

*Nedennævnte gennemgang af successiv kalkulation som princip er et uddrag af bogen: Anlægsteknik 2 – Styring af byggeprocessen, udgivet af Anlægsteknikforeningen på Polyteknisk Forlag i 2002. ISBN 87-502-0966-3.*

## **Successiv kalkulation**

Successiv kalkulation er en kalkulationsmetode, der støtter sig til successivprincippet, der er udførligt beskrevet i<sup>1</sup>. Successiv kalkulation egner sig især til situationer, hvor man ønsker kalkuleret et slutresultat på trods af usikkerhed i inputdata og forudsætninger. Samtidig vil man gerne have et mål for, hvor pålideligt kalkulationsresultatet er. På grund af det pålidelighedsvurderede slutresultat kan man beslutte, hvornår detaljeringsgraden er tilstrækkelig til, at man kan leve med kalkulationsusikkerheden. Man kalkulerer altså ikke mere detaljeret, end det er nødvendigt for at opnå den ønskede sikkerhed på resultatet. Metoden indebærer altså en systematisk begrænsning af detaljeringsgraden, hvilket medfører et hurtigere og mere effektivt kalkulationsarbejde.

Metoden kan f.eks. anvendes ved foreløbige overslag. Efterhånden som byggeprojektet gennemløber programmerings- og projekteringsfaserne, specificeres bygværket mere og mere, og adskillige gange i forløbet har både bygherre og entreprenør (hvis han er tidligt på banen) behov for beregninger af, hvad projektet kommer til at koste. Alle ved, at der i begyndelsen af forløbet er stor usikkerhed på input-dataene, og modellen giver et billede af usikkerheden på resultatet.

Metoden finder også anvendelse ved tilbudskalkulation. Her vil entreprenøren være interesseret i en kalkulationsform, der er hurtig, idet der meget ofte er afsat ganske kort tid til tilbudsarbejdet. Det vil tage lang tid at gennemføre en meget detaljeret bestemmelse af mængder og forventet medgået antal arbejdstimer. Ofte må entreprenøren tilmed gennemføre en projektering af midlertidige konstruktioner, der også skal omkostningsbestemmes. Entreprenøren foretrækker derfor en model, der tillader en kalkulation på hovedmængder. På den anden side ved han godt, at det er usikkert og metoden giver et bud på denne usikkerhed. Entreprenøren kan altså vurdere, om den detaljeringsgrad, som er forudsætningen for hans successive kalkulation, giver en sikkerhed på resultatet, som er acceptabel for ham.

*Princippet i successiv kalkulation er følgende, idet modellen tænkes anvendt til udarbejdelse af en entreprenørs foreløbige overslag:*

1. Efter en omhyggelig specifikation af kalkulationens omfang og forudsætninger opstilles et mindre antal hovedposter, der til sammen dækker hele arbejdets omkostninger.
2. For hver post beregnes en delsum. Foruden den sædvanlige fastlæggelse af forventede omkostninger vurderes tillige usikkerheden i disse værdier. Vurdering af en forventet værdi og dens usikkerhed sker i successiv kalkulation ved et skøn over:

---

<sup>1</sup> Proactive Management of Uncertainty using the Successiv Principle. Steen Lichtenberg. Polyteknisk Forlag 2000.

Projektledelse i en foranderlig verden. Steen Lichtenberg, Polyteknisk Forlag 1990.

- a. Den absolut mindste værdi, der forekommer mulig.
  - b. Den mest sandsynlige værdi, f.eks. fundet i en prisbog eller baseret på erfaringstal fra gennemførte projekter.
  - c. Den absolut størst tænkelige værdi.
- Såfremt der er tvivl om værdien af a eller c, vælges en mere yderlig værdi. Usikkerhederne kvantificeres i et særligt usikkerhedstal eller prioritetstal, som nøjere er beskrevet i det efterfølgende.
3. Den *forventede værdi* (middelværdi),  $m$ , fås med god tilnærmelse som et vejet gennemsnit af a, b og c. Se formel 3.3.

$$m = \frac{a + 3b + c}{5}$$

Usikkerheden i vurderingen kan udtrykkes ved spredningen  $s$ , hvor  $s$  beregnes af formel 3.4.

$$s = \frac{c - a}{5}$$

Spredningen i anden potens,  $s^2$ , der også kaldes variansen  $v$ , er et endnu bedre mål for en delposts usikkerhed. Dette er tilfældet, fordi totalens usikkerhed beregnes ud fra summen af alle delposternes varianser. En delpost med en stor varians bidrager selvfølgelig forholdsvis meget til totalens usikkerhed. Ved *prioritetstallet*  $P$  forstås  $s^2$ .

Kalkulationens total er usikker, fordi den er en sum af usikre deltotaler. Det kan vises, at totalens usikkerhed i meget høj grad er afhængig af den mest usikre deltotal. Denne deltotal specificeres derfor i et mindre antal underposter, der behandles som beskrevet under pkt. 2 og indsættes i kalkylen.

4. Ved at foretage en række sådanne successive detaljeringskridt øges totalens pålidelighed støt og effektivt. Når de afgørende lokale usikkerheder ikke kan formindskes yderligere med en rimelig indsats, har man dermed opnået den størst mulige pålidelighed for totalen.

