NOTAT

TIL: Horsens Kommune

FRA: Morten Engholm Larsen - WSP

EMNE: Lukketider for stormflodssikring i Dagnæs Bæk og Bygholm Å

DATO: 12-02-2025

Dagnæs Bæk

Der er gennemført beregninger af lukketiden for højvandslukket i Dagnæs Bæk. Beregningerne er gennemført retrospektivt og viser lukketiden, hvis højvandlukket allerede havde været etableret. Herudover er lukketiden beregnet for fremtiden ved klimafremskrevne forhold til hhv. år 2050 og år 2100 efter udledningsscenarie SSP5-8.5.

I beregningerne er der regnet med en lukkekote for højvandslukket i 1,2 m DVR90.

Resultaterne af beregningerne fremgår af Tabel 1.

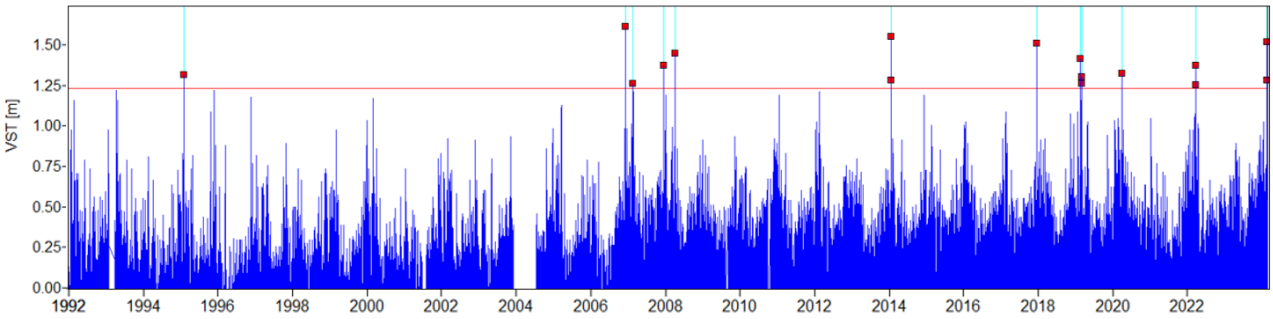
Tabel 1 Lukketider for højvandslukke i Dagnæs Bæk

Vandløb	Dagnæs Bæk		
Scenarie	Historiske data	SSP5-8.5 år 2050	SSP5-8.5 år 2100
Klimafremskrivning af vandstand [m]	**0**	**0,29**	**0,62**
Lukkekote [m DVR90]	**1,2**	**1,2**	**1,2**
Lukketid for sluse [dage/år]	**0,02 (2 timer/år)**	**0,5 (12 timer/år)**	**4,7 (112 timer/år)**

Resulterne af beregningerne fremgår i Tabel 1 som lukketid i dage pr. år (timer/år). I de følgende afsnit er lukketiden opgjort på månedsniveau og varigheden i hændelserne pr. måned angivet.

Historiske forhold – Dagnæs Bæk

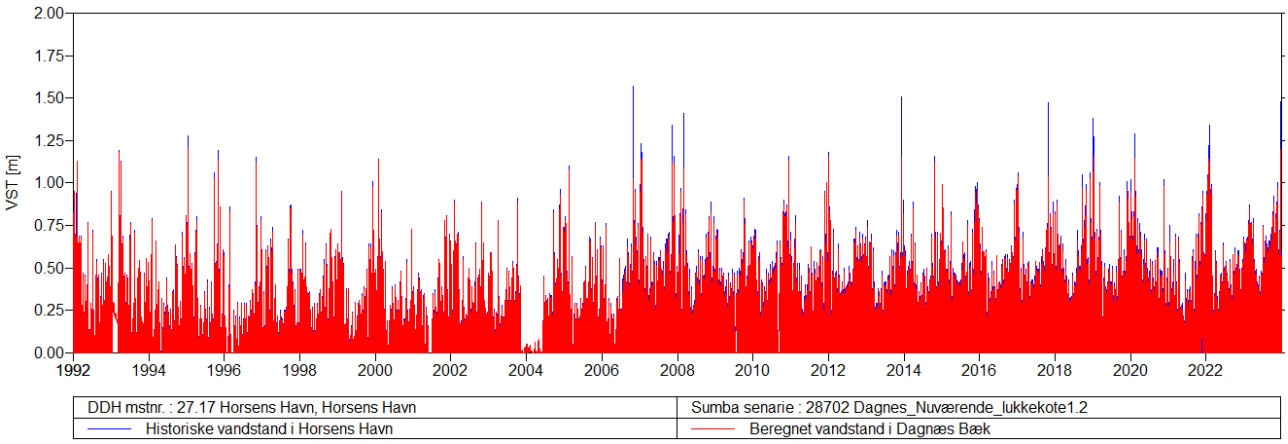
På Figur 1 er den målte vandstand i Horsens Havn i perioden 1992-2023 angivet. Figuren angiver også de hændelser, hvor vandstanden er højere end lukkekoten.



Figur 1 Historisk vandstandsdata i Horsens Havn med markering af 16 hændelser over kote 1,2 m DVR90

På baggrund af vandstanden i Horsens Havn, vandføringen i Dagnæs Bæk og nedbøren på de befæstede oplande er vandstanden i Dagnæs Bæk ved udløbet beregnet retrospektivt svarende til, hvis højvandlukket allerede havde været etableret.

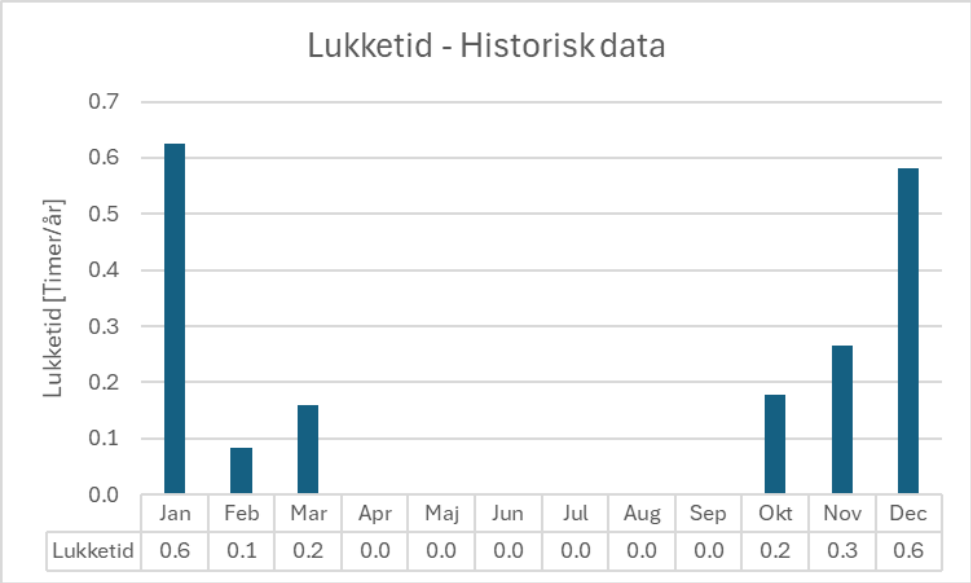
Den beregnede vandstand i Dagnæs Bæk ses sammen med vandstanden i havnen på Figur 2.



