

# MULTIKRITERIEANALYSVERKTYG VID BEDÖMNING AV FRAMTIDA DRICKSVATTENFÖRSÖRJNING

## MULTI-CRITERIA ANALYSIS-TOOL FOR ASSESSING FUTURE DRINKING WATER SUPPLY

av IDA SANDSTRÖM



WSP Sverige AB, Hamngatan 11B, 891 33 Örnsköldsvik  
e-post: ida.sandstrom@wsp.com

### Abstract

In this work, a multi-criteria analysis (MCA) method has been developed for evaluation and comparison of alternative drinking water strategies. A selection process of options was proposed and three options for weighting purpose were compared. The work includes an introductory literature study for identification of criteria and indicators (K o I) used during assessment of sustainable water and sanitation systems. Through four workshops, a panel group presented alternatives, as well as general K o I, selection and ranking of 10 K o I and finally adding weight parameters. The production process of options performed by brainstorming, mapping and the workshop showed to be a time-efficient method that generated active discussions. The method chosen is effective for comparison of alternative strategies and the different methods of weighting showed no importance for the case study finding.

*Key words* – multi-criteria analysis, strategies, drinking water, drinking water strategies, water and sanitation systems

### Sammanfattning

I det här arbetet har multikriterieanalys (MKA) utvecklats för bedömning och jämförelse av alternativa dricksvattenstrategier. En framtagningsprocess för alternativ utformades och tre viktningmetoder jämfördes. Arbetsmetodiken, som tillämpades i en fallstudie, omfattade en inledande litteraturstudie för identifiering av kriterier och indikatorer (K o I) riktad mot bedömning av hållbara VA-system. Via fyra workshops tog en panelgrupp fram alternativ, generella K o I, urval samt rangordning av 10 K o I och viktade dessa. Den prövade framtagningsprocessen av alternativ genom brainstorming, kartstudie och workshop visades vara en tidseffektiv metod som genererade aktiva diskussioner. Metodiken visades vara effektiv för jämförelse mellan alternativa strategier, där viktningmetod inte hade någon betydelse för fallstudiens utfall.

## Inledning

Grunden till en bra dricksvattenleverans är råvattentillgången, som generellt sett är god i Sverige. Råvattnets kvalitet är i stort sett beroende av de lokala markförutsättningarna och markanvändningen. Trots den stora råvattentillgången, volymmässigt, är det av vikt att vattenförsörjningen anpassas till kommande klimatförändringar samt andra förändringar som kan påverka både tillgång och kvalitet (Kommittédirektiv, 2013). För en säkrad och god dricksvattenförsörjning kan kommunala VA-planer eller andra strategier upprättas.

Det finns idag ingen direkt lag som påbjuder att VA-planer skall tas fram. Däremot hittas indirekta krav i Miljöbalken, Vattentjänstlagen och Plan- och Bygglagen att någon form av VA-planering skall finnas (Johansson, 2012). Vad en VA-plan skall innehålla finns idag inte tydliggjort, dock bör den innehålla en strategi för den framtida dricksvattenförsörjningen i hela kommunen. Det står även skrivet att ett behov finns för metodutveckling av fungerande VA-planering (Johansson, 2012).

Med avseende på den omflyttning som sker i samhället, där äldre fritidsboenden omvandlas till permanenta boenden, kan VA-planering och framtagandet av en vattenförsörjningsstrategi vara en komplex process (Törneke et al., 2008). Inflyttningen till äldre fritidsboenden medför även en risk för befintliga och nya anläggningar i och med ett ökat vattenuttag, ökad belastning samt ökad risk för förorenande utsläpp i och med ökad aktivitet (Johansson, 2012). Problem kan även uppstå i områden med avflyttning på grund av minskat vattenuttag och mer stillastående vatten i ledningar.

Klimatförändringar med extrema väderhändelser kan i större utsträckning komma att påverka dricksvattenförsörjningen genom både kvantitativa och kvalitativa förändringar av råvattentillgång. Detta skapar nya utmaningar vilket medför att kontinuerlig anpassning och planering är nödvändig. (Statens offentliga undersökningar, 2015) På grund av det mer intensiva nederbördsmonster klimatförändringarna förutspår kommer händelser som i Östersund 2010 och Skellefteå 2011, där 47 000 personer blev smittade av cryptosporidium via dricksvatten, att bli allt vanligare (Statens offentliga undersökningar, 2015).

