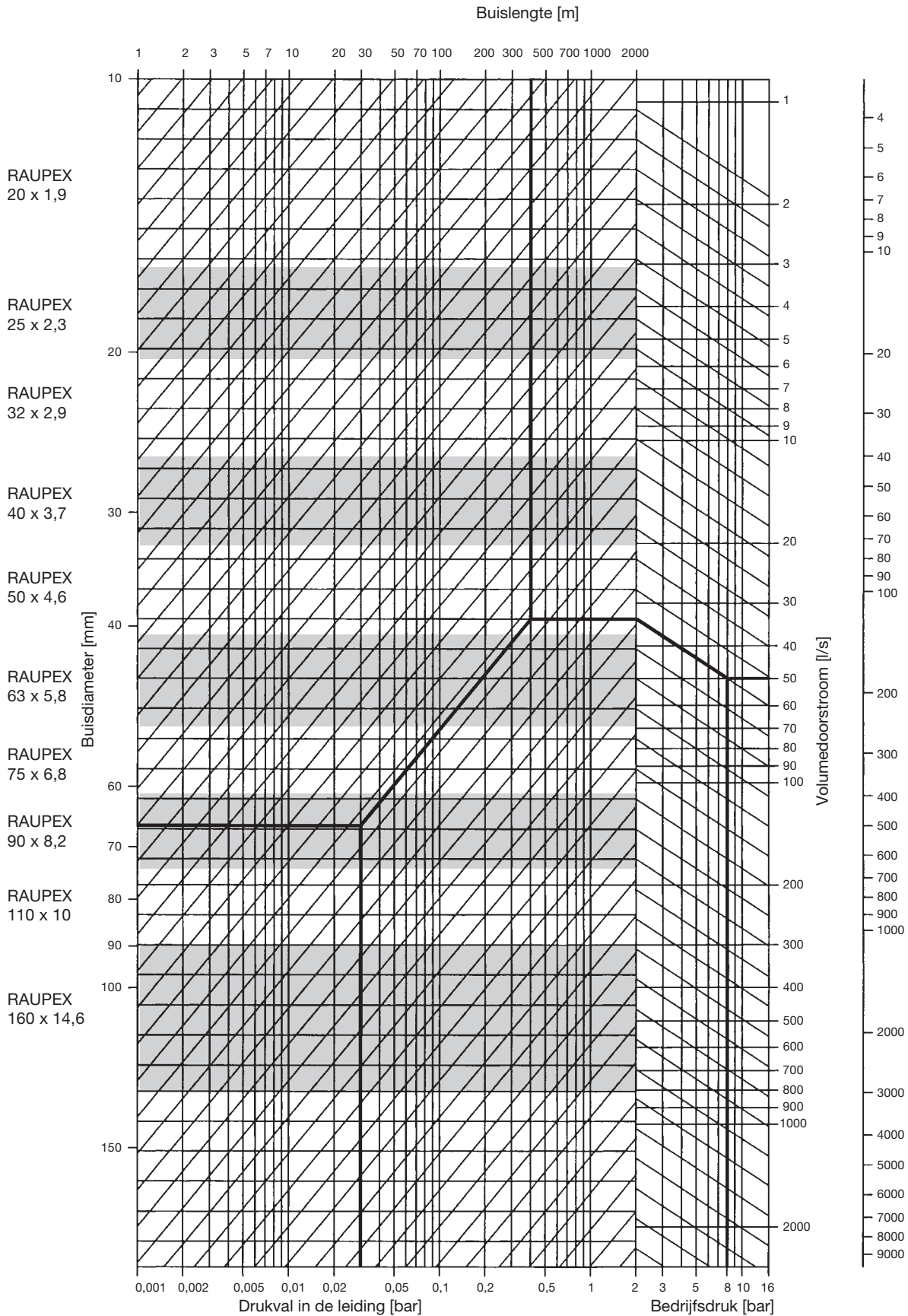
Bedrijfsdruk: _____ bar

Volumedoorstroom: _____ l/s

Buislengte: _____ m

Drukval: _____ bar

➤ RAUPEX-A _____ x _____



5.5.7 Perslucht-buisdimensionering SDR 7,4

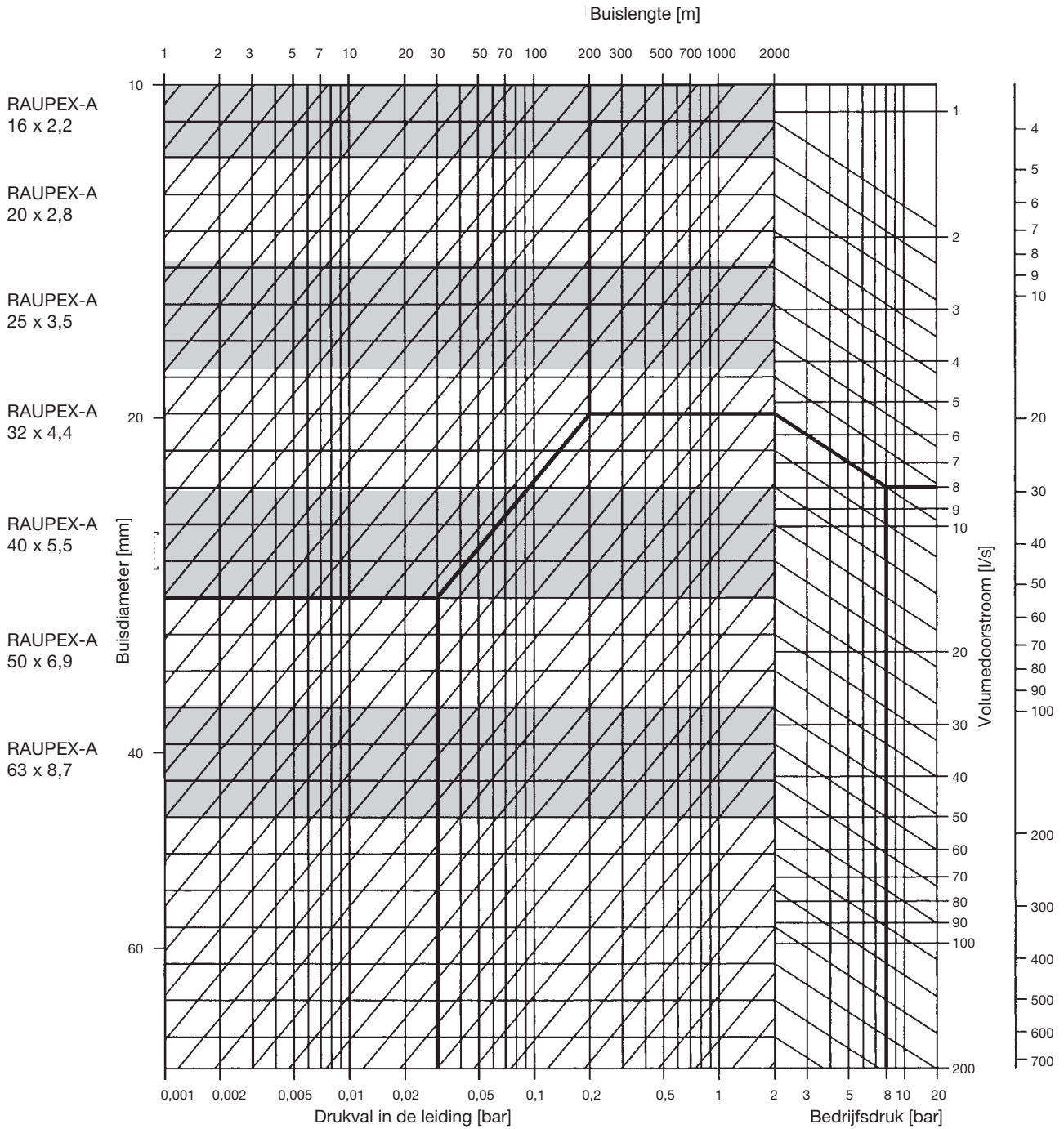
Bedrijfsdruk: _____ bar

Volumedoorstroom: _____ l/s

Buislengte: _____ m

Drukval: _____ bar

➤ RAUPEX-A _____ x _____



6. Koelwatertechniek

6.1 Algemeen

Koelwater is overal nodig, waar warmte moet worden afgevoerd. Vaak worden deze leidingen in een kringloop geschakeld.

6.2 Configuratie

Voor de configuratie van koelwaterleidingen kan als volgt te werk worden gegaan:

De benodigde afmeting van de buis wordt vooraf ingeschat. Hierbij kunnen de diagrammen onder 6.2.3, resp. 6.2.4 worden gebruikt. Aansluitend wordt de drukval berekend. Wanneer de drukval buiten de gewenste waarde ligt, dan moet de leiding worden berekend met een andere buisdiameter.

Druk:	p [Pa]
Drukval:	Δp [Pa]