Figur 2 Historisk vandstandsdata i Horsens Havn (blå) samt beregnet vandstand i Dagnæs Bæk med højvandslukket (rød)

Vandstandene på Figur 2 viser, at vandstanden i Dagnæs Bæk kan styres med højvandlukket, så den ikke overstiger kote 1,2 m DVR90 ved udløbet. Det fremgår af de perioder, hvor vandstanden i havnen overstiger kote 1,2 m DVR90 mens vandstanden i Dagnæs Bæk ikke overstiger kote 1,2 m DVR90.

Vandstanden i udløbet af Dagnæs Bæk holdes i maksimalt kote 1,2 m DVR90, da højvandlukket holder vandstanden i havnen ude. På baggrund af de gennemførte beregninger er det opgjort, hvor lang tid højvandlukket vil være lukket. I Tabel 1 er den gennemsnitlige lukketid opgjort til ca. 2 timer/år. På Figur 3 er det opgjort i hvilke måneder de 2 timers lukning forekommer.

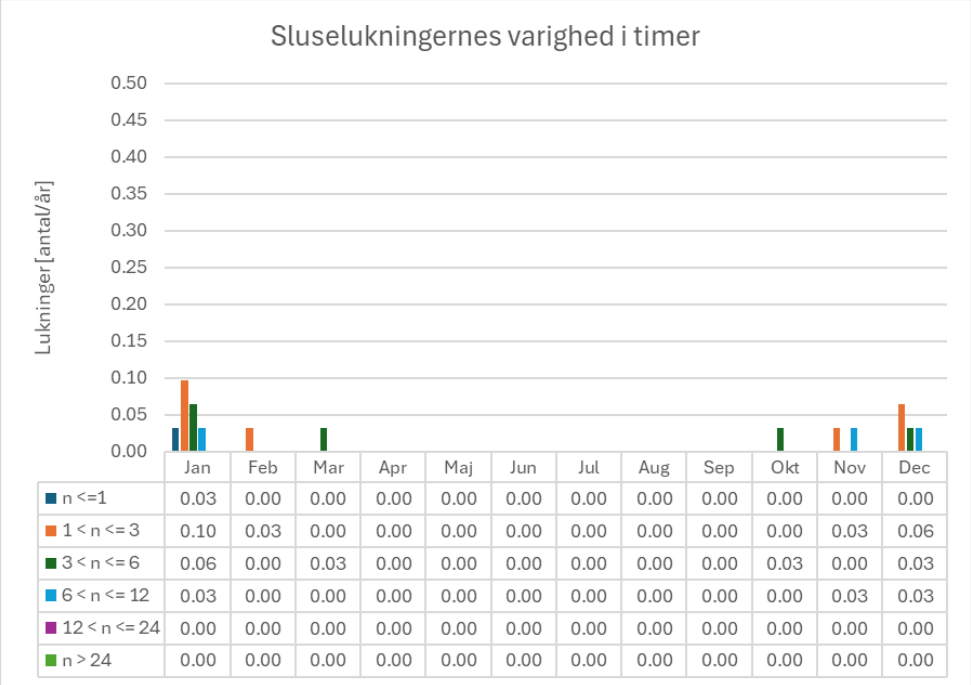


	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Lukketid	0.6	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.6

Figur 3 Beregnede lukketider historisk angivet i timer pr. år fordelt på måneder

Figur 3 viser, at højvandslukket gennemsnitlig vil være lukket omkring 35 min. (0,6 timer) i januar og december måned.

Ud fra beregningerne af lukketiden er der også lavet en fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau, se Figur 4.



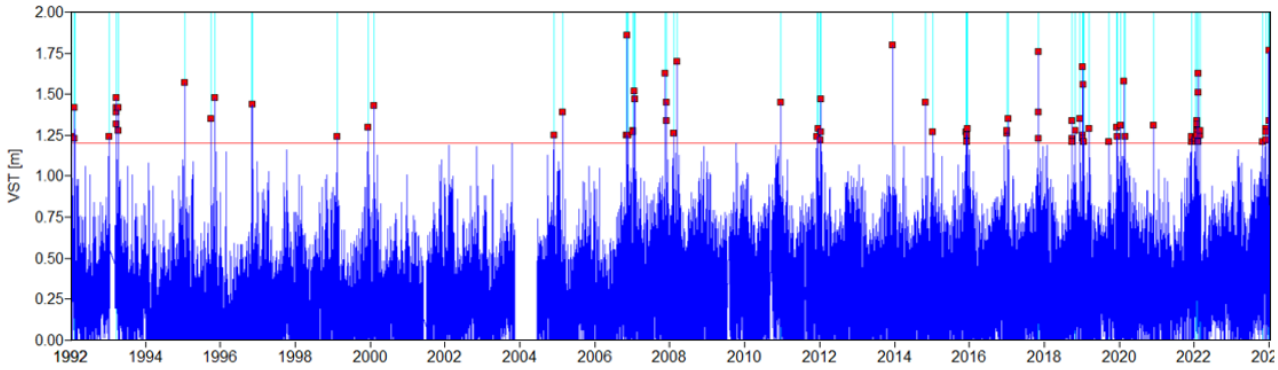
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
n <=1	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 < n <= 3	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06
3 < n <= 6	0.06	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03
6 < n <= 12	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
12 < n <= 24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n > 24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figur 4 Fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau

Fordelingen af hændelsernes varighed på Figur 4 viser antallet af hændelser opgjort i 6 varighedsintervaller på månedsniveau. Af figuren ses det f.eks. at der statistisk set vil forekomme én hændelse med en lukketid i intervallet 1 – 3 timer hvert 10. år i januar måned (T = 10 år = 1/0,1 antal/år). Det ses også, at der statistisk set vil forekomme én hændelse med en varighed på mere end 1 time i december måned hvert 8. år (T = 8 år = 1/(0,06 + 0,03 + 0,03 antal/år)).

År 2050 – Dagnæs Bæk

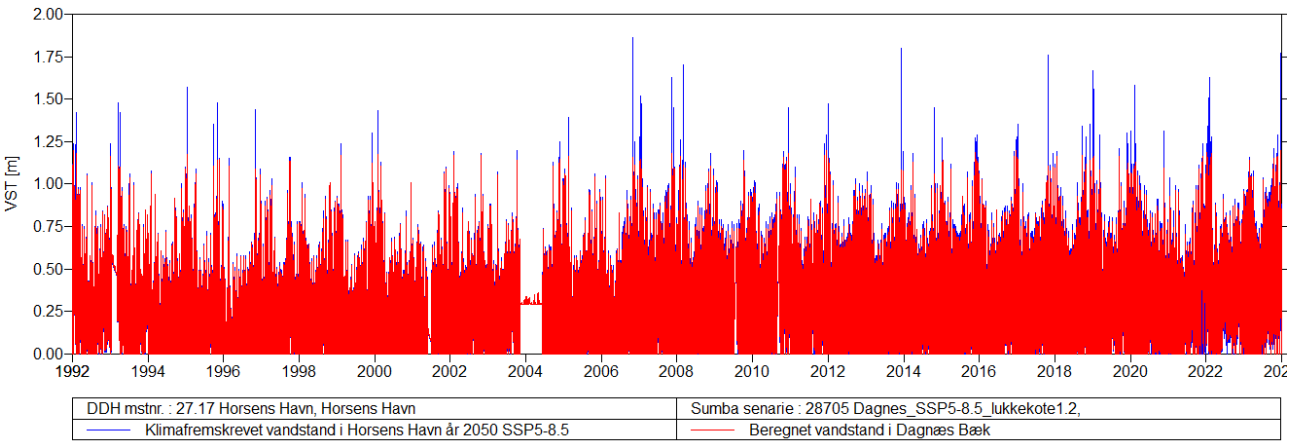
På Figur 5 er den klimafremskrevne vandstand i Horsens Havn i perioden omkring år 2050 angivet. Figuren viser også de hændelser, hvor vandstanden er højere end lukkekoten.