För att underlätta VA-planering och framtagandet av dricksvattenförsörjningsstrategi kan multikriterieanalys tillämpas. Multikriterieanalys (MKA) är ett samlat begrepp för verktyg syftade att sammanväga flera faktorer på ett strukturerat sätt. En MKA visar på hur bra olika åtgärder tillgodoser ett eller flera syften. Syftena beskrivs genom ett antal kriterier som var och ett värdesätts, för att sedan viktas samman för en slutlig bedömning (Rosén, et al., 2009). Bedömningen resulterar i en identifiering av ett eller flera lämpliga alternativ.

Utifrån den komplexitet som uppstår vid bedömning av system för dricksvattenförsörjning, är det av intresse att finna en metod och arbetsgång för hur försörjningsstrategier kan tas fram och utvärderas med multikriterieanalys som verktyg. Detta då den nämnda analysmetoden kan tillämpas för att skapa ett beslutsunderlag som är strukturerat och tydligt framtaget (Rosén et al., 2009).

Syftet med det här arbetet var att utveckla ett verktyg för framtagning och rangordning av alternativa strategier för en hållbar dricksvattenförsörjning ur ett flergenerationsperspektiv. Mer specifikt:

- Utvecklades en multikriterieanalysmetod för bedömning och jämförelse av olika alternativ för en framtida dricksvattenförsörjning.
- Utformades en framtagningsprocess för alternativa strategier.
- tillämpades den föreslagna multikriterieanalysen på en fallstudie för dricksvattenförsörjningen i Örnsköldsviks kommun.
- Jämfördes och utvärderades tre metoder för viktning av kriterier
- Genomfördes en känslighetsanalys på resultaten från den aktuella fallstudien.

## Multikriterieanalys

Multikriterieanalys (MKA) är ett vanligt förekommande verktyg som tillämpas för att underlätta en beslutsprocess genom en strukturerad och tydlig arbetsgång (Rosén et al., 2009). Verktyget används för att identifiera det mest lämpliga alternativet, rangordna alternativ, finna ett begränsat antal mest lämpade alternativ för att därpå kunna göra en mer detaljerad bedömning eller för att skilja på acceptabla och oacceptabla alternativ (Dodgson et al., 2009).

Det finns idag ett flertal tekniker vid tillämpning av MKA. Direkt analys av prestandamattisen, Multi-Attributmetoder och Linjär-additiva metoder är exempel på olika metoder som används inom beslutsfattning (Rosén et al., 2009). Den första angivna metoden behandlar begränsad information kring de alternativ som ska övervägas genom granskning av en så kallad prestandamattis. ”Multi attribut-metoden” kräver en stark teoretisk insikt hos beslutstagarna då den består av tre steg. Första steget är att ta fram prestandamattisen, sedan att undersöka om kriterierna är oberoende av varandra och det tredje steget består av att ta fram matematiska funktioner för att uttrycka alternativens värde för varje kriterium (Dodgson et al., 2009).

Om det kan antas att de framtagna kriterierna är oberoende av varandra och om multikriterieanalysen inte tar hänsyn till osäkerheter kan Linjära additiva metoder tillämpas (Dodgson et al., 2009).

Denna grupp av metoder är väldigt vanliga eftersom de anses vara relativt enkel att använda, robusta och ge effektivt stöd vid beslutsfattande (Rosén et al., 2009).

Gemensamt för alla tekniker är att alternativen och dess fördelning av kriterier är tydliga och att alla kräver ett antal skattningar. Tillvägagångssättet för en multikriterieanalys består i regel av följande steg (Dodgson et al., 2009):

- Identifiera syftet med multikriterieanalysen.
- Identifiera olika alternativ.
- Identifiera de mål och kriterier som kopplas till varje alternativ.
- Beskriva kriterierna mot det förväntade utförandet för varje alternativ och poängsätta alternativen.
- Vikta kriterier.
- Beräkna slutvärde för varje alternativ.
- Analysera resultat.
- Genomföra känslighetsanalys.

