

# Logistieke aspekte van pypleidingvervoer in die voorsiening van petroleumprodukte

*Logistics aspects of pipeline transport in the supply of petroleum products*

**WJ PIENAAR**

Departement Logistiek, Universiteit Stellenbosch, Privaat sak X1,  
Matieland 7602  
wpienaar@sun.ac.za



Wessel Pienaar

**WESSEL PIENAAR** is professor en hoof van die Departement Logistiek aan die Universiteit Stellenbosch. Hy het die volgende gevorderde grade behaal: MEcon. in Vervoerekonomie aan die Universiteit Stellenbosch, MS in Siviele Ingenieurswese aan die Universiteit van Kalifornië, Berkeley, DComm. in Vervoerekonomie aan die Universiteit van Suid-Afrika en PhD(Ing) in Siviele Ingenieurswese aan die Universiteit Stellenbosch. In 2000 ontvang hy die Rektorstoekenning vir voortreflike Navorsing aan die Universiteit Stellenbosch. Hy is die enigste Suid-Afrikaanse navorser in die veld van logistiek wat oor 'n navorsingsgradering van die Nasionale Navorsingstigting beskik. Hy is tans 'n raadslid van die Suid-Afrikaanse Akademie vir Wetenskap en Kuns. Hy is redakteur en medeskrywer van die internasionaal-gebruikte handboek Business Logistics Management: Theory and Practice wat deur Oxford University Press uitgegee word. Wessel publiseer in Afrikaans en Engels. Van sy werk is deur internasionale navorsingsinstellings in Duits, Frans en Russies vertaal en gepubliseer.

**WESSEL PIENAAR** is professor and head of the Department of Logistics at the University of Stellenbosch. He has obtained the following advanced qualifications: MEcon in Transport Economics (University of Stellenbosch), MS in Civil Engineering at the University of California, Berkeley, DComm in Transport Economics at the University of South Africa and PhD(Eng) in Civil Engineering at the University of Stellenbosch. In 2000 he received the Rector's Award for Outstanding Research at the University of Stellenbosch. He is the only South African researcher in the field of logistics who has been graded by the National Research Foundation. He is a board member of the *Suid-Afrikaanse Akademie vir Wetenskap en Kuns*. He is editor and co-author of the internationally used textbook Business Logistics Management: Theory and Practice published by Oxford University Press. Wessel publishes in Afrikaans and English. His work has been translated and published in German, French and Russian by international research institutions.

## ABSTRACT

### *Logistics aspects of pipeline transport in the supply of petroleum products*

*The commercial transportation of crude oil and petroleum products by pipeline is receiving increased attention in South Africa. Transnet Pipeline Transport has recently obtained permission from the National Energy Regulator of South Africa (Nersa) to construct and operate a new petroleum products pipeline of 60 cm diameter from Durban to Gauteng. At an operating speed of 10 km/h the proposed 60 cm Transnet pipeline would be able to deliver 3,54 million litres of petroleum product per hour. This is equivalent to 89 deliveries per hour using road tank vehicles with an average carrying capacity of 40 000 litres of fuel per vehicle. This pipeline throughput*

is also equivalent to two trains departing per hour, each consisting of 42 petroleum tank wagons with an average carrying capacity of 42 500 litres of fuel per wagon. Considering that such road trucks and rail wagons return empty to the upstream refineries in Durban, it is clear that there is no tenable long-term alternative to pipeline transport:

- pipeline transport is substantially cheaper than road and rail transport;
- pipeline transport is much safer than rail and especially road transport; and
- pipeline transport frees up alternative road and rail transport capacity.

Pipeline transport is a non-containerised bulk mode of transport for the carriage of suitable liquids (for example, petroleum commodities, which include crude oil, refined fuel products and liquid petro-chemicals), gas, slurrified coal and certain water-suspended ores and minerals. In South Africa, petroleum products account for the majority of commercial pipeline traffic, followed by crude oil and natural gas.

There are three basic types of petroleum pipeline transport systems:

1. Gathering pipeline systems
2. Crude oil trunk pipeline systems
3. Refined products pipeline systems

Collectively, these systems provide a continuous link between extraction, processing, distribution, and wholesalers' depots in areas of consumption.

The following activities are involved in the flow of goods between place of origin and place of consumption or application: (1) Demand forecasting, (2) Facility site selection, (3) Procurement, (4) Materials handling, (5) Packaging, (6) Warehouse management, (7) Inventory management, (8) Order processing, (9) Logistics communications, (10) Transport, (11) Reverse logistics.

Because cost is incurred without adding value each time goods are handled (activity 4) at a terminal or storage facility, a primary logistics objective is to eliminate handling wherever possible. With the carriage of crude oil and petroleum products by pipeline this objective is fully met. Commodity intake, haulage, and discharge are combined in one process, usually a remote-controlled operation. Pipeline transport is a non-containerised bulk mode of transport thereby obviating the need for packaging (activity 5) and returning empty containers. Pipelines provide a direct and long-term link between these origins and destinations. If necessary a continuous service can be provided with no need for a return trip or a reverse pumping process (activity 11). The elimination of handling, packaging and reverse logistics activities contribute substantially to the high measure of economies of scale that pipeline transport enjoys. The article provides a description of each of the eleven logistics activities in the context of pipeline transport.

Effective logistics service is a prerequisite to help ensure that customers receive the required products at the desired quality and quantity, where and when needed. The most pertinent determinants of logistics service performance are (1) suitability, (2) accessibility, (3) goods security, (4) transit time, (5) reliability and (6) flexibility. The article offers a discussion of the extent to which pipeline transport conforms to each of these measures of effectiveness.

**KEY CONCEPTS:** Crude oil, crude oil trunk pipeline, gathering pipeline, logistics, logistics activity, petroleum products, pipeline transport, products pipeline, service effectiveness, supply chain

**TREFWOORDE:** Ruolie, ruolie-hoofaarpypleiding, insamelingspypleiding, logistiek, logistieke aktiwiteite, petroleumprodukte, pyleidingvervoer, produkte-pyleiding, diensdoeltreffendheid, voorsieningsketting

## OPSOMMING

Die kommersiële vervoer van ruolie en brandstofprodukte per pypeleiding en die beoogde verdere investering in hierdie vervoermodus kry in Suid-Afrika toenemend aandag. Pypeleidingvervoer is 'n grootmaat-, nie-behoueringsmetode van vervoer van geskikte vloeistowwe (byvoorbeeld petroleumkommoditeite wat ruolie, brandstofprodukte en vloeibare petrochemikalieë insluit), aardgas en gefloderiseerde grondstowwe. In Suid-Afrika verteenwoordig brandstofprodukte die grootste deel van kommersiële pypeleidingverkeer, gevolg deur ruolie en aardgas.

Daar is drie basiese soorte petroleumpypeleidingvervoerstelsels.

1. Insamelingspypeleidingstelsels
2. Ruolie-hoofaarpypleidingstelsels
3. Pypeleidingstelsels vir geraffineerde produkte

Saam verskaf hierdie stelsels 'n aaneenlopende verbinding tussen ontginning, verwerking, verspreiding en groothandeldepots in verbruiksgebiede.

Aangesien daar koste verbonde aan goederehantering by eindpunte en opbergingsfasiliteite is sonder dat dit waarde toevoeg tot die goedere, is dit 'n primêre oogmerk om hantering sover moontlik uit te skakel. Met die vervoer van ruolie en brandstofprodukte per pypeleiding word volkome aan hierdie oogmerk voldoen. Net die kommoditeit beweeg – die pypeleiding verskaf die nodige omhulsel en beskerming van die kommoditeit. Indien nodig kan 'n volgehoue diens gelewer word sonder die noodsaaklikheid van 'n terugrit of 'n terugpomp-proses. Die uitskakeling van hantering, verpakking en terugwaartse logistieke aktiwiteite dra aansienlik by tot die skaalvoordele wat pypeleidingvervoer geniet.

Doeltreffende logistieke diens is 'n voorvereiste om te help verseker dat kliënte die verlangde goedere op die aangewese tyd by die bestemde plek in die vereiste toestand en hoeveelheid ontvang. Die vernaamste logistieke diensmaatstawwe is (1) geskiktheid, (2) toeganklikheid, (3) goederesekuriteit, (4) deurvoertyd, (5) betroubaarheid, en (6) buigsamheid. Die artikel bied 'n uiteensetting van die mate waartoe pypeleidingvervoer aan hierdie doeltreffendheidsmaatstawwe voldoen.

## 1. INLEIDING

Die kommersiële vervoer van ruolie en brandstofprodukte per pypeleiding kry in Suid-Afrika toenemend aandag. Te midde van 'n groeiende verskaffingskrisis weens die kapasiteitsbeperkings van sowel Transnet Freight Rail (die nasionale spoor-vragvervoerder) as die bestaande brandstofpypeleidings en plaaslike raffinaderye word brandstofbemarkers genoodsaak om brandstofprodukte in te voer en hulle per pad na die binneland te neem. Die vervoer van brandstofprodukte per pad (1) is duurder as met spoor- en pypeleidingvervoer, (2) plaas druk op padinfrastruktuurkapasiteit, en (3) verhoog enersyds die gevaar van die vervoer van brandstofprodukte, en andersyds die ongeluksrisiko van alle padgebruikers.

Transnet Pipelines het onlangs by die Nasionale Energiereguleerder van Suid-Afrika (Nersa) toestemming gekry om 'n nuwe pypeleiding met 'n deursnee van 60cm van Durban na Gauteng te bou en te bedryf. Verder het die nuutgevormde Petroline-konsortium onlangs ook toestemming van Nersa gekry om 'n brandstofprodukpypleiding met 'n deursnee van 30cm van Maputo na Nelspruit te bou en te bedryf, met latere verlenging tot by Kendal waar dit by die bestaande Transnet-pypeleidingnetwerk kan aansluit.

