

BERGENINGER FOR DIMENSJONERENDE OVERVANNSMENGDER

Den rasjonelle formelen

Den rasjonelle formelen er en formel for å beregne dimensjonerende overvann på områder mindre enn 50 ha, slikt som Castberg kvartalet. (Bergen kommune, 2005, s. 13):

Rasjonelle formel:

Formel 1:

$$Q = \varphi \cdot A \cdot I \cdot K_f$$

Q: Regnavrenningsfaktor

A: Nedbørsfeltets areal

φ : Avrenningskoeffisient

K_f: Klimafaktor

I: Nedbørsintensiteten (fra IVF-kurve, Florida)

Nedbørsfeltets areal

Areal er hentet ut fra StreamBIM modellen gitt av Brødrene Ulveseth. Tabell 1 viser til Castbergkvartalet før rehabilitering. Arealet ti

Bakgård	246 m ²
Konvensjonelle tak	1053.3 m ²

Tabell 1: Areal av området før utbygging

Tabell 2 illustrerer Castbergkvartalet etter rehabilitering. Etter rehabilitering har bakgården blitt omformet til et glasstak, da atriet i bygget er dekket av dette materialet.

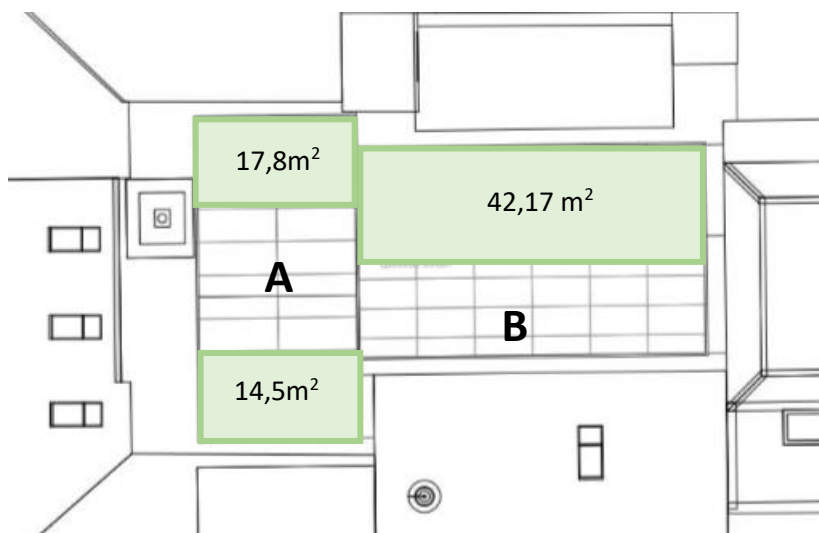
Glasstak	246 m ²
Konvensjonelle tak	1053.3 m ²

Tabell 2: Castbergkvartalet etter rehabilitering

Tabell 3 og figur 1 illustrerer det nye forslaget:

Blågrønt tak	42,1 m ²
Sedum tak	32,3 m ²
Glasstak	171 m ²
Konvensjonelle tak	1053.3 m ²

Tabell 3: Illustrerer nytt forslag med bærekraftige løsninger



Figur 1: Arealene av de grønne og blå løsningene.

Avrenningsfaktoren

For avrenningskoeffisienten av bakgården blir 0,8 brukt ettersom bakgården bestod av grus, samt det er midt i en bykjerne (Bergen kommune, 2005, s. 14). Det er en egen avrenningskoeffisient for sedumtak og grønne tak, denne er også estimert lik 0,8 (TEKNISK Ingeniørvesenet, 2014, s. 8).

Blågrønt tak ble bestemt til 0,6 etter et møte med Bergknapp.

Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 - 0,80
Eneboligområder	0,50 - 0,70
Grusveier/-plasser	0,50 - 0,80
Industriområder	0,50 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 - 0,50
Fjellområde uten lyng og skog	0,50 - 0,80
Fjellområde med lyng og skog, steinet og sandholdig grunn	0,30 - 0,50

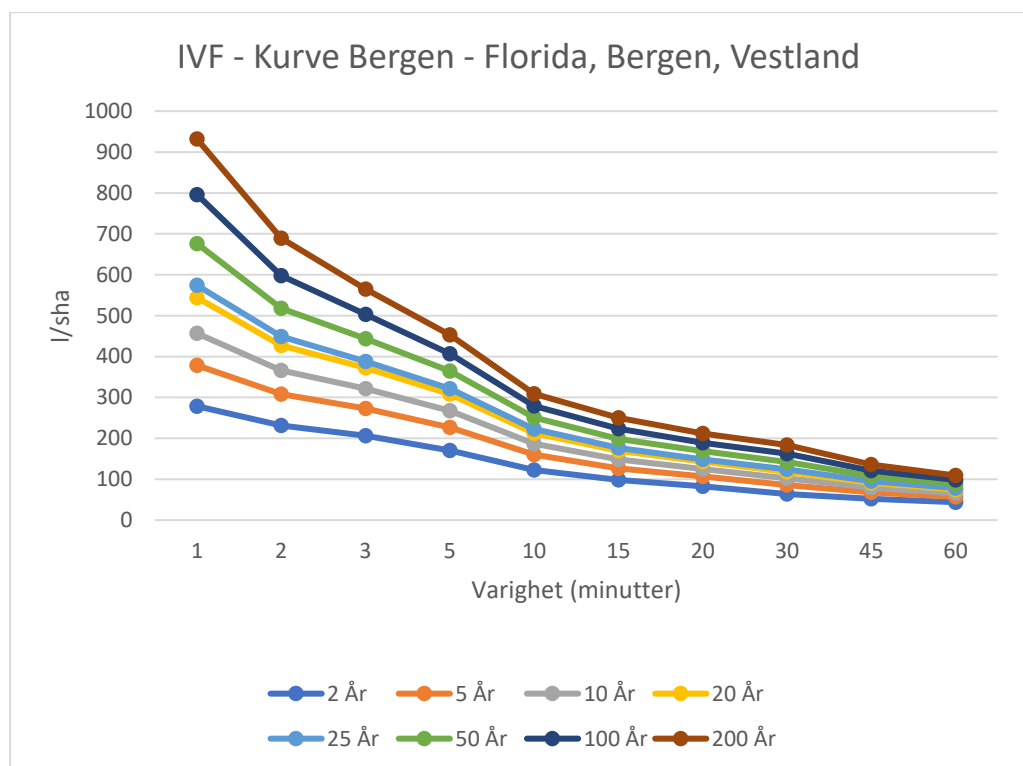
Figur 2: Avrenningskoeffisienter. Kilde: (Bergen kommune, 2005, s. 14)

Klimafaktor

I Bergen kommune er klimafaktoren satt til 1,4 da det er et klimapåslag på 40% (Bergen kommune, 2019, s. 19).

Nedbørintensiteten

Nedbørintensiteten ble hentet fra IVF-kurver, Florida, Bergen (Norsk Klimaservicesenter, u.d.). For å bruke slike kurver må en først finne gjentaksintervall og konsentrasjonstiden for området.



Figur 3: IVF-kurve, Florida, Bergen. Kilde: (Norsk Klimaservicesenter, u.d.)

Gjentaksintervall

Gjentaksintervall på 50 år er bestemt ut ifra at Castbergkvarartalet ligger i et lukket byområde/sentrum, slikt som vist på tabell 4.