**Tabell 1.** Brödrostexemplet visar hur kriterierna kan mätas med hjälp av symboler (Dodgson, et al., 2009).

Kriterier	Alternativ					
	Pris	Återupp- värmning	Värmning	Justerbar Spårbredd	Jämn Rostning	Antal Nackdelar
Boots 2-slice	£18				☆	3
Kenwood TT350	£27	✓	✓	✓	☆	3
Marks & Spencer 2235	£25	✓	✓		★	3
Philips HD4907	£22	✓			★	2
Tefal Thick'n Thin	£20	✓		✓	★	5

**Tabell 2.** Brödrostexemplet visar hur kriterierna kan mätas med hjälp av skala 1-100 (Dodgson, et al., 2009).

Kriterier	Alternativ						
	Pris	Åter- upp- värm- ning	Värm- ning	Jus- terbar Spår- bredd	Jämn Rost- ning	Antal Nack- delar	Total
Boots 2-slice	100	0	0	0	0	50	<b>35</b>
Kenwood TT350	25	100	100	100	0	80	<b>61</b>
Marks & Spencer 2235	42	100	100	0	100	50	<b>53</b>
Philips HD4907	67	100	0	0	100	90	<b>49</b>
Tefal Thick'n' Thin	84	100	0	100	100	0	<b>70</b>

Som standard för en multikriterieanalys ingår konsekvenstabell, eller prestandamatrix. Syftet med tabellen är att den ska ge en överblick och ska beskriva vilka kriterier som varje alternativ påverkas av (Dodgson et al., 2009). För att problemet ska hållas hanterbart bedöms varje kriterium enskilt för varje alternativ. Kriterierna ska vara noggrant utvalda och oberoende av varandra då någon aspekt kan riskera att bli dubbelräknad och få större betydelse i analysen än andra aspekter. För de flesta analysmetoder är detta ett krav (Rosén et al., 2009). Varje kriterium kan mätas på olika sätt, vilket framgår av prestandamatrixen i Tabell 1. Prestandamatrixen kan vara en slutprodukt för de enklare multikriteriemetoderna där det är upp till beslutsfattaren att avgöra vilket alternativ som väger mest, vilket kan leda till grundlösa antagningar (Dodgson et al., 2009). För mer avancerade metoder är kriterierna i prestandamatrixen ansatta som numeriska värden, se Tabell 2.

## Metod

Den tillämpade fallstudien genomfördes för det allmänna dricksvattenförsörjningssystemet i Örnsköldsviks kommun som år 2015 hade 55 576 invånare (Hall, 2015). Dricksvattenförsörjningen sköts av det kommunala bolaget Miljö och Vatten i Örnsköldsvik (Miva) som arbetade med att upprätta en VA-plan tillsammans med kommunen. Parallellt med detta pågår ett arbete för att ta fram en strategi för den framtida dricksvattenförsörj-

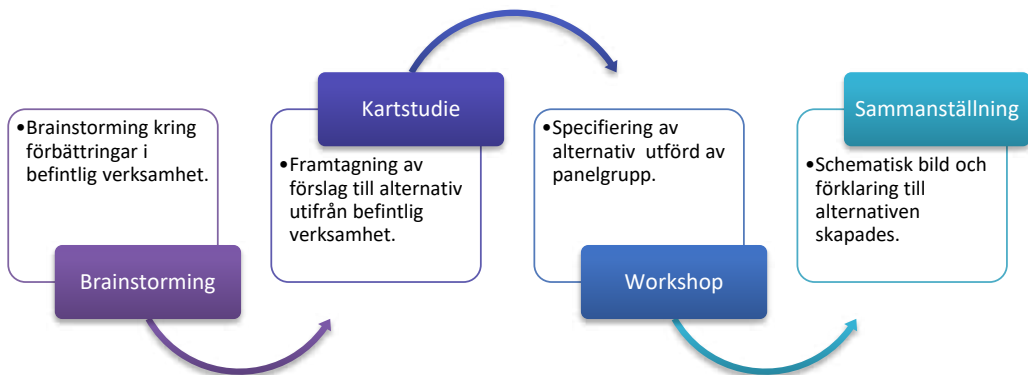
ningen i kommunen. Verksamhetsområdet täcker stora delar av kommunen som har en yta på 6 400 km<sup>2</sup>. Befintligt dricksvattensystem består i dagsläget av 25 vattenverk, 107 mil vattenledning och 37 tryckstegringar som försörjer 57118 abonnenter (Östlund, 2016). Försörjningen sker i stort via grundvattentäkter med endast 1 vattenverk med konstgjord infiltration av ytvatten.