Figur 5 Klimafremskrevet vandstandsdata i Horsens Havn til år 2050 efter udledningsscenarie SSP5-8.5 med markering af 100 hændelser over kote 1,2 m DVR90

På baggrund af vandstanden i Horsens Havn, vandføringen i Dagnæs Bæk og nedbøren på de befæstede oplande er vandstanden i Dagnæs Bæk ved udløbet beregnet ved klimafremskrevning til år 2050.

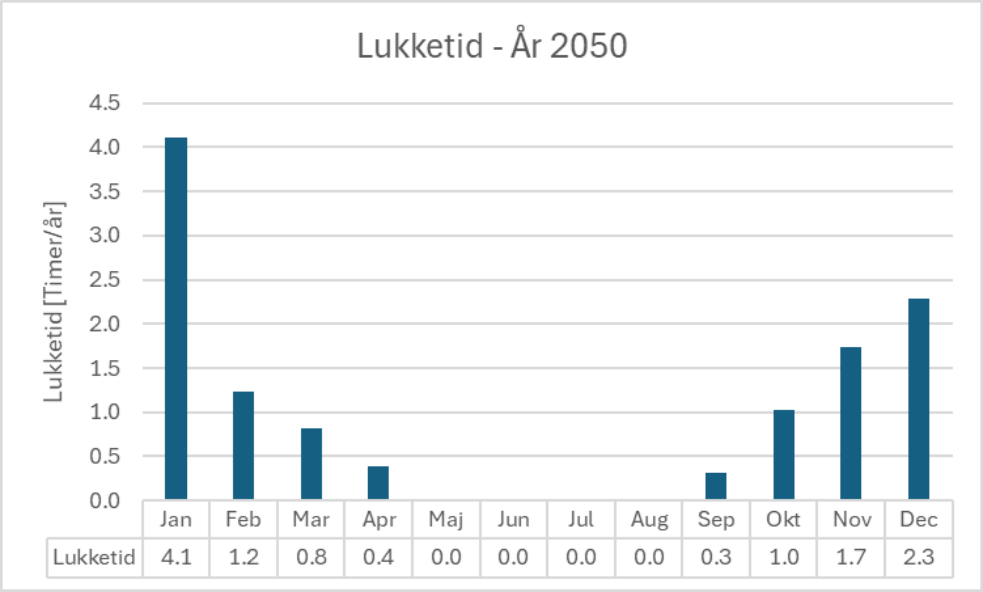
Den beregnede vandstand i Dagnæs Bæk ses sammen med vandstanden i havnen på Figur 6.



Figur 6 Klimafremskrevet vandstandsdata i Horsens Havn til år 2050 efter udledningsscenarie SSP5-8.5 (blå) samt beregnet vandstand i Dagnæs Bæk med højvandslukket (rød)

Vandstandene på Figur 6 viser, at vandstanden i Dagnæs Bæk kan styres med højvandlukket, så den ikke overstiger kote 1,2 m DVR90 ved udløbet. Det fremgår af de perioder, hvor vandstanden i havnen overstiger kote 1,2 m DVR90 mens vandstanden i Dagnæs Bæk ikke overstiger kote 1,2 m DVR90.

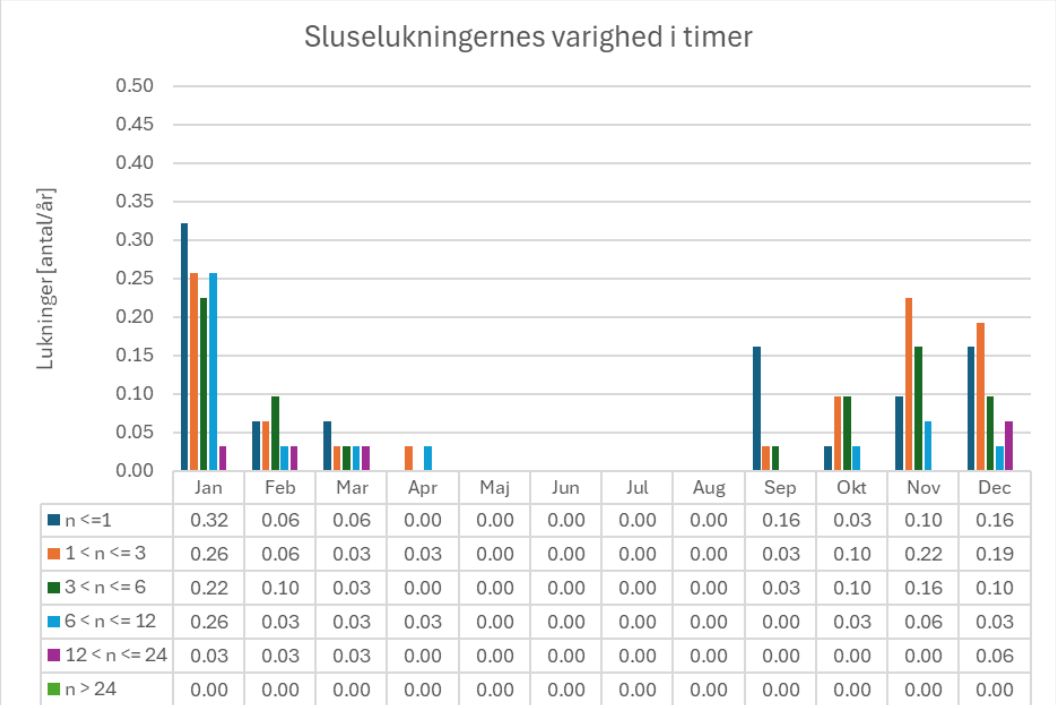
På baggrund af de gennemførte beregninger er det opgjort, hvor lang til højvandlukket skal være lukket i år 2050. I Tabel 1 er den gennemsnitlige lukketid opgjort til ca. 12 timer/år. På Figur 7 er det opgjort i hvilke måneder de 12 timers lukning forekommer.



Figur 7 Beregnede lukketider år 2050 angivet i timer pr. år fordelt på måneder

Figur 7 viser, at højvandslukket gennemsnitlig vil være lukket omkring 4 timer i januar måned i år 2050 mens lukketiden vil være kortere i de øvrige måneder.