Dimensjonerende regnskylhyppighet (gjentaksintervall) ¹ (1 i løpet av <i>n</i> år)	Områdetype	Dimensjonerende oversvømmeshyppighet (gjentaksintervall) ² (1 i løpet av <i>n</i> år)
2 år	Ubebygd område (åpent)	10 år
10 år 20 år	Boligområde - Åpent - Lukket	20 år 30 år
20 år 30 år	By-/sentrumsområde - Åpent - Lukket	30 år 50 år

Tabell 4: Gjentaksintervall. Kilde: (Bergen kommune, 2015, s. 11)

Konsentrasjonstiden

Det valgt fire ulike konsentrasjonstider som er; 3, 5, 20 og 15 minutter, ettersom Castbergkvarartalet består av et lite område, og at dette er anslått som fornuftige verdier for et område på mindre enn 50ha. (Bergen kommune, 2005, s. 13)

Varigheter (minutter)				
Gjentaksintervall (år)	3 min	5 min	10 min	15 min
50 år	443,4 l/sha	364,1 l/sha	250,8 l/sha	198,8 l/sha

Tabell 5: Presenterer en oversikt over nedbørintensiteten ved fire forskjellige konsentrasjonstider, med et gjentaksintervall på 50 år. Kilde: (Norsk Klimaservicesenter, u.d.)

Beregninger

Reduksjonen i overvannsmengden ble beregnet ut ved bruk av en enkel prosentformel. Det som ble sammenlignet var avrenningen når taket kun bestod av konvensjonelle- og glasstak, og den nye løsningen som består av sedum- og blågrønne tak.

Formel 2: Benyttes for prosentregning

$$\left(1 - \frac{38,7}{41,1}\right) * 100 = 5,8 \%$$

Fra formel 2 ser vi en reduksjon på avrenning med 5,8%. Denne formelen blir også brukt for å regne ut økningen av avrenning fra den originale situasjonen på tomten:

$$\left(\frac{38,7}{33,3}\right) * 100 = 116,2 \%$$

$$116,2\% - 100\% = 16,2 \%$$

Fra denne formelen blir denne økningen på 16.2%.

Beregninger i Excel

3 Minutter

3 min					
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$					
	Konvensjonelle tak	Glasstak		$\Sigma Q(l/s)$	
Konsentrasjonstid (tk)	3 min	3 min			
Areal (A)	0,1053	0,0246			
Nedbørsintensitet (I)	443,4	443,4			
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4			
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,9			
Overvannsmengde (Q)	58,829	13,744		72,573	
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$					
	Konvensjonelle tak	Glasstak	Sedum	Blågrønt	$\Sigma Q(l/s)$
Konsentrasjonstid (tk)	3 min	3 min	3 min	3 min	
Areal (A)	0,1053	0,0172	0,0032	0,0042	
Nedbørsintensitet (I)	443,4	443,4	443,4	443,4	
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4	1,4	1,4	
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,9	0,8	0,6	
Overvannsmengde (Q)	58,829	9,609	1,589	1,5643152	71,592
					Diff: 0,981 l/s

3 min				
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$				
	Konvensjonelle tak	Bakgård		$\Sigma Q(l/s)$
Konsentrasjonstid (tk)	3 min	3 min		
Areal (A)	0,1053	0,0246		
Nedbørsintensitet (I)	443,4	443,4		
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4		
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,8		
Overvannsmengde (Q)	58,829	12,217		71,046
				Før utbygging: Økning: Diff: 1,527 l/s

5 Minutter

5 min					
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$					
	Konvensjonelle tak	Glasstak		$\Sigma Q(l/s)$	
Konsentrasjonstid (tk)	5 min	5 min			
Areal (A)	0,1053	0,0246			
Nedbørsintensitet (I)	364,1	364,1			
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4			
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,9			
Overvannsmengde (Q)	48,308	11,286		59,594	
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$					
	Konvensjonelle tak	Glasstak	Sedum	Blågrønt	$\Sigma Q(l/s)$
Konsentrasjonstid (tk)	5 min	5 min	5 min	5 min	
Areal (A)	0,1053	0,0172	0,0032	0,0042	
Nedbørsintensitet (I)	364,1	364,1	364,1	364,1	
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4	1,4	1,4	
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,9	0,8	0,6	
Overvannsmengde (Q)	48,308	7,891	1,305	1,2845448	58,788
					Diff: 0,805 l/s