I arbetet utsågs en panelgrupp som genom workshops var med vid framtagande av mål, alternativ, kriterier och indikatorer samt vid viktning av kriterier. Syftet med panelgruppen var att skapa en samlad bild utefter deltagarnas kunskap och erfarenheter. Gruppens medlemmar kommer från Miva med olika arbetsområden.

För fallstudien i detta arbete valdes en linjär additiv analysmetod. Denna metod valdes eftersom det kan antas att de framtagna kriterierna är oberoende av varandra. Den är frekvent använd (Rosén et al., 2009) och enkel att använda samt ger en robust och effektiv hjälp för beslutsfattare (Dodgson et al., 2009).

## Framtagning av Alternativ

Framtagning av alternativ inleddes med ett uppstartmöte. I mötet ingick en brainstorming kring hur verksamheten av idag kan förbättras. Utifrån de idéer som diskuterades vid mötet utfördes en självständig kartstudie där idéerna kopplades till större sammanhang och förslag till alternativ togs fram. I nästa steg hölls en Workshop med en panel-



Figur 1. Det tillämpade tillvägagångssättet över hur alternativen för fallstudien togs fram.

**Tabell 3.** De sju utvalda kriterier och indikatorer som analysen omfattade.

Kategorier	Kriterier	Indikatorer	Enhet
Hälsa	Tillgång på rent vatten	Risk för påverkan av vattenkvalitet utifrån områdets markanvändning	st
	Arbetsmiljö	Ensamarbete	h/pe, v
Miljö	Resursanvändning	Energianvändning	kWh/år, pe
Ekonomi	Totalkostnad	Drift- underhåll- och kapitaltjänst-kostnader exkl. energikostnad	SEK/ år
Tekniska funktioner	Flexibilitet	Expansionsförmåga	m <sup>3</sup> /dygn
	Leveranssäkerhet	Tillgång till reservvatten	%
	Vattentillgång	Potentiell vattentillgång	m <sup>3</sup> /dygn

grupp från verksamheten där deltagarna först genom parvis diskussion fick ta fram alternativa strategier, utifrån en översiktlig ledningskarta. Sedan hölls en gemensam diskussion där mer specificerade alternativ utformades och fyra alternativ utsågs. Efter workshopen sammanställdes en beskrivning av alternativen. Processen för hur alternativen togs fram visas i en schematisk illustration i Figur 1.

### Framtagning av kriterier och indikatorer

I tidigare arbeten har det gjorts analyser som krävt identifiering av både kriterier och indikatorer för hållbara VA-system (Marques et al., 2015; Lennartsson et al., 2009; Lundin & Morriison, 2002). Utifrån dessa studier valdes relevanta indikatorer ut för dricksvattenförsörjning. Dessa nyttjades sedan under en workshop tillsammans med panelgrupp för framtagning av kriterier och indikatorer lämpade för hållbar dricksvattenförsörjning. På grund av arbetets begränsning i tid begränsades det till totalt sju stycken, se Tabell 3.

### Poängsättning av alternativ

Poängsättningen av kriterierna för varje alternativ skedde genom en linjär tilldelning av poäng i skalan 0-10 utifrån hur väl varje kriterium för ett

alternativ uppfyllde de fastställda målen. Denna skala valdes då den ansågs vara lättare att tillämpa och förstå än den vanligtvis nyttjade skalan 0-100 (Dodgson et al., 2009).