Drukverliesfactor:	R [Pa/m]
Volumedoorstroming:	\dot{V} [l/s]
Buislengte:	l [m]
Weerstandsfactor:	ζ
Aantal:	n
Mediumsnelheid:	v [m/s]

Het drukverlies wordt samengesteld uit een buislengte-afhankelijk en een fittingafhankelijk drukverlies. Deze wordt met formule 6.1 berekend.

$$\Delta p = \Delta p_{\text{buis}} + \Delta p_{\text{fittingen}} \quad \text{formule 6.1}$$

$$\Delta p_{\text{buis}} = R \cdot l \quad \text{formule 6.2}$$

De wrijvingsweerstand R kan in het diagram onder 6.2.4 voor SDR 7,4 of het diagram onder 6.2.3 voor SDR 11 worden afgelezen. Deze diagrammen zijn gemaakt voor koelwater met een temperatuur van 15°C. Voor de bepaling van de drukverliesfactor R zijn de buisafmeting en de volumedoorstroming \dot{V} nodig.

Een extra drukverlies $\Delta p_{\text{fitting}}$, die door de fittingen wordt veroorzaakt resulteert uit het totaal van de afzonderlijke drukverliezen van de fittingen en wordt met formule 6.3 bepaald.

$$\Delta p_{\text{fittingen}} = n_{\text{fitting1}} \cdot \Delta p_{\text{fitting1}} + n_{\text{fitting2}} \cdot \Delta p_{\text{fitting2}} + n_{\text{fitting3}} \cdot \Delta p_{\text{fitting3}} + \dots$$

Formule 6.3

Identificatie	Symbol	ζ -waarde
Knie 90°		1,3
Knie 45°		0,5
T-stuk aftakking		1,3
T-stuk doorgang		0,3
T-stuk verdeling		1,5
T-stuk combineren		1,3
Verloop		0,4
Schuifafsluiter		0,5
Kogelkraan		0,1

Tab. 14: ζ -waarde voor fittingen

Het drukverlies van de afzonderlijke fittingen kan via formule 6.4 worden bepaald. De daarvoor benodigde z -waarden staan vermeld in tabel 6.1.

$$\Delta p_{\text{fitting1}} = \zeta_{\text{fitting1}} \cdot \rho_2 \cdot v^2 \quad \text{formule 6.4}$$

De waarde voor de snelheid v kan uit de diagrammen onder 6.2.3 resp. 6.2.4 grafisch worden bepaald. Deze waarde moet dan worden gekwadrateerd om v^2 te verkrijgen. De waarde voor ζ kunnen uit tabel 14 worden afgelezen.