5 min				
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$				
	Konvensjonelle tak	Bakgård		$\Sigma Q(l/s)$
Konsentrasjonstid (tk)	5 min	5 min		
Areal (A)	0,1053	0,0246		
Nedbørsintensitet (I)	364,1	364,1		
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4		
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,8		
Overvannsmengde (Q)	48,308	10,032		58,340
				Før utbygging: Økning: Diff: 1,254 l/s

10 Minutter

10 min					
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$					
	Konvensjonelle tak	Glasstak		$\Sigma Q(l/s)$	
Konsentrasjonstid (tk)	10 min	10 min			
Areal (A)	0,1053	0,0246			
Nedbørsintensitet (I)	250,8	250,8			
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4			
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,9			
Overvannsmengde (Q)	33,276	7,774		41,049	
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$					
	Konvensjonelle tak	Glasstak	Sedum	Blågrønt	$\Sigma Q(l/s)$
Konsentrasjonstid (tk)	10 min	10 min	10 min	10 min	
Areal (A)	0,1053	0,0172	0,0032	0,0042	
Nedbørsintensitet (I)	250,8	250,8	250,8	250,8	
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4	1,4	1,4	
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,9	0,8	0,6	
Overvannsmengde (Q)	33,276	5,435	0,899	0,8848224	40,495
Redusering som følge av tiltak				Diff:	0,555 l/s

10 min						
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$						
	Konvensjonelle tak	Bakgård		$\Sigma Q(l/s)$		
Konsentrasjonstid (tk)	10 min	10 min				
Areal (A)	0,1053	0,0246				
Nedbørsintensitet (I)	250,8	250,8				
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4				
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,8				
Overvannsmengde (Q)	33,276	6,910		40,186		
Før utbygging:				Økning:	Diff:	0,864 l/s

15 Minutter

15 min					
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$					
	Konvensjonelle tak	Glasstak		$\Sigma Q(l/s)$	
Konsentrasjonstid (tk)	15 min	15 min			
Areal (A)	0,1053	0,0246			
Nedbørsintensitet (I)	198,8	198,8			
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4			
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,9			
Overvannsmengde (Q)	26,376	6,162		32,538	
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$					
	Konvensjonelle tak	Glasstak	Sedum	Blågrønt	$\Sigma Q(l/s)$
Konsentrasjonstid (tk)	15 min	15 min	15 min	15 min	
Areal (A)	0,1053	0,0172	0,0032	0,0042	
Nedbørsintensitet (I)	198,8	198,8	198,8	198,8	
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4	1,4	1,4	
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,9	0,8	0,6	
Overvannsmengde (Q)	26,376	4,308	0,712	0,7013664	32,099
Redusering som følge av tiltak				Diff:	0,440 l/s

15 min						
Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle metoden, $Q (l/s) = \phi \cdot A \cdot I \cdot Kf$						
	Konvensjonelle tak	Bakgård		$\Sigma Q(l/s)$		
Konsentrasjonstid (tk)	15 min	15 min				
Areal (A)	0,1053	0,0246				
Nedbørsintensitet (I)	198,8	198,8				
Klimafaktor (kf)	1,4	1,4				
Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9	0,8				
Overvannsmengde (Q)	26,376	5,477		31,854		
Før utbygging:				Økning:	Diff:	0,685 l/s

Beregninger Excel Formler

3 Minutter

	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
1								
2								
3	3 min							
4	Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me							
5		Konvensjonelle tak	Glasstak			$\Sigma Q(l/s)$		
6	Konsentrasjonstid (tk)	3 min		=A26				
7	Areal (A)	0,1053		0,0246				
8	Nedbørsintensitet (I)	443,4		=A28				
9	Klimafaktor (kf)	1,4		=A29				
10	Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9		=A210				
11	Overvannsmengde (Q)	=AZ10*AZ9*A28*A27		=BA7*BA8*BA9*BA11		=AZ11+BA11		
12								
13								
14	Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me							
15		Konvensjonelle tak	Glasstak	Sedum	Blågrønt	$\Sigma Q(l/s)$		
16	Konsentrasjonstid (tk)	3 min		=A216	=BA16	=BB16		
17	Areal (A)	0,1053		0,0172	0,0032	=0,0042		
18	Nedbørsintensitet (I)	443,4		=A218	=BA18	=BB18		
19	Klimafaktor (kf)	1,4		=A219	=BA19	=BB19		
20	Avrenningsfaktor (ϕ)	0,9		=A220	0,8	=0,6		
21	Overvannsmengde (Q)	=AZ20*A219*A218*A217		=BA17*BA18*BA19*BA20	=BB18*BB17*BB19*BB20	=BC17*BC18*BC19*BC20	=AZ21+BA21+BB21+BB20	
22								
23						Diff:	=BC11-BD21	l/s