Ud fra beregningerne af lukketiden er der også lavet en fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau, se Figur 8

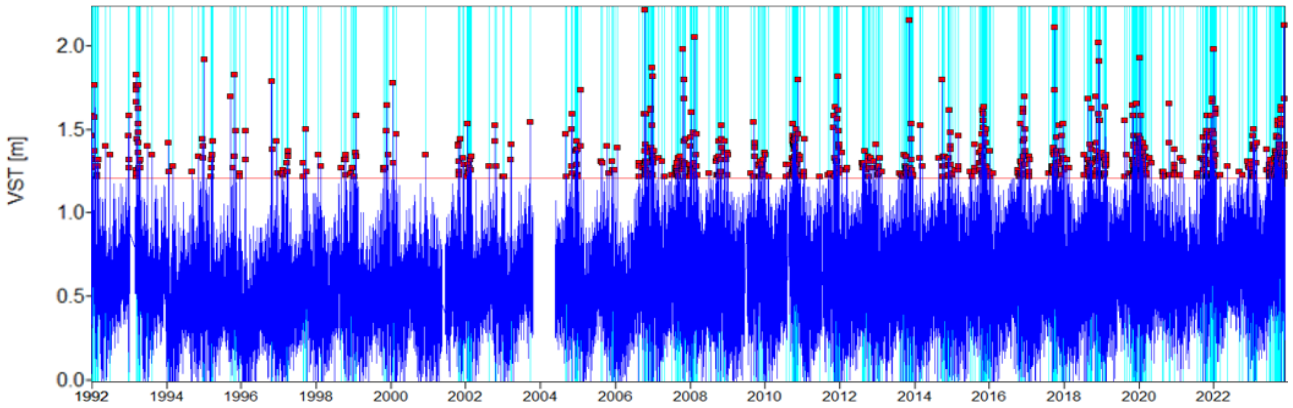


Figur 8 Fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau

Figur 8 viser antallet af hændelser opgjort i 6 varighedsintervaller på månedsniveau. Af figuren ses det f.eks. at der statistisk set vil forekomme én hændelse med en lukketid i intervallet 1 – 3 timer hvert 4. år i januar måned (T = 4 år = 1/0,26 antal/år). Det ses også, at der statistisk set vil forekomme én hændelse med en varighed på mere end 1 time i december måned hvert 2. – 3. år (T = 2,6 år = 1/(0,19 + 0,1 + 0,03 + 0,06 antal/år)).

År 2100 – Dagnæs Bæk

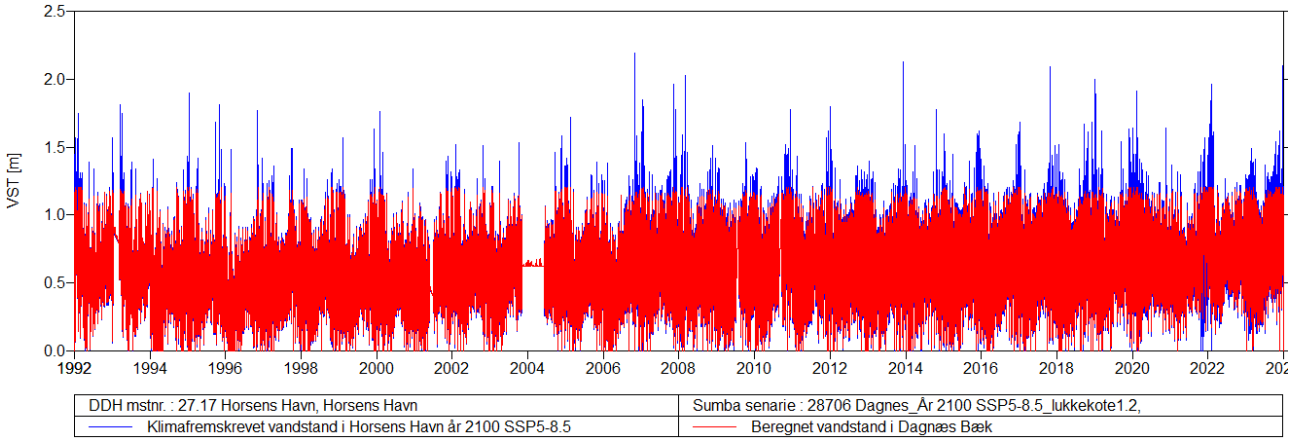
På Figur 9 er den klimafremskrevne vandstand i Horsens Havn i perioden omkring år 2100 angivet. Figuren viser også de hændelser, hvor vandstanden er højere end lukkekoten.



Figur 9 Klimafremskrevet vandstandsdata i Horsens Havn til år 2100 efter udledningsscenarie SSP5-8.5 med markering hændelser over kote 1,2 m DVR90

På baggrund af vandstanden i Horsens Havn, vandføringen i Dagnæs Bæk og nedbøren på de befæstede oplande er vandstanden i Dagnæs Bæk ved udløbet beregnet ved klimafremskrivning til år 2100.

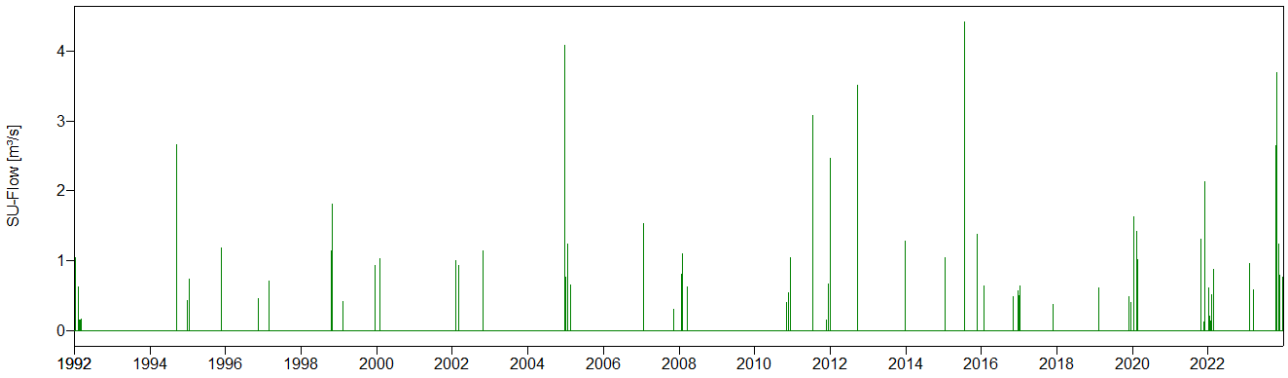
Den beregnede vandstand i Dagnæs Bæk ses sammen med vandstanden i havnen på Figur 10.