Teen 'n bedryfspoed van 10 km per uur sal die voorgestelde 60cm-pypeleiding van Transnet 3,54 miljoen liter brandstof per uur kan lewer. Dit is die ekwivalent van 89 afleweringe per uur deur

tenkvrugmotors met 'n gemiddelde kapasiteit van 40 000 liter brandstof per voertuig. Hierdie pypleiding-deurset is ook gelyk aan twee treine per uur wat elk uit 42 brandstofkenkwaens met 'n gemiddelde kapasiteit van 42 500 liter per tenkwa bestaan. As in ag geneem word dat sulke vrugmotors en spoorwaens leeg terugkeer na die raffinaderye in Durban, is dit duidelik dat daar wat die grootmaatvervoer van brandstof betref binnelands geen vergelykbare langtermynalternatief tot pypleidingvervoer is nie.

Teen die agtergrond van (1) die aansienlike styging van internasionale ruoliepryse, (2) die oënsynlike onvermoë om die politieke en ekonomiese klimaat in die wêreld se vernaamste olieproduserende streke te bestendig, en (3) die groeiende vraag na petroleumprodukte in groot opkomende nywerheidslande (byvoorbeeld China en Indië) en in groot reeds ontwikkelde nywerheidslande (byvoorbeeld die VSA en Japan), is dit gebiedend dat die logistieke aspekte van petroleum-produkvoorsieningskettings so veilig, doelmatig en doeltreffend moontlik georden moet wees.

## 2. PRODUKVOORSIENINGSKETTINGS EN LOGISTIEKE AKTIWITEITE

Die Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), die grootste beroepsliggaam vir voorsieningsketting- en logistieke bestuur in die VSA, definieer logistieke bestuur soos volg (CSCMP, 2008:1):

Logistieke bestuur is daardie deel van voorsieningskettingbestuur wat gemoeid is met die beplanning, implementering, en beheer van die doelmatige, doeltreffende voorwaartse en terugwaartse vloei en opberging van goedere, dienste en verwante inligting tussen die plek van oorsprong en die plek van verbruik met die doel om aan kliëntevereistes te voldoen.<sup>1</sup>

Volgens die CSCMP (2008:1)

[..]omvat voorsieningskettingbestuur sowel bogenoemde logistieke bestuursaktiwiteite as vervaardigingsbedrywighede, en rig dit die koördinasie van prosesse en aktiwiteite ten opsigte van bemarking, verkope, produkontwerp, finansies en inligtingstegnologie.

Die oorsprong van 'n produk se voorsieningsketting is dáár waar daar nie primêre voorsieners is nie. Alle voorsieners aan die plek van oorsprong (die primêre grondstofbron) is slegs ondersteunende leweransiers. Die plek van verbruik of aanwending is dáár waar daar nie verdere waarde toegevoeg word nie – die produk word hier verbruik of aangewend, sonder om as primêre inset vir 'n volgende voorsieningsketting te dien.

Die drie vernaamste nie-plantaardige grondstofbronne vir petroleumprodukte is ruolie-produksiegebiede, aardgasvelde en steenkoolmyne (laasgenoemde veral in Suid-Afrika). In Figuur 1 regs bo word die grondstofbron van brandstofprodukte as ruolie-boorgate aangedui. Die plek van verbruik (regs onder in Figuur 1) word geag dáár te wees waar brandstofverbruikers hul brandstof by kleinhandelsverkoopspunte (vulstasies) aankoop.

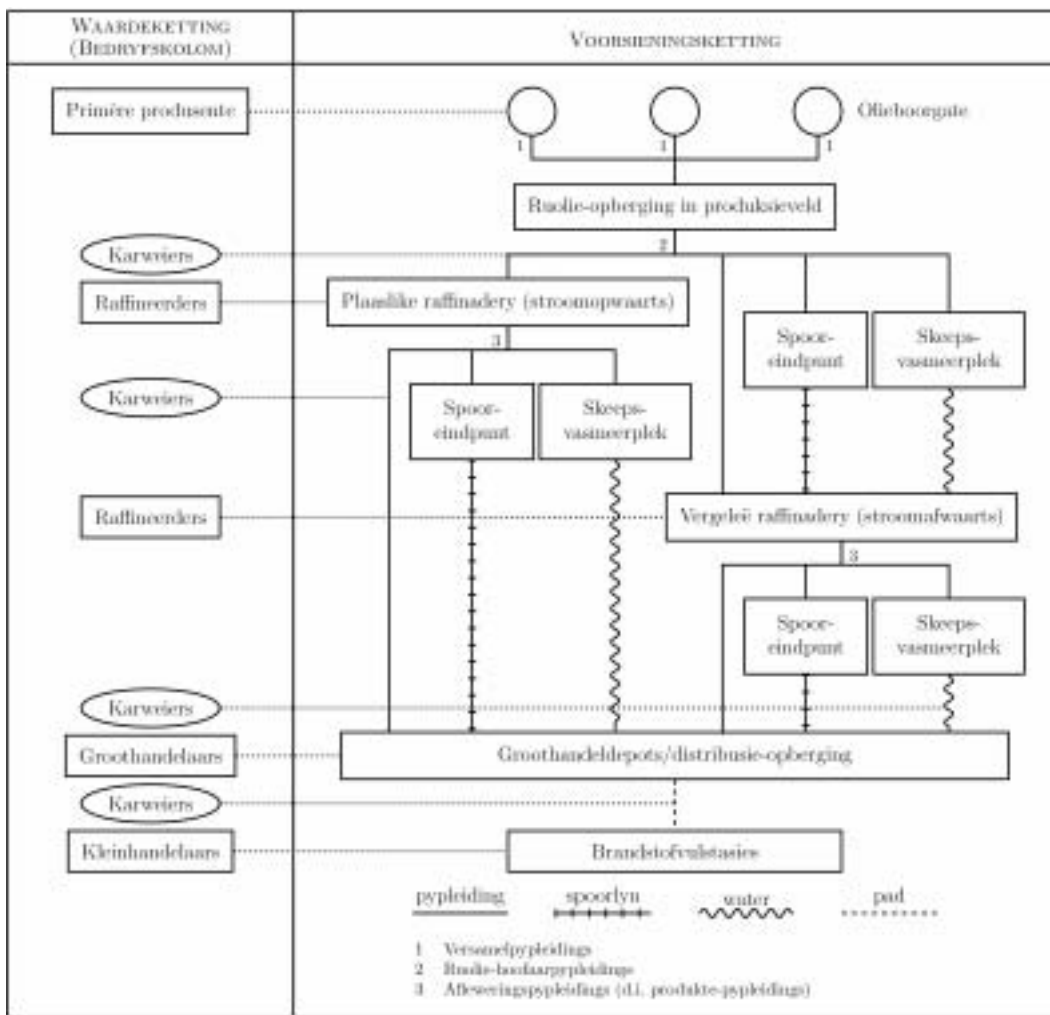
Vier soorte nut kan waarde tot 'n produk toevoeg. Hulle is: vormnut, pleknut, tydnut en besitnut. Vormnut word geskep deur vervaardigingsaktiwiteite, pleknut en tydnut deur logistieke bedrywighede, en besitnut deur bemarkingsaksies. Vormnut ontstaan wanneer grondstowwe in 'n produksie- en/of vervaardigingsproses saamgevoeg word om 'n klaar produk te vorm waarna daar 'n vraag is. Met vervoer skep logistiek pleknut deur goedere te verplaas van plekke waar hulle in onbenutbare vorm voorkom of waar daar oorskot is na plekke waar hulle in benutbare vorm verwerk

---

<sup>1</sup> Tensy anders vermeld, is alle vertalings uit Engels in Afrikaans van die skrywer self.

word of waar daar vraag (skaarsheid) voorkom. Logistiek skep tydnu deur goedere op te berg en dit later by 'n plek van aanvraag af te lewer op 'n tyd soos deur 'n kliënt verlang. Ofskoon besitnu deur produkbemarking geskep word, word dit deur logistiek ondersteun deurdat plek- en tydnu voorvereistes is om kliënte beskikkingsmag oor produkte te gee.

Met die voorsiening van brandstofprodukte word vormnu gesamentlik deur ruolie-producente en raffineerders geskep. Pleknu word deur karweiers geskep wat ruolie en brandstofprodukte met gepaste tenkskepe, tenkspoortrokke, tenkvragsmotors en pypleiding vervoer. Tydnu word hoofsaaklik by tenkwerwe geskep waar buffervoorrade in opgaartenks vir latere voorsiening bewaar word. Benewens die skep van pleknu kan 'n pypleiding self ook tot die skep van tydnu bydra deur die pyp ook vir opberging aan te wend (byvoorbeeld deur verstadiging van die pompspoed, of selfs om die kommoditeitstroom tot stilstand te bring totdat aflewering vereis word). Besitnu word gesamentlik deur groot- en kleinhandelaars geskep wat brandstofprodukte tot verbruikers se beskikking stel.



**Figuur 1:** Die waarde- en voorsieningsketting van petroleumbrandstofprodukte

'n Organisasie of institusionele ordening van 'n produk se voorsieningsketting as 'n funksionele opeenvolging van waardeskeppers staan as 'n waardeketting of 'n bedryfskolom bekend. Die waardeketting/bedryfskolom van brandstofprodukte word in die linkerkantste kolom van Figuur 1 getoon. Die fisiese of instrumentele voorstelling van die produkvoorsieningsketting van brandstofprodukte word regs in Figuur 1 uitgebeeld.

Die spesifieke produkte se voorsieningskettings waarbinne pyleidingvervoer 'n rol speel, word kortliks in Afdeling 3 beskryf. Afdeling 4 word gewy aan 'n bespreking van die fisiese komponente van pyleidingstelsels in die voorsieningskettings van petroleumprodukte. Die samestelling van 'n volledige petroleumpyleidingstelsel word in Afdeling 5 behandel. Die reeks logistieke aktiwiteite betrokke by die voorsiening en bedryf van pyleidings word in Afdeling 6 bespreek. Aspekte van kliëntediens en logistieke diensdoeltreffendheid word in Afdeling 7 behandel.

### **3. PRODUKVOORSIENINGSKETTINGS WAARBINNE PYLEIDINGVERVOER 'N ROL SPEEL**

#### **3.1 Algemeen**

Internasionaal word pyleidings lank reeds vir watervoorsiening, rioolverwydering en plaaslike gasvoorsiening as vorme van openbare dienste gebruik. Sedert die vroeë 1940's is pyleidings hoofsaaklik vir die vervoer van ruolie, brandstofprodukte en aardgas vir strategiese en kommersiële doeleindes benut.

