



SIS – Standardiseringskommissionen i Sverige

Standarden utarbetad av

**BST, BYGGSTANDARDISERINGEN**

**SVENSK STANDARD SS 27 40 09**

Första giltighetsdag

1984 - 06 - 25

Utgåva

1

Sida

1 (22)

SIS FASTSTÄLLER OCH UTGER SVENSK STANDARD SAMT SALJER NATIONELLA OCH INTERNATIONELLA STANDARDPUBLIKATIONER ©

## Värmeisolering – Rörledningar – Ekonomisk beräkning

*Thermal insulation – Pipes – Calculation of costs*

### Innehåll

- 1 Omfattning och tillämpning
  - 2 Beräkningsprincip
  - 3 Byggkostnaden, *B*
  - 4 Underhållskostnaden, *U*
  - 5 Värmeförlustkostnaden, *D*
  - 6 Jämförelsekostnaden, *N*
- Bilaga A. Tabeller och beräkningsexempel  
Bilaga B. Värmeförlustberäkning

### 1 Omfattning och tillämpning

I denna standard redovisas de kostnadsposter som bör beaktas vid ekonomisk bedömning av olika isolerutförande hos värmeförande ledningar.

I standarden tas hänsyn såväl till investeringskostnaden som till underhålls- och driftkostnader, vilka medelst vissa faktorer räknas om till nuvärdeskostnader och vilka sammantagna redovisas som en jämförelsekostnad.

Jämförelsekostnaden beräknas för olika isolerutföranden och det utförande som ger det lägsta värdet betraktas som det mest ekonomiska.

Vid beräkning enligt denna standard kan de kostnadsposter utelämnas som ej är aktuella eller ej påverkar syftet med kostnadsjämförelsen.

Standarden är i första hand avsedd att tillämpas vid val av isolerutförande men kan även tillämpas för enstaka ledning vid bedömning av förhållandet mellan å ena sidan investerings- och underhållskostnader och å andra sidan värmeförlustkostnaden. Metoden kan också användas vid känslighetsanalys med variabler i ingående faktorer.

I bilagor till standarden ges uträknade värden för vissa aktuella faktorer och exempel på beräkning av jämförelsekostnaden samt formler som kan användas vid beräkning av värmeförluster hos ledningar i luft eller i mark.

### 2 Beräkningsprincip

#### 2.1 Isolerutförande

Bestäm först vilka olika isolerutföranden – material, tjocklek, ytbeläggning m m eller olika isolertjocklekar vid ett visst bestämt material – som kan antas vara lämpliga i det aktuella fallet.

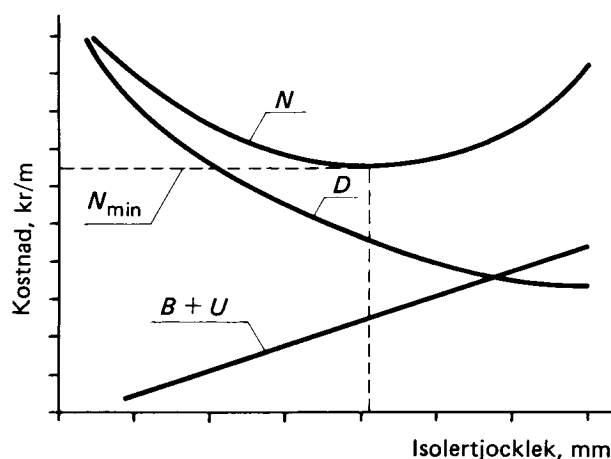
Beräkna värmeförlusterna,  $q_1$ , vid de olika alternativen. Exempel på formler för beräkning av värmeförluster ges i bilaga B.

#### 2.2 Generella faktorer

Bestäm vilka värden som skall gälla för nedan upptagna faktorer.

Värdena för faktorerna väljs med hänsyn till tillgängliga data och antagen energikostnadsprognos. Faktorernas värden skall – i ett visst projekt – vara lika för de olika isolerutförandena.