	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK
1							
2							
3							
4	Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me						
5		Konvensjonelle tak	Bakgård			ΣQ(l/s)	
6	Konsentrasjonstid (tk)	3 min	=BG6				
7	Areal (A)	0,1053	0,0246				
8	Nedbørsintensitet (I)	443,4	=BG8				
9	Klimafaktor (kf)	1,4	=BG9				
10	Avrenningsfaktor (φ)	0,9	0,8				
11	Overvannsmengde (Q)	=BG10*BG9*BG8*BG7	=BH7*BH8*BH9*BH10			=BG11+BH11	
12							
13		Før utbygging:	Økning:	Diff:		=BC11-BJ11	l/s

5 Minutter

	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
25	5 min							
26	Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me							
27		Konvensjonelle tak	Glasstak				ΣQ(l/s)	
28	Konsentrasjonstid (tk)	5 min	=AZ28					
29	Areal (A)	0,1053	0,0246					
30	Nedbørsintensitet (I)	364,1	=AZ30					
31	Klimafaktor (kf)	1,4	=AZ31					
32	Avrenningsfaktor (φ)	0,9	=AZ32					
33	Overvannsmengde (Q)	=AZ32*AZ31*AZ30*AZ29	=BA29*BA30*BA31*BA32			=AZ33+BA33		
34								
35								
36	Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me							
37		Konvensjonelle tak	Glasstak	Sedum	Blågrønt		ΣQ(l/s)	
38	Konsentrasjonstid (tk)	5 min	=AZ38	=BA38	=BB38			
39	Areal (A)	0,1053	0,0172	0,0032	=0,0042			
40	Nedbørsintensitet (I)	364,1	=AZ40	=BA40	=BB40			
41	Klimafaktor (kf)	1,4	=AZ41	=BA41	=BB41			
42	Avrenningsfaktor (φ)	0,9	=AZ42	0,8	=0,6			
43	Overvannsmengde (Q)	=AZ42*AZ41*AZ40*AZ39	=BA39*BA40*BA41*BA42	=BB40*BB39*BB41*BB42	=BC39*BC40*BC41*BC42	=AZ43+BA43+BB43+BC43		
44								
45		Redusering som følge av tiltak				Diff:	=BC33-BD43	l/s

	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK
25							
26	Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me						
27		Konvensjonelle tak	Bakgård				ΣQ(l/s)
28	Konsentrasjonstid (tk)	5 min	=BG28				
29	Areal (A)	0,1053	0,0246				
30	Nedbørsintensitet (I)	=AZ30	=BG30				
31	Klimafaktor (kf)	1,4	=BG31				
32	Avrenningsfaktor (φ)	0,9	0,8				
33	Overvannsmengde (Q)	=BG32*BG31*BG30*BG29	=BH29*BH30*BH31*BH32			=BG33+BH33	
34							
35		Før utbygging:	Økning:	Diff:		=BC33-BJ33	l/s