Pyleidings kan net 'n beperkte aantal kommoditeite vir kommersiële doeleindes vervoer, soos geskikte vloeistowwe (byvoorbeeld petroleumkommoditeite wat ruolie, brandstofprodukte en vloeibare petrokemikalieë insluit), aardgas en gefloderiseerde grondstowwe. In Suid-Afrika verteenwoordig brandstofprodukte die grootste deel van kommersiële pyleidingverkeer, gevolg deur ruolie en aardgas (Vogt, Pienaar & De Wit 2005:192). Die vervoer van aardgas, chemikalieë en flodder word hieronder kortliks bespreek.

#### **3.2 Aardgas**

Internasionaal beslaan aardgaspyleidings die tweede grootste aantal kilometers van langafstandpyleidings (Bardi, Coyle & Novack 2006:198). In Noord-Amerika produseer aardgaspyleidingoperateurs sowat 10% van die gas wat hulle vervoer. Onafhanklike gasmaatskappye produseer die oorblywende 90% en vervoer dit via die pyleidings. In Suid-Afrika word aardgas en steenkoolgas (metaangas) kommersieel per pyleiding vervoer. Aardgas en steenkoolgas speel afsonderlike rolle in die energiestelsel, met aardgas wat as grondstof vir die produksie van sintetiese brandstof dien, en steenkoolgas wat as nywerheids- en huishoudelike brandstof benut word.

Die huidige ontwikkeling van gasvelde sal meebring dat aardgas 'n al belangriker brandstof in Suid-Afrika word. Met die beskikbaarheid van aardgas in buurlande soos Mosambiek en Namibië en die ontdekking van gasreserwes in Suid-Afrika se gebiedswaters brei die gasbedryf in Suid-Afrika vinnig uit.

#### **3.3 Chemikalieë**

Die vervoer van chemikalieë deur 'n pyleiding is ook 'n vorm van petroleumpyleidingvervoer. Hoewel die betrokke chemikalieë nie as brandstof gebruik word nie, is hulle petrokemiese

neweprodukte van die brandstofraffineringsproses. Slegs 'n beperkte aantal soorte chemikalieë word per pypleiding vervoer. Die drie hoof chemikalieë is watervrye ammonia, wat in kunsmis gebruik word; propileen, wat in die vervaardiging van reinigingsmiddels gebruik word; en etileen, wat gebruik word om vriesweermiddels te vervaardig (Bardi, Coyle & Novack 2006:199).

### 3.4 Flodder

Flodder verwys na 'n grondstof wat met 'n vloeistof (dikwels water) gemeng word sodat dit makliker vervoer kan word. Die vervoer van gefloderiseerde steenkool vind byvoorbeeld kommersieel in Amerika plaas. Die flodderpypleiding tussen Arizona en Nevada strek oor 440 km en vervoer vyf miljoen ton steenkool per jaar (Bardi, Coyle & Novack 2006:199). Steenkoolpypleidings word hoofsaaklik gebruik om steenkool na kragstasies te vervoer. Wanneer die steenkool die bestemming bereik, word die water verwyder en is die steenkool gereed vir gebruik. Die water word gewoonlik in die kragopwekkingsproses vir verkoeling gebruik, terwyl die oorskotwater vir nabygeleë besproeiing beskikbaar gestel kan word.

In Brasilië word gefloderiseerde kopererts van sekere kopermyne na verwerkingsaanlegte gepomp, en in Suid-Afrika word water-gesuspendeerde gouderts van sommige goudmyne per pypleiding na raffinaderye gepomp. Dié voorbeelde is egter grootskaalse materiaal- of grondstofhanteringstoepassings eerder as kommersiële vervoerbedrywighede.

Die res van hierdie artikel word gewy aan die rol van pypleidingvervoer in die voorsieningskettings van petroleumbrandstofprodukte.

## 4. DIE FISIESE KOMPONENTE VAN PYPLEIDINGSTELSELS IN DIE VOORSIENINGSKETTINGS VAN PETROLEUMPRODUKTE

### 4.1 Algemeen

Elke vervoermodus bestaan fisies uit vier hoofkomponente, wat noodsaaklike elemente van enige vervoerstelsel uitmaak. Dit is die weg, die dra-eenheid, die aandryf-eenheid en die eindpunt of terminus (Faulks 1982:11; Benson & Whitehead 1975:15):

- Die weg is die roete waarlangs die verkeer beweeg.
- Die dra-eenheid (dit is die voertuig) is die deel van die vervoerstelsel wat die goedere en/of passasiers dra.
- Die aandryf-eenheid dryf die voertuig wat gebruik word aan.
- Die eindpunt is die koppeling waar een vervoerskakel of –netwerk eindig en 'n volgende een begin.

### 4.2 Die weg en dra-eenheid

In enige gegewe vervoermodus, behalwe in pypleidingvervoer, kan hoogstens twee van die komponente gekombineer word (die dra-eenheid en die aandryf-eenheid wat komponente van 'n enkele voertuig kan vorm). Pypleidingvervoer is in hierdie opsig uniek: die pyp is terselfdertyd die weg en die dra-eenheid, terwyl die pomptoerusting, wat die aandryf-eenheid is, op sigself 'n integrerende deel van die weg vorm, aangesien die kommoditeit wat vervoer word deur die pomp beweeg. Pypleidings verskaf 'n regstreekse en langtermynverbinding tussen die oorsprong en bestemming. Die eindpunte (byvoorbeeld tenkwerwe) vorm verder integrerende komponente van die pypleidingstelsel. Enige pypleiding is permanent aan ten minste twee eindpunte verbind.

### 4.3 Die aandryf-eenheid

Ruolie en brandstofprodukte word in die algemeen deur pypleidingings met sentrifugale pompe vervoer. Die meeste pompe word deur elektriese motore aangedryf, hoewel dieselenjins of gasturbines ook gebruik kan word. Kommoditeite beweeg teen 'n spoed van 5 km tot 15 km per uur deur 'n pypleiding. Die spoed hang af van die deursnee van die pyp, die wrywing met die pypwand, die druk waaronder die kommoditeit vervoer word, en ander faktore soos die topografie, hoogte bo seespieël en die digtheid en vloeibaarheid van die kommoditeit wat gekarwei word. Hoe minder die vloeibaarheid, hoe moeiliker is dit om gepomp te word. Dit is byvoorbeeld veel duurder om ruolie oor lang afstande deur 'n pypleiding te karwei as ligte brandstofprodukte weens die groter vloeierstand van die binne-oppervlak van die pypwand teen die beweging van die ruolie.

### 4.4 Die eindpunt

Eindpunte dien as (1) ontvangs- en sentrale versamelpunte waar vragkonsolidasie plaasvind, (2) opbergingsgeriewe en (3) geriewe waar besendings vir aflewering geskei word. Die eindpunte vir pypleidingings is in die vorm van tenkwerwe. Tenkwerwe kom voor by olievelde, raffinaderye, hawens, pompstasies en groothandeldepots.

Die hoof funksie van eindpunte of tenkwerwe is om as buffers te dien waar kommoditeite aankom wat nie in ritme is met die vraagpatroon nie, en hulle opgeberg moet word totdat hulle benodig word. By olievelde ontvang tenkwerwe ruolie van die insamelingstelsels en voed hulle die hoofaarpypleiding. Langs die hoofaarpypleiding word tenkwerwe gebruik om ruolie tydelik opsy te neem vir groepering, meting, herroetering en opberging tydens pypleidingherstelwerk. By die pypleidingeindpunt word die verskeie ruolie-besendings weer geskei en in tenks opgeberg vir aflewering aan ander pypleidingings, raffinaderye of hawens.

In lande wat brandstof invoer, word groot olie-eindpunte by sekere toegangshawens gevind. Oseaanskepe hou nie by streng tydskaal nie, en ongereelde aankomste vind om verskeie redes plaas. Sommige dae sal daar geen skepe arriveer nie, terwyl verskeie ruolie-tenkskepe op ander dae saam by die hawe sal aankom. Intussen kan raffinaderye wat deur 'n pypleiding vanaf die hawe gevoer word, geskeduleer wees om teen 'n standhoudende tempo te werk. Die pypleidingings self verskil in grootte. Pype met 'n groot deursnee word gebruik om tenkskepe vinnig leeg te pomp na tenkwerwe by 'n hawe. Aan die uitgangkant van die tenkwerwe sal pype met 'n kleiner kapasiteit die ruolie in 'n standhoudende stroom na die raffinadery versprei. Die verskaffing aan raffinaderye moet beskikbaar wees wanneer skepe nie opdaag nie of wanneer ander aflewering nie plaasvind nie. Wanneer verskeie skepe saam aankom, moet die eindpunt genoeg buffer-opbergingsvermoë hê om die skeepsvragte te ontvang sodat die skepe weer na 'n volgende bestemming kan vertrek.

## 5. PETROLEUMPYPLEIDINGSTELSELS

### 5.1 Oorsig

Daar is drie basiese soorte petroleumpypleidingvervoerstelsels (Leonard 1982:102):

1. insamelingspypleidingstelsels,
2. ruolie-hoofaarpypleidingstelsels, en
3. pypleidingstelsels vir geraffineerde produkte.



Saam verskaf hierdie stelsels 'n aaneenlopende verbinding tussen ontginning, verwerking, verspreiding en groothandeldepots in verbruiksgebiede.

## 5.2 Insamelingspypleidingstelsels

Waar ruolie uit produksieveldde ontgin word, versamel insamelingstelsels dit en vervoer dit van die boorgate na sentrale punte deur 'n netwerk van pypleidings met 'n klein deursnee en lae druk. Insameling behels 'n kortafstand versamelingsfunksie, gewoonlik die konsolidering van verskeie ruoliestrome na opgaartenks in die produksieveld vir latere oordrag na hoofaarpypleidings (Schumer 1974:119). Insamelingstelsels sluit die pype, tenkwerf, pompstasies, en meters en monsternemers in wat die hoeveelheid en gehalte toets van die olie wat versamel word.