- 2.21 Avskrivningstid,  $a_n$  Med avskrivningstid,  $a_n$ , (i år) avses isoleringens antagna livslängd med bibehållen funktion eller anläggningens beräknade funktionstid – den kortaste av dessa båda.
- Värde för  $a_n$  väljs 30 år om inte motiv för annat värde föreligger.
- 2.22 Real kalkylränta,  $r$  Med real kalkylränta,  $r$ , avses den aktuella kapitalkostnaden i procent minskad med antagen inflation i procent.
- Vid beräkningar – avsnitten 4 och 5 – uttrycks den reala kalkylräntan som ett decimalbråk (procenttalet dividerat med 100).
- Värde för  $r$  väljs 0,04 (dvs 4 %) om inte motiv för annat värde föreligger.
- 2.23 Real energiprisändring,  $p$  Med real energiprisändring,  $p$ , avses antagen årlig energiprisändring i procent minskad med antagen inflation i procent.
- Vid beräkningar – avsnitt 5 – uttrycks den reala energiprisändringen som ett decimalbråk (procenttalet dividerat med 100).
- Värde för  $p$  väljs 0,02 (dvs 2 %) om inte motiv för annat värde föreligger.
- 2.24 Energipris,  $E_o$  Med energipris,  $E_o$ , (i kr/kWh) avses den beräknade kostnaden för alstrad energi för det aktuella fallet vid investeringstidpunkten.
- Värde för  $E_o$  beräknas från fall till fall.
- 2.25 Drifftid,  $t_a$  Med drifftid,  $t_a$ , (i 1000-tal h) avses det antal timmar som anläggningen är i drift per år.
- Värde för  $t_a$  väljs 8,76 för tappvattenledningar (kontinuerlig drift, 365 dygn = 8 760 h) eller 6,0 för värmeledningar (uppvärmningsperiod 250 dygn = 6 000 h) om inte motiv för andra värden föreligger.
- 2.3 Beräkningar Beräkna värdena (i kr/m) för
- byggkostnaden,  $B$ , enligt avsnitt 3
  - underhållskostnaden,  $U$ , enligt avsnitt 4
  - värmeförlustkostnaden,  $D$ , enligt avsnitt 5 och
  - jämförelsekostnaden,  $N$ , enligt avsnitt 6
- för de alternativa utförandena.
- 2.4 Utvärdering Beräkningen enligt 2.3 ger således jämförelsekostnaden  $N$  för de olika isolerutförandena, varvid det utförande som ger det lägsta värdet för  $N$  betraktas som det mest ekonomiska alternativet.



Figur 1

Vanligtvis – vid jämförelse av olika isolertjocklekar för ett visst bestämt utförande – illustreras förhållandet som i figur 1, där  $D$  sjunker med ökad isolertjocklek samtidigt som  $B + U$  ökar. I det fallet söker man  $N$ -kurvans lägsta punkt, dvs där summan av  $B + U + D$  antar lägsta värde.

### 3 Byggkostnaden, $B$

Med byggkostnaden,  $B$  i kr/m, avses summan av samtliga kostnader för helt färdigställd isolering – inklusive eventuella kostnader för funktion, omgivande utrymmen samt eventuell apparatpåverkan.

Vid beräkning av kostnader för isolerarbeta skall hänsyn tas till eventuella merkostnader som kan uppkomma för att åstadkomma ergonomiskt tillfredsställande arbetsförhållanden – med eller utan speciell skyddsutrustning – såväl vid installation som vid underhålls- eller reparationsarbeten.

$$B = b_1 + b_2 + b_3 + b_4$$

där  $b_1$  = kostnaden i kr/m för isolermaterial och isolerarbeta

$b_2$  = kostnaden i kr/m för kompletterande engångsarbeten som är nödvändiga för isoleringens funktion, t ex skydd mot mekanisk, kemisk eller termisk påverkan såsom särskild ytbehandling, ytbehandling, målning e d

Beträffande kostnader för återkommande periodiskt underhåll se avsnitt 4.

$b_3$  = kostnaden i kr/m för omgivande utrymmen, t ex kulvert, schakt eller annat utrymme

Denna post är aktuell då olika isolertjocklekar eller isolermetoder påverkar t ex schaktets, kulvertens eller ledningsgravens storlek.

$b_4$  = kostnaden i kr/m för värmeproduktionsapparaten

Denna post är aktuell vid så stora skillnader mellan de olika värdena för  $Q$  – beräknade enligt avsnitt 5 – att de påverkar produktionsapparatens storlek, t ex större eller mindre panna eller värmväxlare.