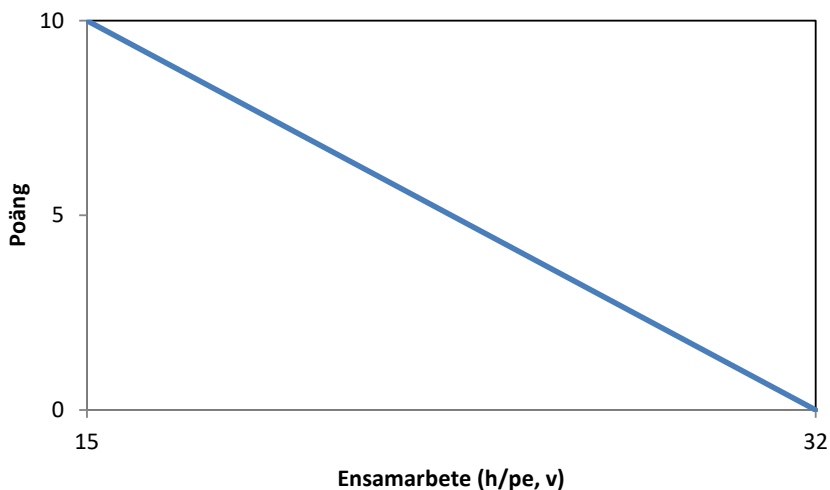
Nedan illustreras ett exempel över hur kriteriet Arbetsmiljö med indikatorn Ensamarbete tilldelades poäng. Det bästa alternativet,  $A_{10}$ , tilldelades 10 poäng och det alternativ som var sämst,  $A_0$ , fick 0 poäng. De resterande alternativen tilldelades där efter poäng linjärt mellan  $A_{10}$  och  $A_0$  enligt Figur 2 (Dodgson, et al., 2009).

Den linjära poängsättningen av kriterierna skedde enligt Figur 2 där poängen beräknades genom ekvation 1 där  $A_{10}$  = kriterievärdet för det bästa alternativet,  $A_0$  = kriterievärdet för det minst lämpade alternativet samt där  $A_x$  motsvarar värdet för det alternativ beräkningen gjordes för.

$$Poäng = 10 - 10 * \frac{A_{10} - A_0}{A_{10} - A_x} \quad (1)$$

### Viktning av kriterier

För att kunna rangordna alternativ värderades kriterierna (genom viktning) baserat efter dess betydelse för den specifika beslutssituationen. Tre metoder av viktning nyttjades, nämligen:



Figur 2. Poängsättningsdiagram för indikatorn ensamarbete där ett värde av tex 20 ges 7,1 poäng.

1. SWING – Individuell poängsättning. Medlemmarna utser först det viktigaste kriteriet för beslutssituationen och tilldelar det 100 p. Sedan utförs en parvis jämförelse mot detta kriterium och 0-100 poäng utdelas utifrån dess vikt i förhållande till det viktigaste kriteriet (Dodgson et al., 2009).

2. SWING – Gemensam poängsättning. Panelgruppen utser gemensamt det viktigaste kriteriet för beslutssituationen och tilldelar det 100 p. Genom parvis jämförelse utifrån det viktigaste kriteriet tilldelades 0-100 p/kriterium.

3. ROC (Rank Order Centroid) – Gemensam rangordning. Panelgruppen utser tillsammans en rangordning från 1-7 dvs. från det Absolut viktigaste kriteriet till Minst viktiga kriteriet. Utifrån rangordningen beräknas sedan vikten för kriteriet genom ekvation 2 (Dodgson et al., 2009)

$$w_j = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{k=j}^n \left(\frac{1}{k}\right) \quad (2)$$

där j=kriteriets ranking och n=antalet kriterier.

#### Alternativens slutvärde

Framtagande av slutvärdet ( $S_i$ ) för varje alternativ beräknades via ekvation 3.  $S_{ij}$  = Poäng för alternativ i och kriterium j.  $w$  = Kriterium och  $n$  = antal Kriterier

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_i \cdot s_{ij} = w_1 \cdot s_{i1} + w_2 \cdot s_{i2} + \dots + w_n \cdot s_{in} \quad (3)$$

där  $w_i$  representerar vikten för kriteriet i och  $s_{ij}$  representerar poängsättningen för alternativ j.

Slutligen rankades alternativen enligt ekvation 4 utifrån dess slutvärde, där alternativet med högst slutvärde ansågs som det mest lämpliga.

$$S_1 \geq S_2 \geq \dots \geq S_m \quad (4)$$

#### Känslighetsanalys

Känslighetsanalys är ett verktyg som kan tillämpas för att undersöka vilken påverkan vikten av indikatorerna har för ett slutgiltigt resultat (Dodgson et al., 2009). Känslighetsanalyser är av intresse att utföras vid analyser av verksamheter som lockar allmänt intresse. Känslighetsanalysen visar även den skillnad i resultat som kan uppstå beroende på den subjektiva syn panelgruppen har på indikatorernas vikt.