'n Insamelingstelsel bedien gewoonlik 'n enkele olieveld of produksiegebied waar honderde boorgate dieselfde soort of graad olie produseer. Byna 90% van alle insamelingspypleidings het 'n deursnee van 15cm of minder. Insamelingspypleidings word meestal bo die grondoppervlak gelê sodat hulle geskuif kan word namate boorgate uitgeput raak. Die insamelingstelsels in olieproduserende lande verteenwoordig sowat 'n derde tot die helfte van die totale afstand pypleidingnetwerke in daardie lande.

## 5.3 Ruolie-hoofaarpypleidingstelsels

Ruolievervoer word deur hoofaarpypleidings gedoen. Hierdie pypleidings ontvang ruolie van opgaartenks, insamelingstelsels, skepe of ander hoofaarpypleidings.

Hoofaarpypleidings strek gewoonlik oor lang afstande, meestal ondergronds, van groot olieproduserende gebiede na groot raffinaderye. In olie-uitvoerlande strek ruolie-hoofaarpypleidings ook na uitvoerhawens en vervoer hulle ook afluandige of ingevoerde ruolie van eindpunte by hawens na binnelandse raffinaderye.

'n Hoofaarpypleiding het relatief groter volumes wat na relatief minder bestemmings gaan as afleweringspypleidings vir geraffineerde produkte. Die produkte-afleweringspypleiding het kleiner besendings wat na meer afleweringspunte gaan. In die algemeen word die ruolie-hoofaarstelsel op 'n kommoditeitsvervangingsgrondslag bedryf: die vragverskeper (of -versender) ontvang dieselfde gehalte kommoditeit wat hy vir versending gelewer het, maar nie dieselfde molekules nie, terwyl die afleweringspypleiding op 'n groeperingsgrondslag bedryf word: die verskeper ontvang dieselfde molekules wat hy laat versend het. Die twee soorte stelsels is aan verskillende ekonomieë onderhewig. Die hoofaarkarweier is geneig om relatief minder werknemers te hê, is meer kapitaalintensief en verdien minder inkomste per deurseiteenheid (Allegro 2001:11).

Internasionaal wissel ruolie-hoofaarpypleidings gewoonlik van 20cm tot 120cm in deursnee, en kan hulle van 3 800 ton (sowat 4,8 miljoen liter) tot 128 000 ton (sowat 160 miljoen liter) ruolie per dag vervoer. Hoofaarpypleidings met 'n groot deursnee is 'n belangrike faktor wanneer die lewensvatbaarheid van ruolie-ontginning in afgeleë gebiede en die vervoer daarvan na raffinaderye en uitvoerhawens bepaal word. Die rede is dat die eenheidskoste van die vervoer van kommoditeite deur pypleidings afneem namate die deursnee van die pyp toeneem. Hierdie ekonomie vereis dat die totale hoeveelheid wat hanteer word, voldoende moet wees om die pypleiding so vol as moontlik te hou. 'n Voorvereiste vir suksesvolle pypleidingvervoer is om (tydens beplanning) die grootte van die pypleiding vas te stel in ooreenstemming met die hoeveelheid olie wat vervoer moet word.

## 5.4 Pypleidingstelsels vir geraffineerde produkte

Produkpypleidings is afleweringstelsels wat geraffineerde brandstofprodukte van raffinaderye en hawens na groothandeldepots in bemarkingsgebiede vervoer, van waar die produkte gewoonlik per pad na kleinhandelverkooppeunte en grootmaatverbruikers vervoer word. Hoewel produkpypleidings lang afstande mag dek, word hulle nie as hoofaarpypleidings beskou nie. Afleweringstelsels vir geraffineerde produkte is 'n omgekeerde beeld van ruolie-insamelingstelsels. In plaas van klein strome wat in hoë-volume-hoofaarpypleidings via tenkwerwe vloei, ontstaan produkpypleidings as stelsels met groot kapasiteit by raffinaderye, en vertak dan in pypleidings van kleiner kapasiteit om verspreide afleweringspunte te bedien, wat gewoonlik bestaan uit groothandeldepots in bemarkingsgebiede.

In talle opsigte is produkpypleidings soortgelyk aan ruoliepypleidings. Die sleutel tot die ekonomiese benutting van die pypleidings is weer eens die lae eenheidskoste wat deur korrekte grootte en optimale deurset bereik word. Die konstruksie, bedryfsprosedures en instandhouding van produkpypleidings is ook baie soortgelyk aan dié van ruoliepypleidings. Tog is die diens wat deur die twee stelsels gelewer word wesenlik verskillend; ruoliepypleidings lewer 'n insamelings- en langafstandkarweidiens en produkpypleidings 'n verspreidingsdiens.

Die laaste komponent in 'n produkpypleiding is dikwels sywaartse vertakkings na 'n reeks opgaartenks by groothandeldepots naby 'n groot kleinhandelmarkgebied. Vir vlugtige produkte soos petrol het hierdie tenks gewoonlik drywende deksels om dampvrystellings te beheer en produkverlies weens verdamping te verminder. Tenkvrugmotors doen die finale verspreiding van tenkwerwe by groothandeldepots na kleinhandelvulstasies.

Die tegnologie van produkpypleidings is oor die algemeen nuwer as dié van insamelings- en ruolie-hoofaarpypleidings. Produkverspreiding het talle nuwe tegnologiese ontwikkelings gestimuleer vanweë produkte se relatief hoë waarde per eenheid, en streng gehalte- en veiligheidsvereistes. Die skeiding van verskillende soorte en grade kommoditeit het byvoorbeeld tegnologiese ontwikkeling in pypleidingtoerusting en in gehaltebeheer, meting, monitering en die omskakeling van een produk na 'n ander aangewakker.

## 6. LOGISTIEKE AKTIWITEITE

Die volgende reeks logistieke aktiwiteite is betrokke by die vloei van goedere tussen die plek van oorsprong (dit is die grondstofbron) en die plek van verbruik of aanwending: (1) vraagvooruitskatting, (2) vestigingsplekbesluitneming, (3) verkryging, (4) materiaalhantering, (5) verpakking, (6) pakhuisbedryf, (7) voorraadbeheer, (8) bestelprosessering, (9) logistieke kommunikasie, (10) vervoer, en (11) terugwaartse logistiek (Vogt, Pienaar & De Wit 2005:10; Bowersox, Closs & Cooper 2007:26; Grant, Lambert, Stock & Ellram 2006:17).

### 6.1 Vraagvooruitskatting

Vraagvooruitskatting behels die beraming van die hoeveelheid en aard van produkte en gepaardgaande inligting wat kliënte in die toekoms sal benodig, hetsy oor die kort of die lang termyn. Die behoefte om ingelig te wees oor die hoeveelheid en aard van produkte wat gevra gaan word, is belangrik vir (a) bemarking, (b) vervaardiging en (c) logistiek.

Logistiek moet vooraf bepaal hoe vervaardiging ondersteun gaan word deur materiaalbestuur (wat vestigingsplekbesluitneming, grondstofvoorraadhouding, verkrygingstrategie en -taktiek, materiaalhantering, en afvalverwydering insluit) en hoe bemarking gedien gaan word deur fisiese

distribusiebestuur (wat verpakking, pakhuisvestiging en -bedryf, voorraadbestuur, bestelprosessering, distribusiekommunikasie, en die vervoer van produkte en onderdele insluit).

Die behoefte aan 'n pypleiding ontstaan volgens Leonard (1982:106) wanneer:

1. 'n nuwe olieproduksiegebied geopen word,
2. produksie in 'n bestaande gebied die bestaande pypleidingkapasiteit oorskry,
3. 'n nuwe toegangshawe gevestig word,
4. verskeping deur 'n bestaande hawe toeneem, en
5. 'n raffinadery bykomende insetvolumes benodig.

Voordat 'n pypleiding as 'n kommersiële onderneming begin word, moet bewys kan word dat die gebruikers van die pypleiding vir die ekonomiese lewensduur van die pypleiding genoeg volumes teen 'n vasgestelde tarief sal karwei, wat die eienaars van die pypleiding in staat sal stel om hul lening terug te betaal, die bedryfs- en onderhoudskoste te dek en 'n wins te behaal wat vir die risiko-element vergoed en die investering regverdig.

Wat punt 1 hier bo betref, moet geoloë dus die omvang van die olievonds kan bevestig, die reserwes beraam en produksiekapasiteit bereken. Dit sal die grondslag vorm vir die beraming van verwagte deurset. In die punte 1 tot 5 hier bo bestudeer brandstofbedryfspesialiste die potensiële markte en die waarde van toekomstige produksie. Hulle voorspel toestande wat die pypleiding oor die volgende 15 tot 20 jaar regstreeks of onregstreeks kan raak, soos die toestand van die ekonomie; die verskuiwing van bevolkings of produkvrage groei; die konstruksie, uitbreiding en sluiting van raffinaderye; die binnelandse en internasionale produksie van ruolie; die vooruitsigte vir mededingende pypleidings; bedryfsveranderinge; en owerheidsingrypings. Hierdie aspekte word in gedetailleerde tegniese, finansiële en ekonomiese beramings in ag geneem (Adler 1987:3).

## 6.2 Vestigingsplekbesluitneming

Die aard, uitleg, ligging, aantal en kapasiteit van fasiliteite is van strategiese belang. Die plasing van pakhuis, diensfasiliteite en aflewings- of verkooppunte naby die onderneming se mark kan byvoorbeeld kliëntediens bevorder. Oordeelkundige fasiliteitplasing kan laer vervoerkoste deur die voorsieningsketting van die grondstofbron af tot by die verbruiker meebring. Die eerste oorweging by fasiliteitsplasing is die ligging van die onderneming se grondstowwe en sy mark.