### 4 Underhållskostnaden, $U$

Med underhållskostnaden,  $U$  i kr/m, avses nuvärdet av beräknade kostnader för de underhållsarbeten – målning, byte av beklädnad e d – som måste utföras under avskrivningstiden för att bibehålla isoleringens funktion.

#### 4.1 Intervallunderhåll

Underhållskostnaden kan beräknas för underhåll som utförs vid ett eller flera tillfällen med vissa årsintervaller – intervallunderhåll.

$$U = \sum (U_i \cdot c_i)$$

där  $U_i$  = underhållskostnaden i kr/m för material och arbete vid varje enskilt underhållstillfälle (Index  $i$  avser år)

$c_i$  = diskonteringsfaktor vid varje enskilt underhållstillfälle (Index  $i$  avser år)

$$c_i = \frac{1}{(1 + r)^i}$$

där  $r$  = real kalkylränta enligt avsnitt 2.22

$i$  = antal år från isoleringens färdigställande till underhållstillfället (Gäller även index  $i$  för  $U_i$  och  $c_i$ )

Uträknade värden för  $c_i$  vid olika värden för  $i$  och  $r$  ges i bilaga A, tabell 1.

- 4.2 Kontinuerligt underhåll** Underhållskostnaden kan alternativt beräknas med ett visst och alltid samma belopp per år – kontinuerligt underhåll.

$$U = U_a \cdot c_a$$

där  $U_a$  = den beräknade underhållskostnaden i kr/m och år för material och arbete

$c_a$  = nusummeffaktor vid avskrivningstidens utgång

$$c_a = \frac{1 - \frac{1}{(1+r)^{a_n}}}{r}$$

där  $r$  = real kalkylränta enligt avsnitt 2.22

$a_n$  = avskrivningstiden i år enligt avsnitt 2.21

Uträknade värden för  $c_a$  vid olika värden för  $a_n$  och  $r$  ges i bilaga A, tabell 2.

## 5 Värmeförlustkostnaden, $D$

Med värmeförlustkostnaden,  $D$  i kr/m, avses nuvärdet av beräknade kostnader för värmeförluster, ej nyttiggjord värme, under drift och vid varje driftperiods start under isoleringens avskrivningstid och med hänsyn till räntor och energipris.

$$D = (Q_d + Q_v) \cdot E_o \cdot c_e$$

där  $Q_d$  = värmeförlusterna i kWh/m och år under drift, beräknade enligt nedan

$Q_v$  = värmeförlusterna i kWh/m och år för uppvärmning av omgivningen, beräknade enligt nedan

$E_o$  = energipris i kr/kWh enligt avsnitt 2.24

$c_e$  = diskonteringsfaktor för beräkning av nuvärdet med hänsyn till antagen energiprisändring

$$Q_d = q_l \cdot t_a$$

där  $q_l$  = summan av värmeförlusterna i W/m från i ledningssträckan ingående rör eller kulvert, inklusive eventuella värmeförluster på grund av ventilation, vind e d

$t_a$  = antal drifttimmar per år i 1000-tal (Se avsnitt 2.25)

$$Q_v = q_e \cdot n_1$$

där  $q_e$  = summan av värmeförlusterna i kWh/m vid start för uppvärmning av omgivningen till den temperatur som senare råder under drift

$n_1$  = antal driftperioder (starter) per år

Vid kontinuerlig drift kan  $Q_v$  försummas

$$(n_1 = \frac{1}{a_n})$$

$$c_e = \frac{1 - \left( \frac{1+p}{1+r} \right)^{a_n}}{\frac{r-p}{1+p}}$$

där  $r$  = real kalkylränta enligt avsnitt 2.22

$p$  = real energiprisändring enligt avsnitt 2.23

$a_n$  = isoleringens avskrivningstid i antal år enligt avsnitt 2.21

Uträknade värden för  $c_e$  vid olika värden för  $a_n$ ,  $r$  och  $p$  ges i bilaga A, tabell 3.

## 6 Jämförelsekostnaden, $N$

Beräkna jämförelsekostnaden,  $N$  i kr/m, för varje utförande.

