

ELFORSK



DAMMSÄKERHET

AVBÖRDNINGSSYSTEMS FUNKTIONSSÄKERHET

Rapport 10:27

Avbörningssystem funktionssäkerhet

Elforsk rapport 10:27

Förord

Denna rapport är ett delresultat inom "Elforsks ramprogram dammsäkerhet". Målen för programmet är att långsiktigt stödja branschens policy, dvs att:

- Sannolikheten för dammbrott där människoliv kan vara hotade skall hållas på en så låg nivå att detta hot såvitt möjligt elimineras.
- Konsekvenserna i händelse av dammbrott skall genom god planering såvitt möjligt reduceras.
- Dammsäkerheten skall hållas på en god internationell nivå.

Prioriterade områden är teknisk säkerhet, operativ säkerhet och beredskap samt riskanalys.

Ramprogrammet Dammsäkerhet har en styrgrupp bestående av: Jonas Birkedahl – Fotum, Claes-Olof Brandesten - Vattenfall Vattenkraft, Lars Hammar - Vattenfall Vattenkraft, Anders Isander – E.ON, Martin Johansson – Skellefteå Kraft, Anders Sjödin - Statkraft, Gunnar Sjödin – Vattenregleringsföretagen, Rolf Steiner - Fortum samt Cristian Andersson – Elforsk. Adjungerade till gruppen är också Maria Bartsch och Olle Mill - Svenska Kraftnät.

Stockholm mars 2010



Cristian Andersson

Sammanfattning

Denna rapport om avbördningssystemets funktionssäkerhet har genomförts av EnergoRetea.

År 1995 utförde Sydkraft Konsult AB, Vattenfall Energisystem AB och Vattenfall AB Vattenkraft, en studie avseende utskovsluckors funktionssäkerhet (VASO dammkommittés rapport nr 7). Målsättningen för studien var att ur ett brett statistikunderlag få överblick av feltyper, felfrekvenser och enstaka anmärkningsvärda felorsaker för de vanligast förekommande lucktyperna. Dessa uppgifter skulle sedan analyseras och bearbetas för att utröna i vad mån dessa händelser påverkar lucksäkerheten. Slutmålet var att föreslå åtgärder som förbättrar befintliga utskovsluckors säkerhet och tillförlitlighet och som dessutom kan vara riktlinjer vid planering av nya utskovsluckor.

Det är nu nästan 15 år sedan denna rapport färdigställdes och syftet med den nu aktuella utredningen har varit att med hjälp av en förnyad enkät och ett antal djupintervjuer få en uppdaterad överblick av vanligast förekommande lucktyper (maskinluckor), typ av systemlösningar för dessa samt en översiktlig bild kring förekommande feltyper, felfrekvenser och enstaka anmärkningsvärda felorsaker. Baserat på insamlat material skall även förslag till åtgärder för ökad tillförlitlighet och säkerhet lämnas. Genomförandet av denna typ av projekt hjälper också till med att bibehålla ett starkt fokus på avbördningssystemet som en viktig del av den totala dammsäkerheten.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det inte är några större förändringar som skett vad gäller systemuppbyggnad och teknikval för jämförbara delar (föreliggande studie har mycket bättre detaljupplösning än studien 1995). Exempelvis är det fortfarande mekaniska gränslägesbrytare som används till övervägande del. Mest signifikant skillnad är att användningen av datorbaserade utrustningar starkt ökat (PLC:er, HMI-bildskärm). Andra exempel på skillnader är att tryckgivare är mest använd sensortyp för vattennivåmätning och att andelen anläggningar med motorgeneratoraggregat för säkerställning av kraftförsörjning vid nätbortfall ökat.

Det kan också konstateras att begreppet felsäkerhet med fokus på redundans, diversifiering och fysikalisk åtskillnad har begränsad tillämpning idag vilket påverkar funktionssäkerheten negativt.

Enkäten har påvisat att mest frekventa feltyper är (i signifikansordning): Reglerfunktion, lucklägesmätning, fjärrkontroll, kraftförsörjning, elektriska delar av drivsystem, åska/överspänning samt vattennivåmätning.