Tydens die beplanning van 'n pypleiding word verskeie alternatiewe ondersoek om te bepaal of die projek geregverdig is op grond van die hulpbronne wat die kommersiële bestaan daarvan sal vereis (Adler 1987:158). Aanvanklik sal alternatiewe roetes vergelyk moet word. Die kortste en mees direkte roete tussen die oorsprong en die bestemming mag aanvanklik voorkeur kry (byvoorbeeld in die geval van 'n ruoliepypleiding wat al sy vrag na een bestemming neem). Rigtingveranderinge mag egter nodig wees weens topografiese versperrings of ander omgewingsfaktore, huidige grondgebruik, probleme om deurgangsreg te verkry, en die behoefte om naby 'n sekere verskaffings- of aflewingspunt verby te gaan of om digbevolkte gebiede te vermy (byvoorbeeld in die geval van 'n produkpypleiding wat aflewingspunte langs die roete het). As in ag geneem word dat die grootste aflewingspunt (of kliënt) gewoonlik die een aan die einde van die pypleiding is, moet die roete nie so omswerwend wees dat dit die kliënte aan die eindpunt onnodig op grond van afstand en tarief benadeel ten gunste van aflewingspunte of kliënte wat vroeër (stroomopwaarts) op die roete geplaas is nie. In hierdie geval is die keuse tussen 'n kronkelende pypleiding en een met 'n relatief reguit horisontale belyning, maar met klein sytakke vir aflewering al langs die roete.

'n Tweede oorweging is die grootte van die pypleiding, want een met 'n groter deursnee wat groter volume kan hanteer, het 'n hoër aanvangskoste maar 'n laer koste vir die pompe en die energie (gewoonlik elektrisiteit) om die pompe aan te dryf. Die wrywing wat oorkom moet word om 'n vloeistof deur 'n pyp te kry, is die wrywing tussen die vloeistof en die wand van die pyp. Deur die deursnee van die pyp te vergroot, word die hoeveelheid vloeistof in die pyp vinniger vergroot as wat die oppervlakte van die wand van die pyp wat met die vloeistof in kontak is, sal vergroot. Daar is gevolglik skaalvoordele wat behaal word in die aandryfkrag wat nodig is om dieselfde hoeveelheid kommoditeit te pomp deur die deursnee van die pyp te vergroot. Enige gegewe deurset kan behaal word deur die gebruik van verskeie kombinasies van pypdeursnee en pompkrag. Die pompe word by die vertrekpunt (innamepunt) asook op afstande van 30 km tot 150 km op die pypleiding geplaas, na gelang van die pypleidingontwerp, die deurset- en vloeitempo-vereistes, en topografie. (Opdraandes vereis dat pompstasies nader aan mekaar is.) Daarom, vir 'n gegewe deurset, hoe groter die pyp se deursnee, hoe minder die benodigde pompkrag. Hoe minder die benodigde pompkrag, hoe verder uit mekaar hoef pompstasies gevestig te word.

'n Derde belangrike besluit is of die raffinadery aan die begin van die pypleiding moet wees (naby die olieveld of die toegangshawe), of aan die einde daarvan (naby die markte). Die behoefte aan so 'n ondersoek spruit uit die verskil in die vervoerkoste van verskillende kommoditeite. Hoe minder die vloeibaarheid en hoe hoër die digtheid (dit is massa in verhouding tot volume) van die kommoditeit, hoe moeiliker is dit om gepomp te word, en daarom hoe duurder. Dit is byvoorbeeld aansienlik duurder om ruolie oor lang afstande te karwei as die ligter en meer vloeibare brandstofprodukte wat daaruit geraffineer word. Hoe groter die volume wat gekarwei moet word en hoe verder die afstand, hoe meer ekonomies kan dit word om die raffinadery aan die begin van die pypleiding te plaas. 'n Raffinadery by die beginpunt maak ook die verskaffing van produk afleweringpunte langs die roete moontlik, wat die doeltreffendheid van produk verspreiding kan verbeter.

Voordat verdere vestigingsplekbesluite geneem word, moet die pypleidingkoste met die koste van die naasbeste vervoer alternatief, gewoonlik spoorvervoer, vergelyk word.

As al bogenoemde ondersoeke aandui dat 'n pypleiding tegnies uitvoerbaar, finansiële lewensvatbaar en ekonomies geregverdig is, kan die gedetailleerde ontwerp en finale liggingsbepaling van die pypleiding begin.

Ná die keuse van die bes moontlike roete verkry die pypleidingoperateur die nodige deurgangsregte van grondeienaars of owerheidsliggame om die pypleiding te bou en te bedryf. Permitte moet verkry word om spoorlyne, paaie, riviere, dreineringslote en ander openbare geriewe te oorkruis. Voordat konstruksie kan begin, moet omgewingsimpakstudies gedoen en voorgelê word aan die owerheidsinstellings wat jurisdiksie het oor die gebiede waar die pypleiding sal loop.

Landvervoer word dikwels deur topografie gekompliseer. Waar 'n pad, spoorlyn of pypleiding deur topografie loop waar berge, klowe, riviere of ander belemmerende natuurkenmerke voorkom, of deur mynbou- en geologies onstabiele gebied waar versakking moontlik is, is spesifieke probleme ter sprake. Spoorvervoer kom in heuwelagtige en bergagtige terrein te staan teen roete-beperkings en trekkragsprobleme, terwyl die bedryfskoste en ongelukrisiko van padvoertuie in sulke gebiede hoog is. Dit is moeilik om 'n pypleiding in steil terrein te bou, maar sodra beplanning-, ontwerp- en konstruksieprobleme oorkom is en die pompstasies ontwerp is om die volumes wat vervoer sal word genoegsaam te hanteer, is die werklike vervoer van kommoditeite relatief probleemvry. Dit is 'n groot voordeel oor die leeftyd van enige gegewe pypleiding.

### 6.3 Verkryging

Verkryging is die aanskaf van goedere, dienste en inligting om die onderneming se vervaardigings- en bemarkingsprosesse te laat vlot. Verkryging sluit in (a) keuse van grondstowwe en die verskaffers self, (b) die bepaling van die vorm waarin insette moet wees, (c) die tydsberekening en koördinerende van insette se aankoms, (d) prysonderhandelinge, en (e) die gehaltebeheer van inkomende goedere.

Pypleidingvervoer word deur private gebruikers vir hul eie doelwitte verskaf, of deur 'n algemene karweier wat namens al die vragversenders optree wat aan 'n pypleiding gekoppel is. Voorbeelde van die eersgenoemde is pypleidings vir die vervoer van ruolie, geraffineerde brandstofprodukte en aardgas wat deur brandstof- en gasmaatskappye besit en bedryf word (soos die Chevron-pypleiding van 110 km lank wat ruolie vanaf die Petrosa-opgaarfasiliteit by Saldanhabaai na die Chevron-raffinadery in Kaapstad vervoer). Voorbeelde van laasgenoemde is pypleidingoperateurs wat as openbare ondernemings gevorm is om algemene karweidienste aan die brandstofbedryf te lewer (soos Transnet Pipelines in Suid-Afrika), en derdeparty-operateurs wat as private ondernemings soos 'n private maatskappy of vennootskap saamgestel is en wat algemene karweidienste aan vragversenders voorsien.

'n Pypleidingonderneming besit gewoonlik nie die grond waarop sy pypleiding gebou is nie. 'n Grondeienaar verkoop eerder 'n serwituut aan die pypleidingonderneming, wat die onderneming die deurgangsreg gee om 'n pypleiding oor sy eiendom te bou, te bedryf en te onderhou.

Die keuse van 'n spesifieke pyp vir 'n gegewe projek word deur sowel ekonomiese faktore as die aard van die kommoditeit, verwagte deursig, terrein en konstruksietoestande geraak. Sedert die laat 19de eeu is staal die eerste keuse van materiaal vir bykans alle pypleidings en tenks. Die standaard vir die jongste en sterkste staal wat tot dusver ontwikkel is, is in 2002 neergelê (Rabinow 2004:49). Sedertdien word dubbel-ondergedompelde boogswaiswerk gebruik om 'n pyp te vorm – die sweislas in die lengte is so sterk soos die pyp self. Tesame met verbeterde materiaal en pypvervaardiging was daar vooruitgang in die deklare wat die staal teen die omgewing beskerm en wat 'n bykans onbeperkte diensleefyd moontlik maak. Die vroeëre deklare van teer en steenlym is vervang deur smelt-gebinde epoksie-deklare wat taai, korrosiewerende bedekking verskaf. Soortgelyke tegnologie word in opgaartenks gebruik om wegvreting aan die bodem en teen wande te beperk.

Gehaltebeheer word regdeur die materiaalverkrygings- en konstruksieproses deur inspeksies uitgevoer. Die pyp word vir obstrukties nagegaan, die korrekte plasing van laste word bevestig, die sweiswerk word nagegaan en getoets, en die deklare word nagegaan. Elke deel van die pypleiding moet aan die veiligheidstandaarde van owerheidsregulasies en die gehalte kriteria van die bedryf voldoen.

### 6.4 Materiaalhantering

Materiaalhantering behels alle aspekte van die beweging van goedere op persele en binne fasiliteite met behulp van hanteringsstoerusting. Materiaalhantering het ten doel om die vervaardigingsproses en pakhuisbedryf te laat vlot.

In pypleidingvervoer word die oplaai, karwei en aflaai van die kommoditeit in 'n enkele proses gekombineer wat gewoonlik op afstand elektronies beheer kan word. Aangesien daar koste verbonde aan goederehantering is sonder dat dit waarde toevoeg tot die goedere, is dit 'n primêre oogmerk om hantering sover moontlik uit te skakel (Ballou 2004:486; Grant *et al.* 2006:18). Met die vervoer

van ruolie en brandstofprodukte per pypeleiding word volkome aan hierdie oogmerk voldoen. Die uitkakeling van hantering dra betekenisvol by tot die skaalvoordele wat pypeleidingvervoer geniet.

## 6.5 Verpakking

Uit 'n logistieke oogpunt vervul verpakking 'n tweërlei doel. Enersyds beskerm dit die produk teen beskadiging; andersyds vergemaklik dit die opberging, hantering en vervoer daarvan, wat distribusiekoste verminder.