Det er en forudsætning for anvendelsen af metoden, at de enkelte poster i kalkulationen er statistisk uafhængige. Normalt findes der i hvert overslag en lang række usikkerhedsfaktorer, som påvirker flere poster. Disse, der under et betegnes "generelle forhold", må isoleres i en eller flere særskilte korrektionsposter. De generelle forhold må vurderes i relation til det erfaringsmateriale og de forudsætninger, som planlæggeren anvender i kalkulationen. Det kan f.eks. tænkes, at erfaringsmaterialet, der danner grundlag for kalkulationen, er baseret på et ikke længere aktuelt prisniveau eller på et mere eller mindre forældet teknisk udviklingsniveau. Der må derfor foretages korrektioner herfor, og dette gøres sædvanligvis under posten generelle forhold på samme måde, som man ved en tilbudskalkulation vurderer, hvor mange procent omkostningsniveauet må forventes at stige i løbet af byggeperioden, og derefter tillægger totalen dette beløb.

I det følgende er vist et eksempel på successiv kalkulation. Emnet er et idrætsanlæg i Københavnsområdet. På figur 1 er vist det første trin i beregningerne, baseret på en grov opdeling af de arbejder, der skal udføres.<sup>2</sup>

Pos.	Beskrivelse	Mængde	Enhed	a	b	c	Deltotaler		Prioritet P*10 <sup>-6</sup>
							m	s	
1	Opstartsarbejder	1	stk.	37.500	187.500	450.000	210.000	82.500	6.806
2	Boldbaner	50.000	m <sup>2</sup>	30,0	75,0	120,0	3.750.000	900.000	810.000
3	Andre græsarealer	25.000	m <sup>2</sup>	7,5	15,0	30,0	412.500	112.500	12.656
4	Parkanlæg	20.000	m <sup>2</sup>	7,5	22,5	60,0	540.000	210.000	44.100
5	Befæstede arealer	15.000	m <sup>2</sup>	90,0	225,0	330,0	3.285.000	720.000	518.400
6	Afsluttende arbejder	1	stk.	37.500	150.000	375.000	172.500	67.500	4.556
7	Generelle forhold	8.370.000	sum	-10,0%	0,0%	20,0%	167.400	502.200	252.205
Kalkuleret middelværdi:							8.537.400		1.648.724
Tilsvarende spredning, beregnet som kvadratroden af summen af prioritetstallene:							1.284.026		

**Figur 1. Successiv kalkulation. Trin 1. Hovedmængder.**

Resultatet er en forventet middelværdi på 8.537.400 kr. og en spredning herpå på 1.284.026 kr. (15 %). Dette er næppe en acceptabel usikkerhed. Af opdelingen og prioritetstallene ses, at det er positioner 2, 5 og 7, der bør specificeres yderligere. Vælges i første omgang position 2, fører dette til en opdeling som vist på figur 2.

Pos.	Beskrivelse	Mængde	Enhed	a	b	c	Deltotaler		Prioritet P*10 <sup>-6</sup>
							m	s	
1	Opstartsarbejder	1	stk.	37.500	187.500	450.000	210.000	82.500	6.806
2	Boldbaner	50.000	m <sup>2</sup>				3.006.000		5.234
2.1	Rydning og afretning	50.000	m <sup>2</sup>	11,25	12,30	13,35	615.000	21.000	441
2.2	Dræn	50.000	m <sup>2</sup>	14,70	16,50	18,75	829.500	40.500	1.640
2.3	Vandingssystem	50.000	m <sup>2</sup>	9,75	12,75	13,50	615.000	37.500	1.406
2.4	Muld og planering	50.000	m <sup>2</sup>	12,00	13,50	15,90	684.000	39.000	1.521
2.5	Såning	50.000	m <sup>2</sup>	4,50	5,25	6,00	262.500	15.000	225
3	Andre græsarealer	25.000	m <sup>2</sup>	7,5	15,0	30,0	412.500	112.500	12.656
4	Parkanlæg	20.000	m <sup>2</sup>	7,5	22,5	60,0	540.000	210.000	44.100
5	Befæstede arealer	15.000	m <sup>2</sup>	90	225	330	3.285.000	720.000	518.400
6	Afsluttende arbejder	1	stk.	37.500	150.000	375.000	172.500	67.500	4.556
7	Generelle forhold	7.626.000	sum	-10,0%	0,0%	20,0%	152.520	457.560	209.361
Kalkuleret middelværdi:							7.778.520		801.113
Tilsvarende spredning, beregnet som kvadratroden af summen af prioritetstallene:							895.049		

**Figur 2. Successiv kalkulation. Trin 2. Specifikation af position 2, boldbaner.**

Det ses, at summens pålidelighed er steget, idet den beregnede spredning er faldet en del (nu 11,5 % af middelværdien). Bemærk, at også middelværdien har ændret sig. Det er nu muligt ved igen at betragte prioritetstallene yderligere at vælge nogle poster ud til nærmere specifikation for at forbedre pålideligheden af totalsummen. Figuren viser, at i trin 3 bør position 5 og måske position 7 specificeres yderligere.

<sup>2</sup> Generelle forhold er estimeret som en procentdel af de øvrige positioner (1 – 6).