Figur 10 Klimafremskrevet vandstandsdata i Horsens Havn til år 2100 efter udledningsscenarie SSP5-8.5 (blå) samt beregnet vandstand i Dagnæs Bæk med højvandslukket (rød)

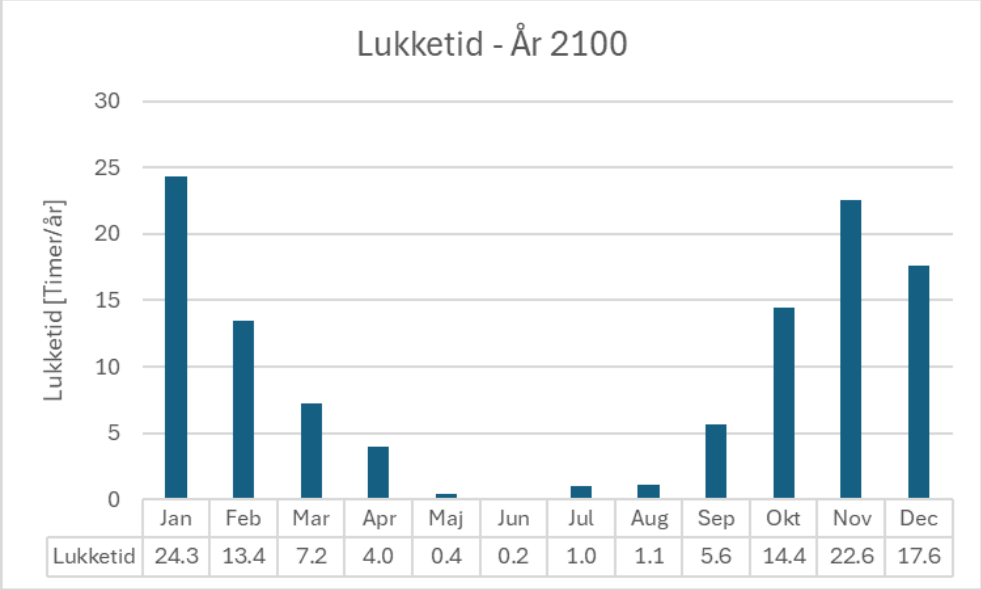
Vandstandene på Figur 10 viser, at vandstanden i Dagnæs Bæk kan styres med højvandlukket, så den ikke overstiger kote 1,2 m DVR90 ved udløbet. Det fremgår af de perioder, hvor vandstanden i havnen overstiger kote 1,2 m DVR90 mens vandstanden i Dagnæs Bæk ikke overstiger kote 1,2 m DVR90. På Figur 11 ses det, at vandstanden i Dagnæs Bæk ved udløbet kun kan holdes i maksimalt kote 1,2 m DVR90, hvis der samtidig etableres mulighed for overløb til f.eks. Bygholm Å.

Overløbsvandføringerne på Figur 11 viser, at der vil være behov en kapacitet i overløbet på 4 - 5 m^3/s.



Figur 11 Nødvendig overløb for at holde den maksimale vandstand i Dagnæs Bæk i kote 1,2 m i år 2100

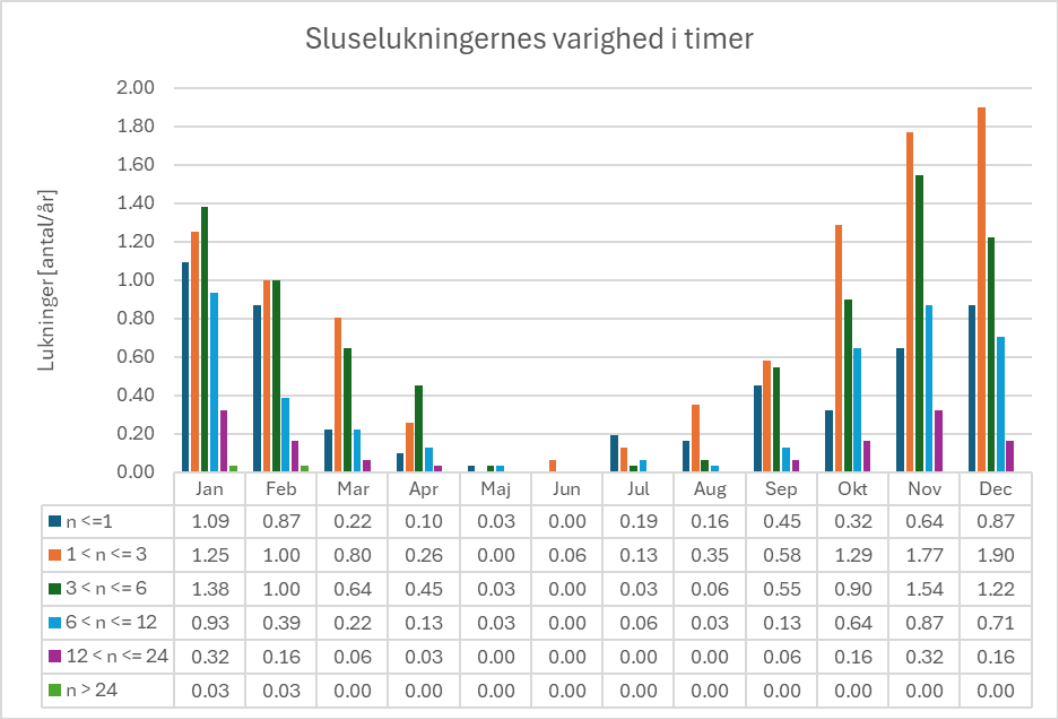
På baggrund af de gennemførte beregninger er det opgjort, hvor lang til højvandlukket skal være lukket i år 2050. I Tabel 1 er den gennemsnitlige lukketid opgjort til 112 timer/år. På Figur 12 er det opgjort i hvilke måneder de 112 timers lukning forekommer.



Figur 12 Beregnede lukketider år 2100 angivet i timer pr. år fordelt på måneder

Figur 12 viser, at højvandslukket gennemsnitlig vil være lukket omkring 1 døgn i januar måned i år 2100 mens lukketiden vil være kortere i de øvrige måneder.

Ud fra beregningerne af lukketiden er der også lavet en fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau, se Figur 13.



	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
n <=1	1.09	0.87	0.22	0.10	0.03	0.00	0.19	0.16	0.45	0.32	0.64	0.87
1 < n <= 3	1.25	1.00	0.80	0.26	0.00	0.06	0.13	0.35	0.58	1.29	1.77	1.90
3 < n <= 6	1.38	1.00	0.64	0.45	0.03	0.00	0.03	0.06	0.55	0.90	1.54	1.22
6 < n <= 12	0.93	0.39	0.22	0.13	0.03	0.00	0.06	0.03	0.13	0.64	0.87	0.71
12 < n <= 24	0.32	0.16	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.16	0.32	0.16
n > 24	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figur 13 Fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau

Figur 13 viser antallet af hændelser opgjort i 6 varighedsintervaller på månedsniveau. Af figuren ses det f.eks. at der statistisk set vil forekomme mere end én hændelse med en lukketid i intervallet 1 – 3 timer hvert år i januar måned (T = 0,8 år = 1/1,25 antal/år). Det ses også, at der statistisk set vil forekomme 4 hændelser med en varighed på mere end 1 time i januar måned hvert år.