10 Minutter

	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
48	10 min							
49	Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me							
50		Konvensjonelle tak	Glasstak				ΣQ(l/s)	
51	Konsentrasjonstid (tk)	10 min	=AZ51					
52	Areal (A)	0,1053	0,0246					
53	Nedbørsintensitet (I)	250,8	=AZ53					
54	Klimafaktor (kf)	1,4	=AZ54					
55	Avrenningsfaktor (φ)	0,9	=AZ55					
56	Overvannsmengde (Q)	=AZ55*AZ54*AZ53*AZ52	=BA52*BA53*BA54*BA55			=AZ56+BA56		
57								
58								
59	Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me							
60		Konvensjonelle tak	Glasstak	Sedum	Blågrønt		ΣQ(l/s)	
61	Konsentrasjonstid (tk)	10 min	=AZ61	=BA61	=BB61			
62	Areal (A)	0,1053	0,0172	0,0032	=0,0042			
63	Nedbørsintensitet (I)	250,8	=AZ63	=BA63	=BB63			
64	Klimafaktor (kf)	1,4	=AZ64	=BA64	=BB64			
65	Avrenningsfaktor (φ)	0,9	=AZ65	0,8	=0,6			
66	Overvannsmengde (Q)	=AZ65*AZ64*AZ63*AZ62	=BA62*BA63*BA64*BA65	=BB63*BB62*BB64*BB65	=BC62*BC63*BC64*BC65	=AZ66+BA66+BB66+BC66		
67								
68		Redusering som følge av tiltak				Diff:	=BC56-BD66	l/s

	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	
48		Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me						
49			Konvensjonelle tak	Bakgård		ΣQ(l/s)		
50		Konsentrasjonstid (tk)	10 min	=BG51				
51		Areal (A)	0,1053	0,0246				
52		Nedbørsintensitet (I)	=AZ53	=BG53				
53		Klimafaktor (kf)	1,4	=BG54				
54		Avrenningsfaktor (φ)	0,9	0,8				
55		Overvannsmengde (Q)	=BG55*BG54*BG53*BG52	=BH52*BH53*BH54*BH55		=BG56+BH56		
56								
57			Før utbygging:	Økning:	Diff:	=BC56-BJ56	l/s	
58								

15 Minutter

	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	
71	15 min	Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me							
72			Konvensjonelle tak	Glasstak		ΣQ(l/s)			
73		Konsentrasjonstid (tk)	15 min	=AZ74					
74		Areal (A)	0,1053	0,0246					
75		Nedbørsintensitet (I)	198,8	=AZ76					
76		Klimafaktor (kf)	1,4	=AZ77					
77		Avrenningsfaktor (φ)	0,9	=AZ78					
78		Overvannsmengde (Q)	=AZ78*AZ77*AZ76*AZ75	=BA75*BA76*BA77*BA78		=AZ79+BA79			
79									
80									
81		Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me							
82			Konvensjonelle tak	Glasstak	Sedum	Blågrønt	ΣQ(l/s)		
83		Konsentrasjonstid (tk)	15 min	=AZ84	=BA84	=BB84			
84		Areal (A)	0,1053	0,0172	0,0032	=0,0042			
85		Nedbørsintensitet (I)	198,8	=AZ86	=BA86	=BB86			
86		Klimafaktor (kf)	1,4	=AZ87	=BA87	=BB87			
87		Avrenningsfaktor (φ)	0,9	=AZ88	0,8	=0,6			
88		Overvannsmengde (Q)	=AZ88*AZ87*AZ86*AZ85	=BA85*BA86*BA87*BA88	=BB86*BB85*BB87*BB88	=BC85*BC86*BC87*BC88	=AZ89+BA89+BB89+BC89		
89									
90									
91			Redusering som følge av tiltak			Diff:	=BC79-BD89	l/s	

	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	
71		Beregning av overvannsmengder, den rasjonelle me						
72			Konvensjonelle tak	Bakgård		ΣQ(l/s)		
73		Konsentrasjonstid (tk)	15 min	=BG74				
74		Areal (A)	0,1053	0,0246				
75		Nedbørsintensitet (I)	=AZ76	=BG76				
76		Klimafaktor (kf)	1,4	=BG77				
77		Avrenningsfaktor (φ)	0,9	0,8				
78		Overvannsmengde (Q)	=BG78*BG77*BG76*BG75	=BH75*BH76*BH77*BH78		=BG79+BH79		
79								
80			Før utbygging:	Økning:	Diff:	=BC79-BJ79	l/s	
81								