'n Kommoditeit wat deur 'n pypeleiding na sy bestemming vervoer word, vereis geen verpakking nie. Net die kommoditeit self beweeg – die pypeleiding verskaf die nodige omhulsel en beskerming van die kommoditeit. Daar is dus geen dooie tonnemaat van verpakkingsmateriaal, dooie volume of voertuie en hanteringstoerusting wat beweeg nie. Daar is ook geen leë vraghouers wat opgeberg, hanteer of na die oorsprong teruggeneem hoef te word nie, en geen verpakkings- of uitpakprobleme by die begin en einde van die vragreis nie. Die uitkakeling van verpakking verhoog die benutting van 'n pypeleiding, wat bydra tot die skaalvoordele wat pypeleidingvervoer geniet.

## 6.6 Pakhuisbedryf

Pakhuisbedryf behels die bestuur van die fasiliteit waarin voorraad opgeberg of bewaar word. Indien goedere nie onmiddellik ná afloop van vervaardiging verkoop of verbruik word nie, moet dit gestoor word.

Pakhuse vir pypeleidings is in die vorm van tenkwerwe. Tenkwerwe is by olievelde, raffinaderye, hawens, pompstasies en groothandeldepots geplaas. By olievelde ontvang tenkwerwe ruolie van die insamelingstelsels en voed hulle die hoofaarpypeleiding. Langs die hoofaarpypeleiding word tenkwerwe gebruik om ruolie tydelik opsy te neem vir groepering, meting, herroetering en opberging tydens pypeleidingherstelwerk. By die pypeleidingeindpunt word die verskeie ruolie-besendings weer geskei en in tenks opgeberg vir aflewering aan ander pypeleidings, raffinaderye of hawens.

## 6.7 Voorraadbeheer

Die beheer van voorraadvlakke is 'n kritieke aangeleentheid. Enersyds moet daar deurlopend aan vervaardigings- en bemerkingsvereistes voldoen word; andersyds beset groot volumes voorraad kapitaalintensiewe opbergingsruimte, terwyl die opgebergde goedere self finansiële inset verg. Daar is aan albei hierdie faktore aansienlike geleentheidskoste verbonde. Tussen hierdie geleentheidskoste en die skadelike gevolge wat 'n uit-voorraad situasie inhou, moet daar 'n optimale middeweg gekies word.

Die gesofistikeerde monitering van geriewe per rekenaar (byvoorbeeld die vinnige opsporing van lekplekke), asook die onbeduidende uitwerking van weerstoestande en klimaatselemente, lei tot minimale verlies en skade en het hoogs betroubare afleweringsskedules tot gevolg. Die enigste negatiewe faktor is die stadige diens, wat in werklikheid positiewe implikasies het: die hoë akkuraatheid en betroubaarheid van vooruitgeskatte afleweringstye verminder die behoefte aan buffervoorraad by die bestemming, terwyl pypeleidings in werklikheid gratis opbergplek bied vir so lank as wat die bestelling onderweg is (Papacostas & Prevedouros 2001:240).

Akkuraatheid en betroubaarheid is noodsaaklik. Selfs tydens volgehoue bedrywighede volg die afsenders aan diens elke besending, bereken die volumes wat ontvang en afgelewer is, handhaaf die nodige balans en volgorde van besendings regdeur die stelsel, en hanteer noodgevallye as dit opduik. Die status van alle toerusting, die volume wat van of na 'n punt gepomp word, en die

hoeveelheid onbenutte kapasiteit in elke tenk by elke afleweringpunt word voortdurend gemonitor. Inligting van afgeleë punte word elektronies aan die versendingsbeamptes aan diens gekommunikeer, en word outomaties met gereelde tussenposes vertoon.

## 6.8 Bestelprosessering

Bestelprosessering behels die aktiwiteite om kliënte se bestellings vir aflewering gereed te kry. Dit sluit in (a) oordrag van die bestelbesonderhede na die verkoopsafdeling, (b) nagaan van die kliënt se kredietwaardigheid, (c) oordrag van die bestelpakketvereistes aan voorraadhouing vir lewering aan die versendingsafdeling, (d) voorbereiding van die verskepingsdokumentasie, en (e) kommunikasie met die kliënt oor die bestelstatus, betaalwyse en afleweringsofspraak.

Die sleutel tot doeltreffende pypeleidingbedrywighede is skedulering. Dit vereis die programmering van elke vragversending van oorsprong tot bestemming in die hoofaarpypeleiding sodat die hele stroom te alle tye gladweg en teen 'n vereiste tempo beweeg. Vir dié doel stel die skeduleerders by alle potensiële vragversenders vas wat hul voorraad, verkope, aankope en vereistes is. Hulle ontwikkel dan die maandelikse pypeleidingpomptempo's en verdeel kapasiteit onder vragversenders as daar meer ruolie is wat vir vervoer aangebied word as wat die pypeleiding kan karwei (Trench & Miesner 2006:15).

Skedulering is ingewikkeld wanneer verskeie vragversenders betrokke is, wanneer verskillende vragte by die hoofpypeleiding in- en uitbeweeg en wanneer pomptempo's wissel. Outomatisering het hierdie bedrywighede 'n omwenteling laat ondergaan. Deesdae gebruik bykans alle groot pypeleidingstelsels gevorderde rekenaars en kommunikasienetwerke om versendingskedules uit te werk en in werking te stel.

## 6.9 Logistieke kommunikasie

Suksesvolle logistieke bestuur vereis doeltreffende kommunikasie en inligtingsbestuur. Doeltreffende kommunikasie moet plaasvind tussen (a) die onderneming en sy voorsieners, (b) die onderneming en sy kliënte, (c) die hoof funksionele afdelings van die onderneming, soos vervaardiging, bemaking, logistiek, finansies en beplanning, (d) die onderskeie logistieke aktiwiteite, soos verkryging, pakhuisbedryf, bestelprosessering, voorraadbeheer en vervoer, en (e) die elemente binne elke logistieke aktiwiteit. Akkurate en tydige kommunikasie is die sleutel tot suksesvol geïntegreerde en gekoördineerde logistieke bestuur.

Benewens die fisiese kenmerke – die pyp, pompe en tenks – sluit die pypeleiding se basiese ontwerp die beheersentra in wat moderne rekenaarstelsels gebruik, kommunikasietoerusting, en ander elektroniese beheermeganismes. Deurdad hierdie beheerstelsels die hele pypeleidingstelsel deur elektroniese, telefoniese en radio-kommunikasie verbind, word 'n hoë mate van outomatisering, koste- en tydbesparing en ingeboude veiligheidsmeganismes gehandhaaf. Gesamentlik maak hierdie tegnologieë dit moontlik dat 'n handjievul mense in 'n sentrale beheersentrum die hele stelsel voortdurend veilig, doelmatig en doeltreffend kan laat funksioneer. Die tegnologie maak ook vinnige en akkurate pypeleidingboekhouding moontlik.

Pypeleidingbedryfsbeheerders (afsenders) gebruik rekenaars om die pompe en ander aspekte van die pypeleiding oor 'n afstand te beheer. Pypeleidingbeheerkamers gebruik toesighoudende beheer- en dataverkrygingstelsels (sogenaamde SCADA-stelsels) wat hulle deurlopend op die hoogte hou van die vloeiempo, druk, spoed en ander inligting wat belangrik is vir die handhawing van produkgehalte, byvoorbeeld die spesifieke swaartekrag, brandpunt, temperatuur en digtheid van die kommoditeit wat vervoer word. Bedryfsbeheerpersonnel gebruik diagnostiese rekenaarhulp

om die inligting regdeur die jaar te monitor en te evalueer om die nodige ononderbroke kommoditeitsvloei tempo te verseker (Allegro 2001:12).

## 6.10 Vervoer

Die verplasing van goedere is 'n onontbeerlike aktiwiteit en vorm gewoonlik die grootste kostekomponent van die logistieke proses. In sy eenvoudigste vorm vind pypleidingvervoer plaas deur 'n kommoditeit deur 'n pypleiding te pomp — van die vertrekpunt waar die kommoditeit nie vir verbruik benodig word nie, tot by die bestemming waar dit wel benodig word.

'n Vrag ruolie deur 'n pypleiding vanuit 'n olieproduserende gebied volg gewoonlik die volgende pad: Dit word uit die boorgat gepomp na skeidingstenks, waar die aardgas na 'n ander stelsel gekanaliseer word. Die ruolie vloei na hitte behandelars waar die water en enige neerslae verwyder word, en dan na tenks waar dit opgegaar word totdat voldoende volume gereed is vir lewering in die pypleidinginsamelingstelsel (Leonard 1982:107).

Vir die oordrag van ruolie van die produsent se tenks na die pypleiding moet die ruolie akkuraat gemeet en getoets word om volume, digtheid, temperatuur, en water- en neerslaginhoud te bepaal. Die meting en toetsing kan met die hand gedoen word deur die tenkmeters na te gaan en monsters van die olie te neem, of outomaties deur die gebruik van sogenaamde Lease Automatic Custody Transfer (LACT)-toerusting. Die LACT-toerusting meet die ruolie soos wat dit in die pypleiding vloei en neem outomaties 'n klein monster van die totale volume olie in 'n monsterhouer. Die ingesamelde monster word dan met die hand getoets vir digtheid en water- en neerslaginhoud (Leonard 1982:107).

Wanneer 'n vragversender se ruolie die hoofarpypleiding binnegaan, sluit dit aan by ander versenders se ruolie. Die verskillende ruolie-volumes word volgens graad gegroepeer. Die pypleidingoperateur lewer min of meer dieselfde gehalte vergelykbare olie by die bestemming as wat hy van die produsent ontvang het. Gelyke grade ruolie is uitruilbaar, wat impliseer dat 'n gegewe volume van een vrag deur dieselfde volume van enige ander vrag vervang kan word.

Afsenders beheer die bedrywighede van die hele hoofarpypleidingstelsel vanuit 'n enkele beheerkamer. Hulle gebruik mikrogolf-, telefoon- en selfs satellietkommunikasie asook elektroniese beheerrekenaars om in volgehoue verbinding met alle punte in die pypleiding te wees. Hulle begin, versnel, verlangsaam en stop pompaktiwiteite by stasies honderde kilometer van hulle af, en monitor druk, vloei tempo's en digtheid. Afsenders kan strome van een afleweringpunt na 'n ander verander.