De resultaten uit formule 6.4 worden in formule 6.3 toegepast. Daarna kan het resultaat van formule 6.3 en formule 6.2 in formule 6.1 worden toegepast. Wanneer de waarde van formule 6.1 onder de ter beschikking gestelde Δp ligt, dan is de leiding juist geconfigureerd. Wanneer dit niet het geval is, dan moet de buis met een grotere buisdiameter nogmaals worden nagerekend, tot de benodigde waarde voor Δp is bereikt.

6.2.1 Formulier voor drukverliesbepaling

Om de drukverliesbepaling eenvoudig te kunnen uitvoeren, is het REHAU formulier drukverliesbepaling uitstekend geschikt.

In regel 1 wordt de buisafmeting en in regel 2 de volumedoorstroming ingevuld. De wrijvingsweerstand wordt via de diagrammen onder 6.2.3 resp. 6.2.4 bepaald en in regel 3 ingevuld.

Met de buislengte, die men in regel 4 invult, kan men door vermenigvuldiging van het drukverlies Δp_{buis} berekenen. Uit het diagram bepaalt men de snelheid v , vul deze in regel 5 in en het kwadraat daarvan wordt in regel 6 ingevuld. Deze waarde wordt in de regels 7-15 overgenomen.

Voor de berekening van $\Delta p_{\text{fittingen}}$ worden in de regels 7 - 15 de bijbehorende aantallen ingevuld. Door vermenigvuldiging resulteren de drukverliezen voor $\Delta p_{\text{fittingen}}$ van de fittingen. Door optelling resulteert $\Delta p_{\text{fittingen}}$ welke in regel 16 wordt ingevuld. Het totale drukverlies Δp wordt tenslotte in regel 17 berekend.

6.2.2 Voorbeeld voor een drukverliesbepaling

Bepaling drukverlies voor buisdeel

1	buisafmeting	75x6,8	
2	volumestroom	V = 3,6 l/s	
3	wrijving	R = 250 Pa/m	← uit diagram
4	buislengte	I = 60 m	
$\Delta p_{\text{buis}} = R \times I = \mathbf{15000}$ Pa			
5	snelheid	v = 1,2 m/s	← uit diagram
6		v ² = 1,44 m ² /s ²	

		$\Delta p_{\text{fittings}}$	= Anzahl x ζ -Wert x $\rho/2$ x v ²	=
7	Knie 90°	$\Delta p_{\text{knie 90°}}$	= 10 x 1,3 x 500 x 1,44	= 9360 Pa
8	Knie 45°	$\Delta p_{\text{knie 45°}}$	= 2 x 0,5 x 500 x 1,44	= 720 Pa
9	T-stuk aftakking	$\Delta p_{\text{T-stuk aftakking}}$	= - x 1,3 x 500 x -	= - Pa
10	T-stuk doorgang	$\Delta p_{\text{T-stuk doorgang}}$	= 4 x 0,3 x 500 x 1,44	= 864 Pa
11	T-stuk verdeling	$\Delta p_{\text{T-stuk verdeling}}$	= - x 1,5 x 500 x -	= - Pa
12	T-stuk combineren	$\Delta p_{\text{T-stuk combineren}}$	= - x 1,3 x 500 x -	= - Pa
13	Verloop	$\Delta p_{\text{Verloop}}$	= - x 0,4 x 500 x -	= - Pa
14	Schuifafsluiter	$\Delta p_{\text{schuifafsluiter}}$	= 2 x 0,5 x 500 x 1,44	= 720 Pa
15	Kogelkraan	$\Delta p_{\text{kogelkraan}}$	= - x 0,1 x 500 x -	= - Pa

16 $\Delta p_{\text{buis}} = \Delta p_{\text{knie 90°}} + \Delta p_{\text{...}} + \Delta p_{\text{...}} = \mathbf{11664}$ Pa ← Σ : Cel 6-14

17 $\Delta p = \Delta p_{\text{buis}} + \Delta p_{\text{fittings}} = \mathbf{26664}$ Pa ← Σ : Cel 4 + 15