Den här känslighetsanalysen syftar till att identifiera det mest kritiska kriteriet, för förändring av det mest lämpade alternativet i den utförda multi-kriterieanalysen.

För genomförande av känslighetsanalysen tillämpades definition 1 och definition 2 nedan.

Definition 1: låt  $\delta_{k,i,j}$  ( $1 \leq i \leq j \leq N$ ) ange den minsta förändring av vikten  $w_k$  av indikatorn  $C_k$  sådan att rankingen för alternativen  $A_i$  och  $A_j$  blir den omvända där

$$\delta'_{k,i,j} = \frac{\delta_{k,i,j} \cdot 100}{w_k}, \text{ för varje } 1 \leq i \leq j \leq M \text{ och } 1 \leq k \leq N. \quad (5)$$

Definition 2: Den mest kritiska indikator är den med det lägsta värdet av  $|\delta_{k,i,j}|$  ( $1 \leq i \leq j \leq M$  och  $1 \leq k \leq N$ ) (Trintaphyllou & Sánchez, 1997). För att beräkna det minsta värde av  $\delta_{k,i,j}$  som behövs för en omvänd ordning av alternativ  $A_a$  och  $A_b$  används ekvation 7 om ( $a_{bi} > a_{ai}$ ), eller ekvation 8 och om ( $a_{bi} < a_{ai}$ )

$$\delta_{k,i,j} < \frac{S_b - S_a}{a_{b,i} a_{a,i}} \quad (6)$$

$$\delta_{k,i,j} > \frac{S_b - S_a}{a_{b,i} a_{a,i}} \quad (7)$$

Den nya vikten  $W^*$  beräknades sedan genom ekvation 9.

$$W_a^* = W_a - \delta_{k,i,j} \quad (9)$$

I vissa fall är det inte möjligt att generera en omvänd ordning av alternativen genom att förändra vikten hos indikatorerna, vilket inträffar då är större än  $W_a$  (Trintaphyllou & Sánchez, 1997).

## Resultat

I en jämförelse mellan viktning metoderna i Tabell 4, Tabell 5 och Tabell 6 ses att utfallet av analyserna med metoderna SWING-Individuell och SWING-gemensam gav samma rangordning med en väldigt liten variation mellan slutpoängen. Skillnaden i rangordningen mellan dessa två metoder och metoden ROC-gemensam var omvänd ordning för plats 2 och 3. För ROC-gemensam hamnade alternativ 1 på en andra plats och alternativ 4 på plats tre, till skillnad från de två andra viktning metoderna där där alternativ 4 hamnade på plats 2 och alternativ 1 på en tredjeplats. Anledningen till denna omvända ordning bedöms vara den större skillnaden i vikt för kriteriet Vattentillgång med indikatorn Potentiell vattentillgång för ROC-metoden. Där var alternativ 1 tilldelad 8 poäng medan alternativ 3 var tilldelad 0 poäng. Det alternativ som hamnade sist i rangordningen blev alternativ 0 för samtliga viktning metoder.

I Tabell 4 framgår att Alternativ 2 hamnade på en förstaplats, trots att endast en indikator var tillde-

**Tabell 4.** Analysresultat där den individuella SWING-metoden har nyttjats.

Kriterium	Vikt <sub>i</sub>	Alternativ			
		0	1	2	3
Potentiell vattentillgång	20 %	10	8,0	7,3	0
Risk för påverkan av vattenkvalitet utifrån områdets markanvändning	18 %	0	5,0	7,5	10
Tillgång till reservvatten	16 %	0	7,7	10,0	10
Ensamarbete	12 %	0	4,1	7,1	10
Drift- underhåll- och kapitaltjänstkostnader	13 %	10	0,03	0,0	1,3
Energianvändning	11 %	0	5,3	5,8	10
Expansionsförmåga	11 %	10	8,0	7,3	0
<b>Slutpoäng</b>		<b>4,4</b>	<b>5,6</b>	<b>6,6</b>	<b>5,8</b>
<b>Rangordning</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Tabell 5.** Analysresultat där den gemensamma SWING-metoden har nyttjats.