Bygholm Å

Der er gennemført beregninger af lukketiden for højvandslukket i Horsens havn bassin Syd ved udløbet af Bygholm Å. Beregningerne er gennemført retrospektivt og viser lukketiden, hvis højvandlukket allerede havde været etableret. Herudover er lukketiden beregnet for fremtiden ved klimafremskrevne forhold til hhv. år 2050 og år 2100 efter udledningsscenarie SSP5-8.5.

I beregningerne er der regnet med en lukkekote for højvandslukket i 1,2 m DVR90 for stormflodshændelser og en lukkekote i 0,6 m DVR90 ved nedbør. Det er nødvendigt at lukke højvandslukket ved vandstande over kote 0,6 m DVR90 ved nedbør for at kunne sikre afledningen af regnvand til Bygholm Å.

Resultaterne af beregningerne fremgår af Tabel 2.

Tabel 2 Lukketider for højvandslukke i Bygholm Å

Vandløb	Bygholm Å		
Scenarie	Historiske data	SSP5-8.5 år 2050	SSP5-8.5 år 2100
Klimafremskrivning af vandstand [m]	0	0,29	0,62
Lukkekote [m DVR90]	0,6/1,2	0,6/1,2	0,6/1,2
Lukketid for sluse [dage/år]	1,0	7,3	35

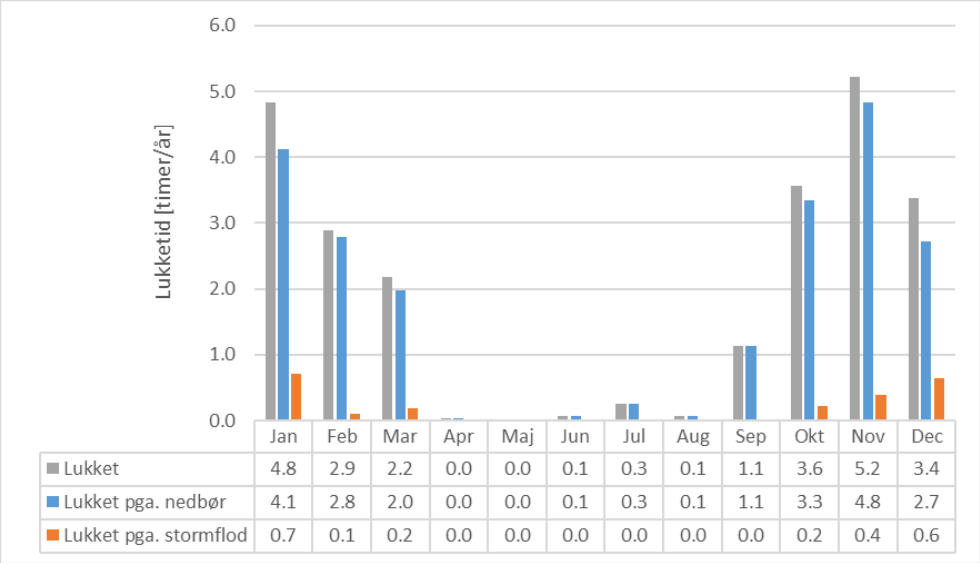
Resulterne af beregningerne fremgår i Tabel 2 som lukketid i dage pr. år. I de følgende afsnit er lukketiden opgjort på månedsniveau og varigheden i hændelserne pr. måned angivet.

Historiske forhold – Bygholm Å

Med udgangspunkt i den målte vandstand i Horsens Havn i perioden 1992-2023 angivet på Figur 1 er der gennemført beregninger af lukketiden for højvandlukket i Bassin Syd. I beregningerne indgår vandføringen i Bygholm Å og afledningen af nedbøren på de befæstede området i oplandet også.

Der er regnet med 2 forskellige lukkekoter. En lukkekote i 1,2 m DVR90 ved stormflod og en lukkekote i 0,6 m DVR90 ved nedbør. Det er nødvendigt at lukke højvandslukket ved vandstande over kote 0,6 m for at kunne sikre afledningen af regnvand til Bygholm Å. For at sikre at vandstanden maksimalt er i kote 0,65 m, når regner begynder lukkes slusen 3 timer før og pumpen startes ved vandstande i kote 0,65 m. Sluselukningen ved nedbør foretages på baggrund af nedbørsvarsling og radardata fra nedbørsradere.

I beregningerne er lukketiden både estimeres som følge af nedbør og stormflod. Disse fremgår sammen med den samlede lukketid på månedsniveau på Figur 14.

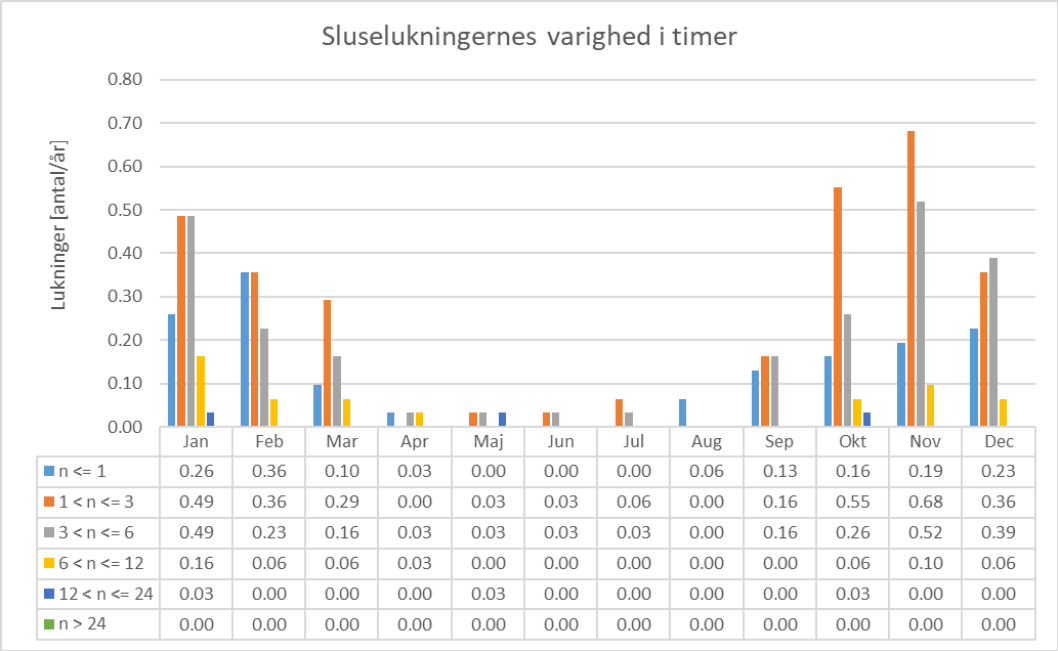


	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Lukket	4.8	2.9	2.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	1.1	3.6	5.2	3.4
Lukket pga. nedbør	4.1	2.8	2.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	1.1	3.3	4.8	2.7
Lukket pga. stormflod	0.7	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.6

Figur 14 Beregnede lukketider historisk angivet i timer pr. år fordelt på måneder. Det bemærkes, at der kan være perioder hvor der både er nedbør og højvande samtidigt, som kan aktivere sluselukning. Derfor er den samlede lukketid ikke nødvendigvis svarende til summen af lukketid for hhv, nedbør og stormflod.