Selfs as verskeie grade ruolie of brandstofprodukte vervoer word, word 'n voortdurende vloei gehandhaaf, met baie min vermenging. Na gelang van die soort olie word die tussenmengsel (die noodwendige mengsel tussen opeenvolgende besendings) in 'n tenk van die oliegraad geplaas wat die minste werd is. In die geval van brandstofprodukte word die tussenmengsel met meer sorg hanteer. Wanneer 'n brandstofproduk wat by 'n pompstasie aankom, begin om 2% of meer per volume van die volgende besending te bevat, word die tussenmengsel na 'n mengseltenk gelei totdat die volgende besending ten minste 98% suiwer is. Die tussenmengsel word dan met die volgende besending gemeng, of met nog 'n besending van 'n minder waardevolle produk teen so 'n mate dat die suiwerheid nie tot minder as 98% per volume daal nie. Besendings van brandstof met ongewone kenmerke wat nie gemeng kan word nie, word soms met rubbersfere of "proppe" geskei (Vogt, Pienaar & De Wit 2005:214).

Afgesien van die fundamentele diensverskille vereis die karwei van geraffineerde produkte groter gehaltebeheer en beter hanteringsorg as die karwei van ruolie. Daar is verskillende soorte brandstofprodukte, byvoorbeeld verskillende grade petrol, vliegtuigbrandstof, paraffien en diesel.



Na gelang van hul bepaalde spesifikasies moet sommige grade afsonderlik vervoer word, terwyl ander grade op 'n vervangbare grondslag vervoer kan word (Allegro 2001:13).

## 6.11 Terugwaartse logistiek

Die hantering van retoergoedere is 'n integerende deel van die logistieke proses. Kliënte stuur goedere terug aan verkopers as gevolg van gebreke, oortolligheid of verkeerde ontvangste. Logistieke stelsels is dikwels nie in staat om die vervoer van goedere retoere of teenvloeritte te hanteer nie.

Pypleidingvervoer is 'n grootmaat-, nie-behoueringsmetode van vervoer. Dit skakel dus die nodigheid van verpakking en die hantering en terugstuur van leë vraghouders uit. Pypleidings verskaf 'n regstreekse en langtermynverbinding tussen die oorsprong en bestemming. Indien nodig kan 'n volgehoue diens gelewer word sonder die noodsaaklikheid van 'n terugrit of 'n terugpompproses. Die uitkakeling van terugwaartse logistieke aktiwiteite dra by tot die skaalvoordele wat pypleidingvervoer geniet.

## 7. LOGISTIEKE DIENSDOELTREFFENDHEID

Doeltreffende logistieke diens is 'n voorvereiste om te help verseker dat kliënte die verlangde goedere op die aangewese tyd by die bestemde plek in die vereiste toestand en hoeveelheid ontvang. Die vernaamste logistieke diensmaatstawwe is (1) geskiktheid, (2) toeganklikheid, (3) goederesekuriteit, (4) deurvoertyd, (5) betroubaarheid, en (6) buigsaamheid.

**7.1 Geskiktheid** verwys na die vermoë om die toerusting en fasiliteite te voorsien wat die karwei, hantering en bewaring van 'n bepaalde kommoditeit vereis. Toerusting wat temperatuur of vogtigheid kan beheer, spesiale hanterings-fasiliteite en toerusting wat abnormale vragte kan dra, is voorbeelde van geskiktheid.

Pypleidings kan net 'n beperkte aantal kommoditeite vir kommersiële doeleindes vervoer. Dit word aangewend vir die vervoer van geskikte vloeistowwe (soos petroleumkommoditeite, wat ruolie, brandstofprodukte en sekere vloeibare chemikalieë insluit), gas, en gefloderiseerde grondstowwe. Pypleidings verskaf 'n regstreekse en langtermynverbinding tussen die oorsprong en bestemming. Indien nodig, kan 'n volgehoue diens gelewer word.

Pypleidings vereis 'n hoë investeringskoste. Dit is 'n vaste (onvermybare) koste wat vinnig per eenheid toeneem wanneer deurset afneem. Pypleidingvervoer is daarom nie geskik vir sake-ondernemings wat klein produk volumes op 'n ongereelde grondslag vereis nie.

**7.2 Toeganklikheid** is die vermoë om diens tussen spesifieke fasiliteite te voorsien en om fisies toegang tot sulke fasiliteite te verkry.

Toegang tot pypleidings is beperk weens hul vaste deurgangsreg. Vragversenders wie se fasiliteite nie aan die pypleiding gekoppel is nie, moet 'n ander toeganklike vervoermodus gebruik.

Pypleidingvervoer verskaf in die geval van ruolie en brandstofprodukte 'n diens van tenkwerf tot tenkwerf. Pypleidingvervoer kan dus 'n volledig toeganklike diens tussen ruolie-produksiegebiede en 'n brandstofraffinadery en tussen 'n brandstofraffinadery en groothandeldepots lewer. Stroomafwaarts van depots af verskaf pypleidings geen toeganklikheid nie. Gevolglik word die verspreiding van brandstofprodukte van die depot na die verbruiker bykans sonder uitsondering deur padvervoer behartig.

**7.3 Goederesekuriteit** behels dat goedere in dieselfde fisiese toestand en hoeveelheid arriveer as toe dit vir karwei beskikbaar gestel is.

Die geskiedenis van goedere sekuriteit by pypleidingvervoer is uitstekend. Die risiko van voorraadverlies weens diefstal, brand, skade, lekkasie en verdamping is gering. Die elektroniese monitering van fasiliteite asook die geringe invloed van slegte weerstoestande lei tot minimale verlies en skade (danksy die vinnige opsporing van lekkasies).

**7.4 Deurvoertyd** (of bestelsiklustyd) is die totale tyd wat verloop vandat die versender sy karweiversoek rig totdat die besending by die ontvanger afgelewer word. Dit sluit wag-, oplaai-, aflaai-, hanterings- en reistyd in.

Op 'n hoofaarpypleiding moet 'n versender (indien hy nie die enigste versender is nie) sy besendingsgrootte vooraf aandui en 'n versoek tot versendingsruimte rig. Hierdie wagtyd of kennisgewingstydperk is gewoonlik 14 tot 28 dae. Op 'n produkafleringspypleiding is aflerings meer aanpasbaar en kan versenders binne 48 uur tot 14 dae aflerings toegang verkry (Trench & Miesner, 2006:15).

Hoewel die vervoerspoed laag is (tussen 5 en 15 km/h), is die oplaai, karwei en aflaai van die kommoditeit in een proses gekombineer – die kommoditeit word met aankoms onmiddellik in opgaartenks gelaai. Dit verkort die totale vervoertyd, tesame met die feit dat die pompproses voortdurend kan plaasvind sonder die nodigheid van 'n terugreis of die vertraging van oorlaaivrag of die terugkarwei van leë houters.

Teen 'n bedryfspoed van 8 km per uur lewer die 1,2 meter ruolie-pypleidings wat in verskeie lande in die noordelike halfmond aangetref word meer as nege miljoen liter ruolie per uur, wat nie deur enige ander vervoermodus oor land geklop kan word nie. Dit is die ekwivalent van 228 aflerings per uur deur tenkvrugmotors met 'n gemiddelde kapasiteit van 40 000 liter ruolie per voertuig. Hierdie pypleidingdeurset is ook gelyk aan vyf treine per uur wat elk uit 42 tenkwaens met 'n gemiddelde kapasiteit van 42 500 liter per tenkwa bestaan. As in ag geneem word dat sulke vrugmotors en spoorwaens gewoonlik leeg terugkeer na 'n versendingspunt, is dit duidelik dat daar geen vergelykbare langtermyn alternatief vir die hoë aflerings tempo van pypleidingvervoer is nie.

**7.5 Betroubaarheid** verwys na die bestendige handhawing van deurvoertyd. Dit is die bewese rekord of reputasie van 'n onderneming om konsekwent afgespreekte oplaai- en aflaaitye stiptelik na te kom.

Pypleidings kan besendings van groot volumes vloeistowwe ononderbroke en baie stiptelik teen 'n lae eenheidskoste en lae risiko in 'n volgehoue stroom oor lang afstande vervoer. Volgehoue beweging kan gehandhaaf word ongeag weerstoestande wat die volle benutting van ander vervoermodusse sou belemmer.

Pypleidingvervoer is hoogs betroubaar omdat dit veilig en stiptelik is. Die redes hiervoor is soos volg:

- Pypleidings is nie arbeidsintensief nie. Hulle is grootliks geoutomatiseer en net 'n paar werknemers is nodig om pompe en kleppe elektronies te monitor, te beheer of in stand te hou. Stakings en afwesigheid van werkers het 'n relatief klein uitwerking op die bedryf van pypleidings.
- Die gesofistikeerde monitering van geriewe per rekenaar (byvoorbeeld die vinnige opsporing van lekplekke) asook die onbeduidende uitwerking van slegte weerstoestande en ongunstige klimaatselemente lei tot minimale verlies en skade en tot hoogs betroubare afleringskedules.
- Die hoë akkuraatheid en betroubaarheid van vooruitgeskatte afleringsstye verminder die behoefte aan buffervoorraad aan die bestemmingskant, terwyl gratis opbergplek verskaf word so lank as wat die bestelling nog op pad is om afgelewer te word (Papacostas & Prevedouros 2001:240).

**7.6 Buigsaamheid** (of aanpasbaarheid) is die bewese vermoë, gereedheid en bereidwilligheid om doeltreffend wisselinge te hanteer in (1) vragvolumes, (2) vragmassa, (3) oplaai- en aflaaitye, en (4) oplaai- en aflaailiggings, sonder om beduidend aan doelmatigheid in te boet.

Pypleidings is geografies onbuigsaam omdat hulle ontwerp word om vaste punte te bedien. Tensy die pypleiding spesifiek vir tweerigting-verkeer toegerus is, kan die rigting van kommoditeitsvloei nie maklik in die teenoorgestelde rigting verander word wanneer die kommoditeit nie meer by sy bestaande afleweringpunt benodig word nie. Daarom moet daar voordat met die bou van 'n pypleiding begin word, 'n sterk genoeg oortuiging wees dat die vraag standhoudend sal wees.