Med jämförelsekostnaden,  $N$ , avses nuvärdet av investerings-, underhålls- och driftkostnaderna, beräknade med hänsyn till real kalkylränta, avskrivningstid – isoleringens ekonomiska livslängd – dagens energipris och antagna energiprisändringar.

$$N = B + U + D$$

där  $B$  = byggkostnaden – investeringskostnaden – i kr/m beräknad enligt avsnitt 3

$U$  = nuvärdet av underhållskostnaderna i kr/m beräknade enligt avsnitt 4

$D$  = nuvärdet av värmeförlustkostnaderna i kr/m och år beräknade enligt avsnitt 5

Värdet för  $N$  beräknas vanligtvis med samma livslängd hos alla utföranden. Om olika livslängd föreligger – och detta inte är beaktat vid beräkning av värdet för  $U$  – beräknas jämförelsekostnaden som  $N/a_n$ , där  $a_n$  = avskrivningstiden i år.

Det utförande som ger lägsta värdet för  $N$  betraktas som det förmånligaste.

## Bilaga A. Tabeller och beräkningsexempel

I denna bilaga, som ej är svensk standard, ges tabeller över uträknade värden för faktorerna  $c_i$ ,  $c_a$  och  $c_e$  i standardens avsnitt 4.1, 4.2 och 5.

Vidare ges exempel på beräkning av jämförelsekostnaden,  $N$ , dels för en ledning i luft, dels för två ledningar i kulvert i mark.

## A 1 Tabeller

Tabell 1. Diskonteringsfaktor,  $c_i$ , för underhållstillfället vid intervallunderhåll

$i$	Real kalkylränta, $r$						
	3 %	4 %	5 %	6 %	8 %	10 %	15 %
5 år	0,863	0,822	0,784	0,747	0,681	0,621	0,497
10 år	0,744	0,676	0,614	0,558	0,463	0,386	0,247
15 år	0,642	0,555	0,481	0,417	0,315	0,239	0,123
20 år	0,554	0,456	0,377	0,312	0,214	0,149	0,061
30 år	0,412	0,308	0,231	0,174	0,099	0,057	0,015
50 år	0,228	0,141	0,087	0,054	0,021	0,008	0,001

$i$  = antal år från färdigställandet till underhållstillfället.

Värdena i tabell 1 är beräknade enligt avsnitt 4.1 i standarden.

Tabell 2. Nusummeffaktor,  $c_a$ , vid samma underhållskostnader varje år – kontinuerligt underhåll

$a_n$	Real kalkylränta, $r$						
	3 %	4 %	5 %	6 %	8 %	10 %	15 %
5 år	4,58	4,45	4,33	4,21	3,99	3,79	3,35
10 år	8,53	8,11	7,72	7,36	6,71	6,14	5,02
15 år	11,94	11,12	10,38	9,71	8,56	7,61	5,85
20 år	14,88	13,59	12,46	11,47	9,82	8,51	6,26
30 år	19,60	17,29	15,37	13,76	11,26	9,43	6,57
50 år	25,73	21,48	18,26	15,76	12,23	9,92	6,66

$a_n$  = avskrivningstid i år.

Värdena i tabell 2 är beräknade enligt avsnitt 4.2 i standarden.

Tabell 3. Diskonteringsfaktor,  $c_e$ , för energikostnader

$a_n$	$p$ i %	Real kalkylränta, $r$						
		3 %	4 %	5 %	6 %	8 %	10 %	15 %
10 år	1	8,99	8,54	8,13	7,74	7,05	6,44	5,24
	2	9,45	9,00	8,56	8,14	7,40	6,76	5,48
	3	10,00	9,49	9,01	8,57	7,78	7,09	5,73
	4	10,55	10,00	9,49	9,19	8,18	7,44	6,00
	5	11,13	10,54	10,00	9,50	8,83	7,81	6,27
	6	11,75	11,12	10,54	10,00	9,04	8,20	6,56
20 år	1	16,38	14,92	13,63	12,50	10,65	9,19	6,68
	2	18,02	16,41	14,96	13,66	11,58	9,93	7,13
	3	20,00	18,10	16,44	15,10	12,62	10,76	7,64
	4	22,17	20,00	18,11	16,47	13,75	11,69	8,19
	5	24,63	22,15	20,00	18,13	15,08	12,72	8,80
	6	27,39	24,58	22,13	20,00	16,53	13,87	9,47
30 år	1	22,46	19,68	17,38	15,45	12,50	10,36	7,07
	2	25,79	22,52	19,75	17,46	13,94	11,77	7,63
	3	30,00	25,92	22,56	19,82	15,63	12,67	8,27
	4	34,98	30,00	25,95	22,64	17,62	14,11	8,49
	5	40,98	34,92	30,00	25,99	19,97	15,80	9,81
	6	48,27	40,85	34,87	30,00	22,75	17,78	10,76

$p$  = real energiprisändring i % per år.