Lukketiderne på Figur 14 viser, at den maksimal gennemsnitlige lukketid pr. måned på de historiske data er på 5 timer. Den samlede lukketid er på ca. 1 døgn pr. år, hvoraf størstedelen af lukketiden er forårsaget af at holde vandstanden nede, så overfladevandet fra byen kan afvandes til Bygholm Å.

Ud fra beregningerne af lukketiden er der også lavet en fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau, se Figur 15.



	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
n <= 1	0.26	0.36	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	0.13	0.16	0.19	0.23
1 < n <= 3	0.49	0.36	0.29	0.00	0.03	0.03	0.06	0.00	0.16	0.55	0.68	0.36
3 < n <= 6	0.49	0.23	0.16	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.16	0.26	0.52	0.39
6 < n <= 12	0.16	0.06	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.10	0.06
12 < n <= 24	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
n > 24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

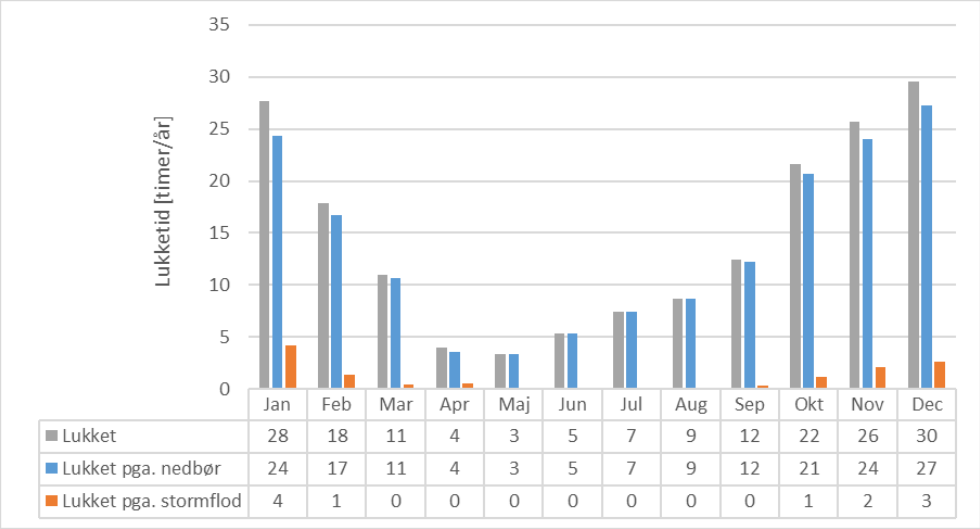
Figur 15 Fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau

Figur 15 viser antallet af hændelser opgjort i 6 varighedsintervaller på månedsniveau. Af figuren ses det f.eks. at der statistisk set vil forekomme én hændelse med en lukketid i intervallet 1 – 6 timer hvert år i januar måned (T = 1 år = 1/(0,49 + 0,49 antal/år).

År 2050 – Bygholm Å

Med udgangspunkt i den klimafremskrevne vandstand i Horsens Havn i perioden omkring år 2050 angivet på Figur 5 er der gennemført beregninger af lukketiden for højvandlukket i Bassin Syd. I beregningerne indgår vandføringen i Bygholm Å og afledningen af nedbøren på de befæstede området i oplandet også.

I beregningerne er lukketiden både estimeres som følge af nedbør og stormflod. Disse fremgår sammen med den samlede lukketid på månedsniveau på Figur 16.

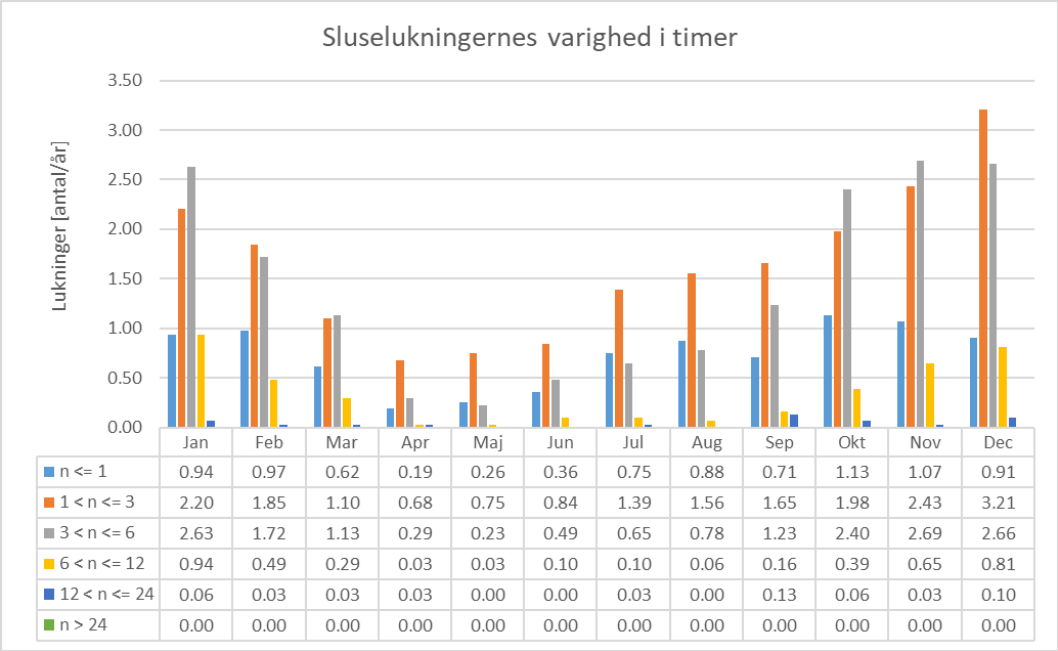


	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Lukket	28	18	11	4	3	5	7	9	12	22	26	30
Lukket pga. nedbør	24	17	11	4	3	5	7	9	12	21	24	27
Lukket pga. stormflod	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3

Figur 16 Beregnede lukketider år 2050 angivet i timer pr. år fordelt på måneder. Det bemærkes, at der kan være perioder hvor der både er nedbør og højvande samtidigt, som kan aktivere sluselukning. Derfor er den samlede lukketid ikke nødvendigvis svarende til summen af lukketid for hhv, nedbør og stormflod.

Lukketiderne på Figur 16 viser, at den maksimal gennemsnitlige lukketid pr. måned på de klimafremskrevne forhold til år 2050 er på 30 timer. Den samlede lukketid er på 7 døgn pr. år, hvoraf størstedelen af lukketiden er forårsaget af at holde vandstanden nede, så overfladevandet fra byen kan afvandes til Bygholm Å.

Ud fra beregningerne af lukketiden er der også lavet en fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau, se Figur 17.