Sammanfattningsvis bedöms de viktigaste förbättringsområdena vara:

- Allmän systemuppbyggnad med fokus på felsäkerhet (redundans, fysikalisk åtskillnad samt diversifiering)
- Standardiserad och väl beprövad material
- Vattennivåmätning
- Lucklägesmätning
- Dämningsskydd (KAS)

- Kraftförsörjning
- Processövervakning
- Mekaniska system
- Erfarenhetsåterföring

Summary

This report on functional safety of spillway gate systems has been prepared by EnergoRetea.

In 1995 Sydkraft Konsult AB, Vattenfall Energisystem AB and Vattenfall AB Vattenkraft conducted a study on functional safety of spillway gate systems. The goal was to gain an overview of failure types, failure rates and occasional noticeable failures for the most common gate types based on a wide collection of statistical data. This information would then be analyzed and processed to reveal to which degree these events affect gate safety. The goal was to suggest actions that can be taken to improve the safety and reliability of current spillway gate systems and that also could be guidelines in the planning of new systems.

It has been almost 15 years since the completion of this report and the current investigation, with a new survey and a few in-depth interviews, serves to give an updated overview of the most common gate types, types of system solutions for these and an overview of common failure types, failure rates and occasional noticeable failures. Based on gathered material, suggestions for increased reliability and safety shall also be given. This type of project also helps to sustain a strong focus on the spillway gates as an important part of the total dam safety.

In conclusion, no significant changes have occurred with regard to system design and technology for equivalent parts (prevailing study has a considerable improvement in detail over the 1995 study). As an example, mechanical limit switches are still predominantly used. The largest difference is the increased use of computerized equipment (PLCs, HMI-systems). Other examples of differences are pressure sensors being the most common sensor type for water level measurement and the increased share of motor generator units to secure power supply during net outages.

It is also established that the term fail safety with a focus on redundancy, diversification and physical differentiation today has limited use, which in turn has a negative effect on function safety.

The survey has shown that the most frequent failure types (in order of significance) are: regulatory function, gate level measurement, remote control, power supply, electrical parts of hoist system, lightning/overload and water level measurement.

Conclusively, the most important areas for improvement are:

- General system design with focus on fail safety (redundancy, physical differentiation and diversification)
- Standardized and tested materials
- Water level measurement
- Gate level measurement
- Dam Overtopping Protection System
- Power supply
- Process monitoring

- Mechanical systems
- Knowledge management

Innehåll

1	INLEDNING	1
1.1	Projektets syfte.....	1
2	GENOMFÖRANDE AV PROJEKTET	2
3	ANALYS OCH VÄRDERINGAR	3
3.1	Allmänt.....	3
3.2	Vanligast förekommande lucktyper.....	4
3.3	Vanligaste förekommande typ av lyftanordningar.....	5
3.3.1	Planluckor.....	5
3.3.2	Segmentluckor.....	5
3.3.3	Sektorluckor.....	6
3.4	Funktioner som påverkar utskovsluckor.....	6
3.4.1	Allmänt.....	6
3.4.2	Enkät svar.....	7
3.4.3	Analys.....	7
3.5	Utskovsluckors kraftförsörjning.....	8
3.5.1	Allmänt.....	8
3.5.2	Enkät svar.....	8
3.5.3	Analys.....	9
3.6	Utskovsluckors reservdrift.....	9
3.6.1	Allmänt.....	9
3.6.2	Enkät svar.....	10
3.6.3	Analys.....	10
3.7	Gränslägen.....	10
3.7.1	Allmänt.....	10
3.7.2	Enkät svar.....	10
3.7.3	Analys.....	11
3.8	Lucklägesmätning.....	11
3.8.1	Allmänt.....	11
3.8.2	Enkät svar.....	11
3.8.3	Analys.....	11
3.9	Vattennivåmätning.....	12
3.9.1	Allmänt.....	12
3.9.2	Enkät svar.....	12
3.9.3	Analys.....	12
3.10	Uppvärmning/isfrihållning.....	12
3.10.1	Allmänt.....	13
3.10.2	Enkät svar.....	13
3.10.3	Analys.....	13
3.11	Via enkäten inrapporterade fel per typ av utskov.....	14
3.11.1	Allmänt.....	14
3.11.2	Enkät svar.....	14
3.11.3	Analys.....	15
3.12	Rapportervärda erfarenheter och förslag till förbättringsprojekt.....	15
3.12.1	Allmänt.....	15
3.12.2	Enkät svar rapportervärda erfarenheter.....	16
3.12.3	Enkät svar förslag till förbättringsprojekt.....	16
4	KRAFTINDUSTRINS FELRAPPORTERINGSSYSTEM	17
4.1	Allmänt.....	17
4.2	Översikt Inrapporterade omständigheter.....	17
4.3	Analys.....	19