Kriterium	Vikt <sub>2</sub>	Alternativ			
		0	1	2	3
Potentiell vattentillgång	20 %	10	8,0	7,3	0
Risk för påverkan av vattenkvalitet utifrån områdets markanvändning	19 %	0	5,0	7,5	10
Tillgång till reservvatten	16 %	0	7,7	10	10
Ensamarbete	14 %	0	4,1	7,1	10
Drift- Underhåll och kapitaltjänstkostnader	12 %	10	0,03	0	1,3
Energianvändning	10 %	0	5,3	5,8	10
Expansionsförmåga	8 %	10	8,0	7,3	0
<b>Slutpoäng</b>		<b>4,0</b>	<b>5,6</b>	<b>6,7</b>	<b>6,1</b>
<b>Rangordning</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

lad 10 poäng respektive 0 poäng. Det kan också noteras att alternativ 3 som hamnade på en andraplats hade 4 indikatorer som var tilldelad 10 poäng respektive två som var tilldelade 0 poäng. I en liknande jämförelse för ROC-metoden i Tabell 6 hamnade alternativ 1 på en andraplats trots att den helt saknade någon indikator som var tilldelad 10 respektive 0 poäng. Denna jämförelse visar att det inte är antalet indikatorer som blivit tilldelade 10 och 0 poäng som är avgörande för slutresultatet. Resultaten visar snarare att kombinationen mellan indikatorernas vikt och medelhöga poäng är (mer) avgörande för slutpoängen.

### Diskussion

För identifiering av alternativ i komplexa situationer krävs nya och kreativa idéer (Dodgson et al., 2009) vilket den framtagningssprocessen som här användes i form av brainstorming med uppstartsgrupp, kartstudier och workshops med panelgrupp levererade. Det ska dock noteras att de alternativ panelgruppen framtog liknade de preliminära alternativ som togs fram vid kartstudien. Det är alltså möjligt att dessa alternativ gav en styrande påverkan på panelgruppens senare diskussioner under workshopen. Utifrån panelgruppens aktiva diskussioner bedöms dock användandet av preliminära alternativ som ett väldigt bra stöd för

en diskussion, som kan väcka många idéer och tankegångar. I en fältstudie utförd av Kain et al. (2005) bestod framtagningssprocessen av två steg. Först utfördes en brainstorming tillsammans med panelgrupp för identifiering av problem inom VA-systemet, sedan identifierades alternativa lösningar på problemen (Kain et al., 2005). Den framtagningssmetod som tillämpades i denna fallstudie visades vara tidseffektiv, trots att panelgruppens medlemmar i sig upplevdes osäkra kring denna typ av arbetssätt. Osäkerhet bland deltagarna ställer krav på att processledaren visar stöttning och fångar upp deltagarnas diskussion (Kain et al., 2005). Några deltagare som upplevde arbetssättet som svårt kan ha blivit hämmade i framtagningssprocessen genom att agera mer avvaktande. Under workshopen var det även medlemmar som upplevdes vara både motiverade och inspirerade av arbetssättet, vilket skapade en positiv effekt av diskussionerna.

Resultaten från analysen med de tre viktningssmetoder som tillämpades med en panelgrupp, visades inte ha någon signifikant påverkan på multikriterieanalysens utfall med avseende på rangordningens första och sista plats av de olika utvärderade alternativen. Trots att ROC-metoden visade på en omvänd rangordning av alternativen för plats 2 och 3 jämfört med de andra analyse-



**Tabell 6.** Analysresultat där ROC-metoden har nyttjats.

Kriterium	Vikt <sub>3</sub>	Alternativ			
		0	1	2	3
Potentiell vattentillgång	37 %	10	8,0	7,3	0
Risk för påverkan av vattenkvalitet utifrån områdets markanvändning	23 %	0	5,0	7,5	10
Tillgång till reservvatten	16 %	0	7,7	10	10
Ensamarbete	11 %	0	4,1	7,1	10
Drift- Underhåll- och kapitaltjänstkostnader	7 %	10	0,03	0	1,3
Energianvändning	4 %	0	5,3	5,8	10
Expansionsförmåga	2 %	10	8,0	7,3	0
<b>Slutpoäng</b>		<b>4,6</b>	<b>6,1</b>	<b>7,1</b>	<b>5,5</b>
<b>Rangordning</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

rade viktningmetoderna visar den lilla variation i alternativens slutpoäng vilken liten effekt metoderna hade på resultatet i detta fall. Enligt Söderberg behövs ett samarbete mellan förvaltningarna i kommunen för etablering av hållbara system (Söderberg, 2003). Den panelgrupp som deltog i detta arbete bestod enbart av anställda vid Miva. Därför kunde det ha varit av intresse att jämföra viktningmetodernas påverkan på resultatet med resultat från en panelgrupp där även beslutsfattare medverkar.