$a_n$  = avskrivningstid i år

Värdena i tabell 3 är beräknade enligt avsnitt 5 i standarden.

## A 2 Beräkningsexempel

### A 2.1 Antaganden och förutsättningar

I detta avsnitt redovisas två exempel – exempel 1, en ledning i luft, och exempel 2, två ledningar i kulvert i mark – med en antagen rördiameter 114 mm.

För båda exemplen redovisas sju alternativa utföranden, 1 – 7, med olika isolertjocklekar ( $b_1$  = olika värden).

Någon speciell ytbehandling antas inte erfordras ( $b_2 = 0$ ).

Ledningslängden antas vara så kort att skillnaden i värmeförluster mellan olika utföranden inte påverkar produktionsapparatens storlek ( $b_4 = 0$ ).

Avskrivningstiden antas vara 30 år ( $a_n = 30$ ) och den reala kalkylräntan antas vara 4 % ( $r = 0,04$ ).

Energikostnaden vid anläggningen antas vid beräkningens utförande vara 0,15 kr/kWh ( $E_o = 0,15$ ) och under avskrivningstiden antas priset komma att öka med 2 % per år ( $p = 0,02$ ).

Uppvärmningen av omgivningen vid start antas vara försumbar ( $Q_v = 0$ ).

**A 2.2 Exempel 1. En ledning i luft** I detta fall antas att omgivningen inte påverkas kostnadsmissigt ( $b_3 = 0$ ).

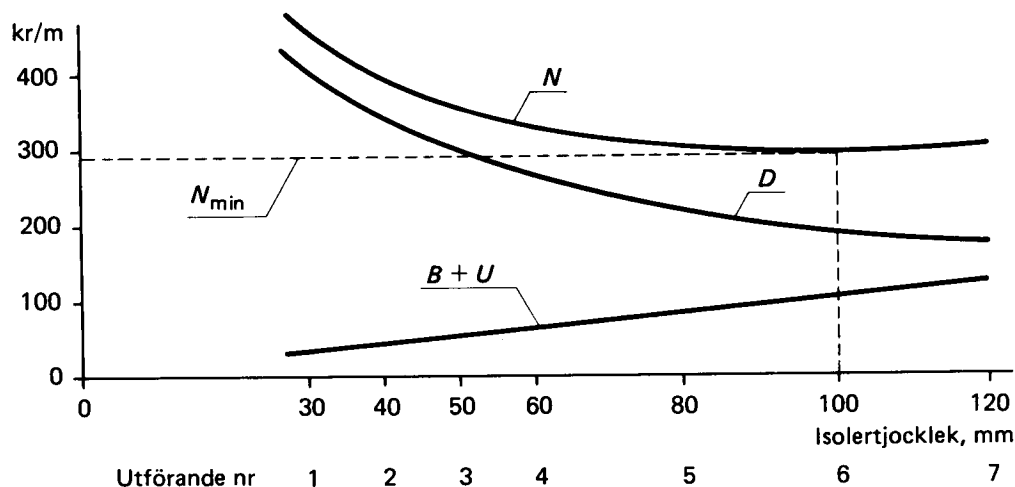
Underhåll antas fordras första gången efter 10 år ( $i = 10$ ), betecknad  $U_{10}$ , och andra och sista gången efter 20 år ( $i = 20$ ), betecknad  $U_{20}$ , med något enklare arbete – intervallunderhåll.

Anläggningen antas vara i drift 250 dygn/år = 6 000 h/år ( $T_a = 6,0$ ).