Die gebruik van 'n pypleiding is onbuigsaam deurdat die kommoditeit wat vervoer word slegs binne die beperking van versoenbaarheid verwissel kan word. Binne die reeks van brandstof-produkte doen dit nie skade om die produk te verander van petrol na vliegtuigbrandstof of diesel nie, maar dit kan nie verander word van petrol na 'n drinkbare vloeistof nie.

## 8. OPSOMMING

### Strategiese beplanning

Tydens die beplanning van 'n pypleiding moet verskeie alternatiewe ondersoek word om te bepaal of die projek geregverdig is op grond van die hulpbronne wat die kommersiële bestaan daarvan sal vereis. Aanvanklik sal alternatiewe roetes vergelyk moet word. Die kortste en mees direkte roete tussen die oorsprong en die bestemming mag aanvanklik voorkeur kry. Rigtingveranderings mag egter nodig wees weens topografiese versperrings of ander omgewingsfaktore, huidige grondgebruik, probleme om deurgangsreg te verkry, en die behoefte om naby 'n sekere verskaffings- of afleweringpunt verby te gaan of om digbevolkte gebiede te vermy. As in ag geneem word dat die grootste afleweringpunt gewoonlik die een aan die einde van die pypleiding is, moet die roete nie so omswerwend wees dat dit die kliënte aan die eindpunt onnodig op grond van afstand en tarief benadeel ten gunste van afleweringspunte of kliënte wat vroeër (stroomopwaarts) op die roete geplaas is nie.

'n Tweede oorweging is die grootte van die pypleiding, want een met 'n groter deursnee wat groter volume kan hanteer, het 'n hoër aanvangskoste maar 'n laer koste vir die pompe en die energie (gewoonlik elektrisiteit) om die pompe aan te dryf.

'n Derde besluit is of die raffinadery aan die begin van die pypleiding moet wees (naby die olieveld of die toegangshawe), of aan die einde daarvan (naby die markte). Die behoefte aan so 'n ondersoek spruit uit die verskil in koste om verskillende kommoditeite te vervoer.

Voordat verdere vestigingsplekbesluite geneem word, moet die pypleidingkoste met die koste van die naasbeste vervoer alternatief, gewoonlik spoorvervoer, vergelyk word.

As al bogenoemde ondersoeke aandui dat 'n pypleiding tegnies uitvoerbaar, finansieel lewensvatbaar en ekonomies geregverdig is, kan die gedetailleerde ontwerp en finale liggingsbepaling van die pypleiding begin.

### Kostedoelmatigheid

Pypleidings verskaf 'n regstreekse en langtermynverbinding tussen die oorsprong en bestemming. Die oplaai, karwei en aflaai van die kommoditeit word in 'n enkele proses gekombineer wat gewoonlik op afstand elektronies beheer kan word. Aangesien daar koste verbonde aan goederehantering is sonder dat dit waarde toevoeg tot die goedere, is dit 'n primêre oogmerk om hantering sover

moontlik uit te skakel. Met die vervoer van ruolie en brandstofprodukte per pypeleiding word volkome aan hierdie oogmerk voldoen. Die uitskakeling van hantering dra betekenisvol by tot die skaalvoordele wat pypeleidingvervoer geniet.

Soos reeds genoem, is pypeleidingvervoer 'n grootmaat-, nie-behoueringsmetode van vervoer: net die kommoditeit self beweeg – die pypeleiding verskaf die nodige omhulsel en beskerming van die kommoditeit. Daar is dus geen dooie tonnemaat van houers, verpakkingsmateriaal, dooie volume of voertuie en hanteringstoerusting wat beweeg nie. Daar is ook geen leë vraghouers wat opgeberg, hanteer of na die oorsprong teruggeneem hoef te word nie, en ook geen verpakkings- of uitpakprobleme by die begin en einde van die vragreis nie. Indien nodig, kan 'n volgehoue diens gelewer word sonder die noodsaak van 'n terugrit of 'n terugpompproses. Die uitskakeling van verpakking en terugwaartse logistieke aktiwiteite dra verder by tot die skaalvoordele wat pypeleidingvervoer geniet.

### **Diensdoeltreffendheid**

Doeltreffende logistieke diens is 'n voorvereiste om te help verseker dat kliënte die verlangde goedere op die aangewese tyd by die bestemde plek in die vereiste toestand en hoeveelheid ontvang. Die vernaamste logistieke diensmaatstawwe is (1) geskiktheid, (2) toeganklikheid, (3) goederesekuriteit, (4) deurvoertyd, (5) betroubaarheid, en (6) buigsaamheid.

**Geskiktheid:** Pypeleidingvervoer is 'n grootmaat-, nie-behoueringsmetode van vervoer vir geskikte vloeistowwe (soos petroleumkommoditeite, wat ruolie, brandstofprodukte en sekere vloeibare chemikalieë insluit), gas, en gefloderiseerde grondstowwe. Pypeleidings verskaf 'n regstreekse en langtermynverbinding tussen die oorsprong en bestemming. Indien nodig, kan 'n volgehoue diens gelewer word.

Pypeleidings vereis hoë investeringskoste. Dit is vaste (onvermybare) koste wat vinnig per eenheid toeneem wanneer deurset afneem. Pypeleidingvervoer is daarom nie geskik vir sake-ondernemings wat klein produk volumes op 'n ongereelde grondslag vereis nie.

**Toeganklikheid:** Pypeleidingvervoer kan 'n volledig toeganklike diens tussen ruolie-produksiegebiede en 'n brandstofraffinadery en tussen 'n brandstofraffinadery en groot-handeldepots lewer. Stroomafwaarts van depots af verskaf pypeleidings geen toeganklikheid nie.

**Goederesekuriteit:** Die geskiedenis van goederesekuriteit by pypeleidingvervoer is uitstekend. Die risiko van voorraadverlies weens diefstal, brand, skade, lekkasie en verdamping is gering.

**Deurvoertyd:** Hoewel die vervoerspoed laag is (tussen 5 en 15 km/h), is die oplaai, karwei en aflaaai van die kommoditeit in een proses gekombineer – die kommoditeit word met aankoms onmiddellik in opgaartenks gelaai. Dit verkort die totale vervoertyd, tesame met die feit dat die pompproses voortdurend kan plaasvind sonder die nodigheid van 'n terugreis of die vertraging van oorlaaiavrag of die terugkarwei van leë houers. Teen 'n bedryfspoed van 8 km per uur lewer die 1,2 meter-ruolie-pypeleidings, wat in verskeie lande in die noordelike halfmond aangetref word, meer as nege miljoen liter ruolie per uur, wat nie deur enige ander vervoermodus oor land geklop kan word nie.

**Betroubaarheid:** Pypeleidings kan besendings van groot volumes vloeistowwe ononderbroke en baie stiptelik teen 'n lae eenheidskoste en lae risiko in 'n volgehoue stroom oor lang afstande

vervoer. Volgehoue beweging kan gehandhaaf word ongeag weerstoestand wat die volle benutting van ander vervoermodusse sou belemmer.

**Buigsaamheid:** Pypleidings is **geografies** onbuigsaam omdat hulle ontwerp word om vaste punte te bedien. Daarom moet daar voordat met die bou van 'n pypleiding begin word, 'n sterk genoeg oortuiging wees dat die vraag standhoudend sal wees. Verder is pypleidings **kommoditeitsgewys** onbuigsaam deurdat die vraag wat vervoer word slegs binne die beperking van versoenbaarheid verwissel kan word.

## BIBLIOGRAFIE

- Adler, H.A. (1987). *Economic Appraisal of Transport Projects*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Allegro Energy Group. (2001). *How Pipelines Make the Oil Market Work – Their Networks, Operation and Regulation*. A memorandum prepared for the Association of Oil Pipe Lines and the American Petroleum Institute's Pipeline Committee. Available: <http://www.aopl.org/about/pipelines.html> [2007, 4 July].
- Ballou, R.H. (2004). *Business Logistics/Supply Chain Management*. Fifth edition. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall.
- Bardi, E.J., Coyle, J.J., Novack, R.A. (2006). *Management of Transportation*. Mason, Ohio: South-Western.
- Benson, D., Whitehead, G. (1975). *Transport and Distribution*. (Made Simple Books.) London: W.H. Allen.
- Bowersox, D.J., Closs, D.J., Cooper, M.B. (2007). *Supply Chain Logistics Management*. Second edition. New York. McGraw-Hill.
- Council of Supply Chain Management Professionals. (2008). *Supply chain management/Logistics management definitions*. Available: <http://www.cscmp.org/> [2008, 29 February].
- Faulks, R.W. (1982). *Principles of transport*. Third edition. London: Ian Allen.
- Grant, D.B., Lambert, D.M., Stock, J.R., Ellram, L.M. (2006). *The Fundamentals of Logistics Management: European edition*. Berkshire (VK): McGraw-Hill.
- Leonard, V.K. (1982). Petroleum pipelines, 101-113. Chapter 5, Part A in: Homburger, W.S. (ed.) *Transportation and Traffic Engineering Handbook*. Second edition. Institute of Transportation Engineers. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Papacostas, C.S., Prevedouros, P.D. (2001). *Transportation Engineering and Planning*. Third edition. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Rabinow, R.A. (2004). *The Liquid Pipeline Industry in the United States: Where it's been, where it's going*. A report prepared for the Association of Oil Pipe Lines. Available: <http://www.aopl.org/about/pipelines.html> [2007, 4 July].
- Schumer, L.A. (1974). *Elements of transport*. Third edition. Sydney: Butterworths.
- Trench, C.J., Miesner, T.O. (2006). *The Role of Energy Pipelines and Research in the United States: Sustaining the Viability and Productivity of a National Asset*. Pipeline Research Council International. Available: <http://www.aopl.org/about/pipelines.html> [2007, 4 July].
- Vogt, J.J., Pienaar, W.J., De Wit, P.W.C. (2005). *Business Logistics Management: Theory and Practice*. Second edition. Cape Town: Oxford University Press.