	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
n <= 1	0.94	0.97	0.62	0.19	0.26	0.36	0.75	0.88	0.71	1.13	1.07	0.91
1 < n <= 3	2.20	1.85	1.10	0.68	0.75	0.84	1.39	1.56	1.65	1.98	2.43	3.21
3 < n <= 6	2.63	1.72	1.13	0.29	0.23	0.49	0.65	0.78	1.23	2.40	2.69	2.66
6 < n <= 12	0.94	0.49	0.29	0.03	0.03	0.10	0.10	0.06	0.16	0.39	0.65	0.81
12 < n <= 24	0.06	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.13	0.06	0.03	0.10
n > 24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

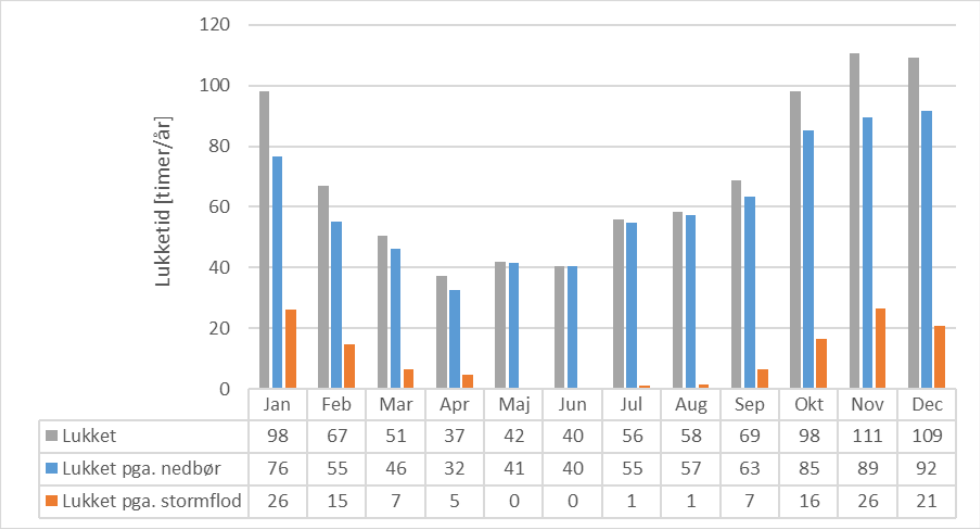
Figur 17 Fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau

Figur 17 viser antallet af hændelser opgjort i 6 varighedsintervaller på månedsniveau. Af figuren ses det f.eks. at der statistisk set vil forekomme 5 hændelser med en lukketid i intervallet 1 – 6 timer hvert år i januar måned (4,8 antal/år =2,2 + 2,63).

År 2100 – Bygholm Å

Med udgangspunkt i den klimafremskrevne vandstand i Horsens Havn i perioden omkring år 2100 angivet på Figur 9 er der gennemført beregninger af lukketiden for højvandlukket i Bassin Syd. I beregningerne indgår vandføringen i Bygholm Å og afledningen af nedbøren på de befæstede området i oplandet også.

I beregningerne er lukketiden både estimeres som følge af nedbør og stormflod. Disse fremgår sammen med den samlede lukketid på månedsniveau på Figur 18.

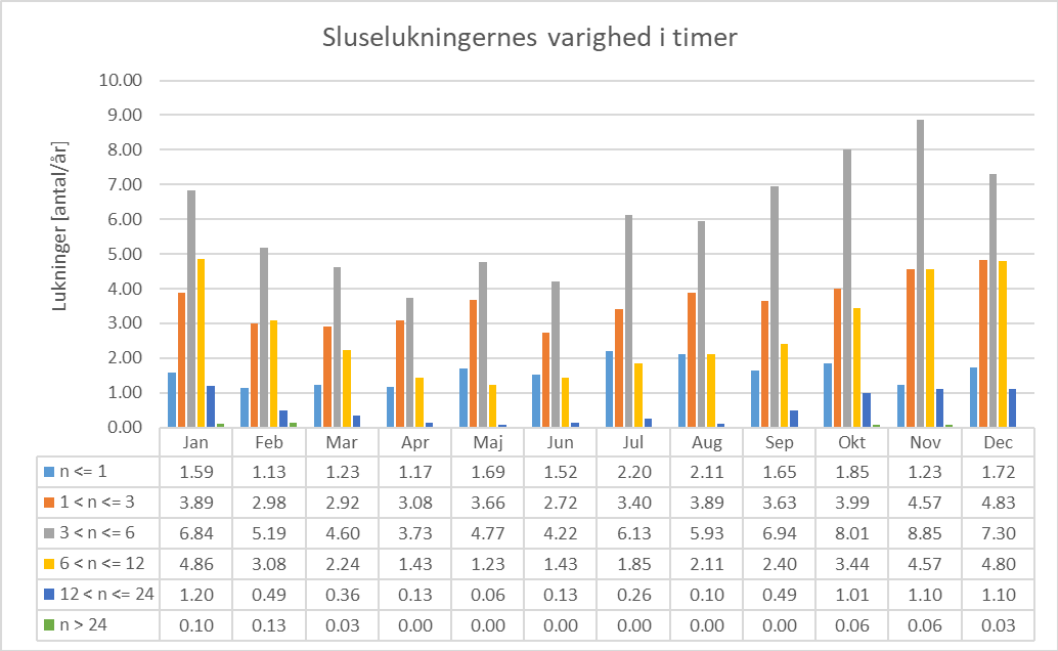


	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Lukket	98	67	51	37	42	40	56	58	69	98	111	109
Lukket pga. nedbør	76	55	46	32	41	40	55	57	63	85	89	92
Lukket pga. stormflod	26	15	7	5	0	0	1	1	7	16	26	21

Figur 18 Beregnede lukketider år 2100 angivet i timer pr. år fordelt på måneder. Det bemærkes, at der kan være perioder hvor der både er nedbør og højvande samtidigt, som kan aktivere sluselukning. Derfor er den samlede lukketid ikke nødvendigvis svarende til summen af lukketid for hhv, nedbør og stormflod.

Lukketiderne på Figur 18 viser, at den maksimal gennemsnitlige lukketid pr. måned på de klimafremskrevne forhold til år 2100 er på 111 timer. Den samlede lukketid er på 35 døgn pr. år, hvoraf størstedelen af lukketiden er forårsaget af at holde vandstanden nede, så overfladevandet fra byen kan afvandes til Bygholm Å.

Ud fra beregningerne af lukketiden er der også lavet en fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau, se Figur 19.



	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
n <= 1	1.59	1.13	1.23	1.17	1.69	1.52	2.20	2.11	1.65	1.85	1.23	1.72
1 < n <= 3	3.89	2.98	2.92	3.08	3.66	2.72	3.40	3.89	3.63	3.99	4.57	4.83
3 < n <= 6	6.84	5.19	4.60	3.73	4.77	4.22	6.13	5.93	6.94	8.01	8.85	7.30
6 < n <= 12	4.86	3.08	2.24	1.43	1.23	1.43	1.85	2.11	2.40	3.44	4.57	4.80
12 < n <= 24	1.20	0.49	0.36	0.13	0.06	0.13	0.26	0.10	0.49	1.01	1.10	1.10
n > 24	0.10	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.03

Figur 19 Fordeling af hændelsernes varighed på månedsniveau

Figur 19 viser antallet af hændelser opgjort i 6 varighedsintervaller på månedsniveau. Af figuren ses det f.eks. at der statistisk set vil forekomme 11 hændelser med en lukketid i intervallet 1 – 6 timer hvert år i januar måned (10,7 antal/år = 3,9 + 6,8).