Isolerutförande nr	1	2	3	4	5	6	7
Isolertjocklek i mm	30	40	50	60	80	100	120
Värmeförlust, $q_i$ i W/m	20,9	17,2	14,9	13,2	11,0	9,6	8,7
<b>Byggkostnaden, <math>B</math></b>							
Material och arbete, kr/m, $b_1 =$	35,-	40,-	46,-	55,-	76,-	93,-	114,-
Ytbeklädnad, kr/m $b_2 =$	–	–	–	–	–	–	–
Omgivning, kr/m $b_3 =$	–	–	–	–	–	–	–
Produktionsapparat, kr/m $b_4 =$	–	–	–	–	–	–	–
$B = b_1 + b_2 + b_3 + b_4$ kr/m =	<u>35,-</u>	<u>40,-</u>	<u>46,-</u>	<u>55,-</u>	<u>76,-</u>	<u>93,-</u>	<u>114,-</u>
<b>Underhållskostnaden, <math>U</math></b>							
<i>Intervallunderhåll: <math>i = 10</math> (år)</i>							
$c_i = 0,676$ (Tabell 1, Bilaga A)							
Antagen kostnad i kr/m, $U =$	3,50	4,-	4,50	5,50	6,50	7,50	9,50
Nuvärde $U_{10} = 0,68 U_i$ kr/m =	2,37	2,70	3,04	3,72	4,39	5,07	6,42
<i><math>i = 20</math> (år), <math>c_i = 0,456</math> (Tabell 1)</i>							
Antagen kostnad i kr/m, $U =$	2,60	3,-	3,50	4,25	5,75	7,15	8,65
Nuvärde $U_{20} = 0,46 U_i$ kr/m	1,18	1,37	1,60	1,94	2,62	3,26	3,94
$U = U_{10} + U_{20}$ kr/m =	<u>3,55</u>	<u>4,07</u>	<u>4,64</u>	<u>5,66</u>	<u>7,01</u>	<u>8,33</u>	<u>10,36</u>
<b>Värmeförlustkostnaden, <math>D</math></b>							
$T_a = 6,0$ $E_o = 0,15$ kr/kWh							
$c_e = 22,52$ (Tabell 3, Bilaga A)							
$Q_d = 6,0 q_i$ kWh/(m år)							
$Q_v =$ försumbart enligt ovan							
$D = 6,0 q_i \cdot 0,15 \cdot 22,52 =$ $= 20,268 q$ kr/(m år) =	<u>423,60</u>	<u>348,60</u>	<u>302,00</u>	<u>267,50</u>	<u>222,90</u>	<u>194,60</u>	<u>176,30</u>
<b>Jämförelsekostnaden, <math>N</math></b>	(462,15)	(392,67)	(352,64)	(328,16)	(305,91)	(295,93)	(300,66)
$N = B + U + D$ kr/m							
avrundad till hela kronor	462,-	393,-	353,-	328,-	306,-	296,-	301,-



Utförande 6 med jämförelsekostnad  $N = 296,-$  ger således lägsta värdet och betraktas som förmånligast. Se figur 2.



Figur 2. Friliggande ledningar. Kostnadsbild vid värden enligt 7.12. Jämför figur 1

Om underhållet beräknas för kontinuerligt underhåll (lika A 2.3) blir underhållskostnaden,  $U$ , alternativt enligt nedan. Jämför värdena för  $U$  vid intervallunderhåll.

Isolerutförande nr	1	2	3	4	5	6	7
$c_a = 17,29$ enligt tabell 2							
Årlig kostnad = 0,6 % av $b_1$ , material och arbete.							
$U = 0,006 b_1 \cdot 17,29 =$ $= 0,1037 b_1$ i kr/m	3,63	4,15	4,84	5,71	7,95	9,68	11,76