Den rangordning som utfärdades i samband med workshop 3 anses vara en bra förberedelse för panelgruppen inför viktningen. Eftersom rangordningen för ROC-metoden under workshop 4 visades bli densamma som tidigare, skapas en känsla för en enad grupp samt väl utförda diskussioner kring kriterierna och indikatorerna. I arbetsmaterialet för workshop 4 fanns kriterierna med tillhörande indikator uppställda i den ordning panelgruppen fastställde under workshop 3. Det hade därav varit av intresse att undersöka om en annan ordning i framtagande av arbetsmaterial hade genererat ett annat utfall.

Genom att tillämpa en känslighetsanalys påvisas multikriterieanalysens sensibilitet för förändringar av indikatorernas vikt. Den kan tillämpas som ett verktyg för kontroll när det finns osäkerheter kring

viktningmomentet. Det kan exempelvis tillämpas om panelgruppen inte är helt överens om indikatorernas vikt för att kunna bedöma vilken betydelse förändringar i vikt medför.

### Slutsatser

Multikriterieanalys har visat sig kunna vara ett strukturerat sätt för bedömning av flera alternativa strategier för dricksvattenförsörjning. Kriterier och indikatorer bör vara noggrant definierade för att undvika eventuell samvariation.

Den uppdelade framtagningsprocessen för alternativen med brainstorming, kartstudie och workshop var tidseffektiv och genererade bra grund för diskussioner och nya idéer.

De tre viktningmetoderna SWING- Individuell, SWING- gemensam och ROC som användes i denna studie visade sig inte ge sinsemellan någon påverkan på multikriterieanalysens utfall för den tillämpade fallstudien.

Fallstudien genererade ett översiktligt resultat med god vägledning för fortsatt arbete.

## Referenser

- Dodgson, J., Spackman, M., Pearman, A. & Phillips, L. (2009) Multi-criteria analysis: a manual. 11 red. London: Department for communities and Local Government.
- Hall, P. (2015) Befolkningsprognos 2015-2024 Örnsköldsviks Kommun, Uppsala: Statisticon AB.
- Johansson, M. (2012) Kommunala VA-planer - en kunskapsöversikt (2012-03), Stockholm: Svenskt Vatten AB.
- Kain, J.-H. (2005) Integrerat beslsstöd för uthålliga VA-system, Göteborg: Urban water, Chalmers tekniska högskola.
- Kommittédirektiv (2013) En trygg dricksvattenförsörjning (Dir. 2013:75), Stockholm: Näringsdepartementet.
- Lennartsson, M. Kvarnström, E., Lundberg, T., Buenfil, J. & Sawyer, R. (2009) Comparing Sanitation Systems Using Sustainability Criteria. Stockholm: EcoSanRes, Stockholm Environment Institute.
- Lundin, M. & Morrisson, G.M. (2002) A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems. Urban Water, 145-152.
- Marques, R.C., Ferreira da cruz, N. & Pires, J. (2015) Measuring the sustainability of urban water services. Environmental Science & Policy, 54, 142-151.
- Rosén, L. Back, P.E., Söderqvist, T., Soutukorva, Å., Brodd, P., Grahn, L. (2009) Multikriterieanalys för hållbar efterbehandling - metodutveckling och exempel på tillämpning (Rapport 5891), Stockholm: Naturvårdsverket.
- Statens offentliga undersökningar (2015) Klimatförändringar och dricksvattenförsörjning - Delbetänkande av Dricksvattenutredningen, Stockholm: Elanders Sverige AB.
- Söderberg, H. (2003) Organisation i en uthållig utveckling - verktyg för strategisk planering, Stockholm: Svenskt Vatten AB.
- Törneke, K. Tilly, L., Kärman, E., Johansson, M., van Moeffaert, D. (2008) Handbok om VA i omvandlingsområden, Stockholm: Svenskt Vatten AB.
- Östlund, J. (2016) VA-Strateg. MIVA [Intervju] (5 April 2016).