**A 2.3 Exempel 2. Två ledningar i kulvert i mark**

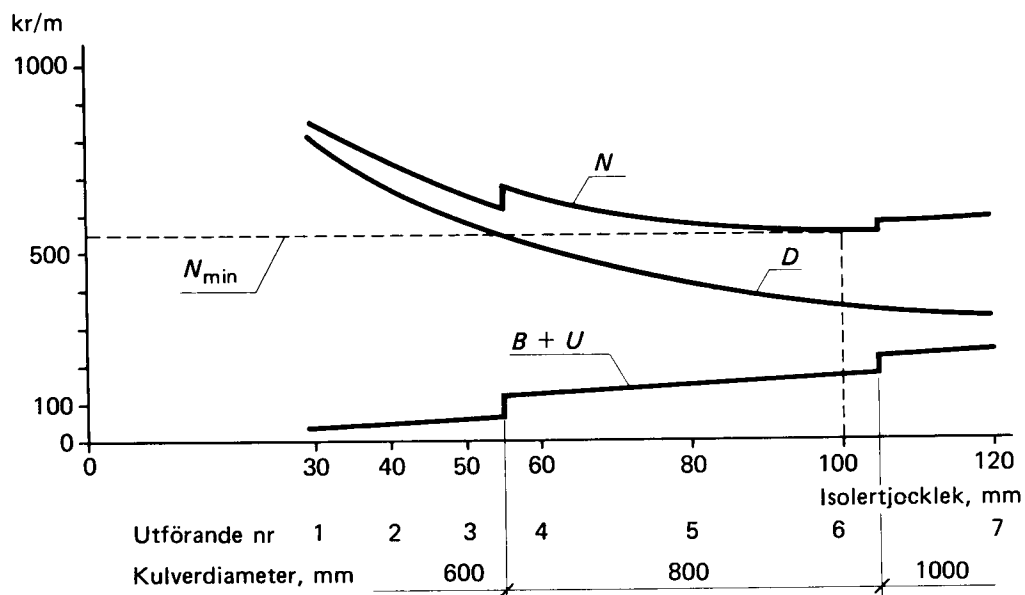
I detta fall antas att kulvertdiametern vid utförande 1 – 3 är 600 mm, vid utförande 4 6 800 mm och vid utförande 7 1 000 mm ( $b_3 =$  olika värden).

För underhåll beräknas ett visst belopp per år, som här antas uppgå till 0,6 % av material- och arbetskostnaden,  $b_1$  ( $U_a = 0,006 b_1$ ). Kontinuerligt underhåll.

Anläggningen antas vara i drift 350 dygn/år = 8 760 h/år ( $T_a = 8,76$ ).

Isolerutförande nr	1	2	3	4	5	6	7
Isolertjocklek i mm	30	40	50	60	80	100	120
Kulvertdiameter i mm	600	600	600	800	800	800	1 000
Värmeförlust, $q_1$ i W/m	27,05	22,24	19,19	17,23	14,40	12,59	11,46
<b>Byggkostnaden, <math>B</math></b>							
Material och arbete, kr/m $b_1 =$	44,-	48,-	53,-	62,-	82,-	98,-	140,-
Ytbeklädnad, kr/m $b_2 =$	–	–	–	–	–	–	–
Omgivning: merkostnad för kulvert i kr/m och rör $b_3 =$	–	–	–	65,-	65,-	65,-	103,-
Produktionsapparat, kr/m $b_4 =$	–	–	–	–	–	–	–
$B = b_1 + b_2 + b_3 + b_4$ kr/m =	<u>44,-</u>	<u>48,-</u>	<u>53,-</u>	<u>127,-</u>	<u>147,-</u>	<u>163,-</u>	<u>243,-</u>
<b>Underhållskostnaden, <math>U</math></b>							
Kontinuerligt underhåll $c_a = 17,29$ (Tabell 2, bilaga A) Årlig kostnad antas vara 0,6 % av $b_1$ – material och arbete $U = 0,006 b_1 \cdot 17,29 =$ $= 0,1037 b_1$ kr/m =	<u>4,56</u>	<u>4,98</u>	<u>5,50</u>	<u>6,43</u>	<u>8,50</u>	<u>10,16</u>	<u>14,52</u>
<b>Värmeförlustkostanden, <math>D</math></b>							
$T_a = 8,76$ $E_o = 0,15$ kr/kWh $c_e = 22,52$ (Tabell 3, bilaga A) $Q_d = 8,76 q_1$ kWh/(m år) $Q_v =$ försumbart enligt ovan (Avsnitt A 2.1) $D = 8,76 q_1 \cdot 0,15 \cdot 22,52 =$ $= 29,59 q_1$ kr/(m år)	<u>800,41</u>	<u>658,08</u>	<u>567,89</u>	<u>509,84</u>	<u>426,10</u>	<u>372,54</u>	<u>339,10</u>
<b>Jämförelsekostnaden, <math>N</math></b>	(848,97)	(771,06)	(626,33)	(643,27)	(581,60)	(545,70)	(596,62)
$N = B + U + D$ kr/m avrundad till hela kronor	849,-	771,-	626,-	643,-	582,-	546,-	597,-

Utförande 6 med jämförelsekostnad  $N = 546,-$  kr/m ger således lägsta värdet och betraktas som förmånligast. Se figur 3.



Figur 3