5	REKOMMENDATIONER FÖR ÖKAD AVBÖRDNINGSSÄKERHET	20
5.1	Allmänt.....	20
5.2	Systemuppbyggnad.....	21
5.3	Standardiserad och väl beprövat material	22
5.4	Vattennivåmätning	23
5.5	Lucklägesmätning	24
5.6	Dämningsskydd (KAS)	24
5.7	Kraftförsörjning	25
5.8	Processövervakning.....	26
5.9	Mekaniska system	27
5.10	Erfarenhetsåterföring.....	28
6	Referenser	29
	Bilagor:	30

1 INLEDNING

Ett säkert och tillförlitligt avbördningssystem är en förutsättning för att uppnå hög dammsäkerhet. I begreppet avbördningssystem ingår normalt både elektriska och mekaniska system samt tillhörande strukturella delar (för fastsättning/styrning av luckan). Avbördningssystemets viktigaste uppgift är att vid behov på ett kontrollerat sätt avbörda vatten (vid maskinfrånslag och/eller höga flöden) samt att bibehålla magasinerade vattenvolymer.

År 1995 utförde Sydkraft Konsult AB, Vattenfall Energisystem AB och Vattenfall AB Vattenkraft, en studie avseende utskovsluckors funktionssäkerhet (VASO dammkommittés rapport nr 7). Målsättningen för studien var att ur ett brett statistikunderlag få överblick av feltyper, felfrekvenser och enstaka anmärkningsvärda felorsaker för de vanligast förekommande lucktyperna. Dessa uppgifter skulle sedan analyseras och bearbetas för att utröna i vad mån dessa händelser påverkar lucksäkerheten.



Slutmålet var att föreslå åtgärder som förbättrar befintliga utskovsluckors säkerhet och tillförlitlighet och som dessutom kan vara riktlinjer vid planering av nya utskovsluckor.

Det är nu nästan 15 år sedan denna rapport färdigställdes och betydelsen av säkra och tillförlitliga avbördningssystem har definitivt inte minskat. Sedan rapporten lämnades 1995 har ett flertal nyinstallations- och renoveringsprojekt genomförts och en inte försumbar förändring har skett vad gäller teknikval (ex. ökad användning av kraftelektronik och datorer). Dessutom har till viss del förändringar skett vad gäller hanteringen av avbördningssystemets drift, tillsyn och underhåll.

1.1 Projektets syfte

Syftet med den nu aktuella utredningen har varit att med hjälp av en förnyad enkät och ett antal djupintervjuer få en uppdaterad överblick av vanligast förekommande lucktyper (maskinluckor), typ av systemlösningar för dessa samt en översiktlig bild kring förekommande feltyper, felfrekvenser och enstaka anmärkningsvärda felorsaker. Baserat på insamlat material skall även förslag till åtgärder för ökad tillförlitlighet och säkerhet lämnas.

Genomförandet av denna typ av projekt hjälper också till med att bibehålla ett starkt fokus på avbördningssystemet som en viktig del av den totala dammsäkerheten. I utredningsgruppen har ingått Stefan Lagerholm, Martin Hansson och Teuvo Piirainen. Samtliga från EnergoRetea.

2 GENOMFÖRANDE AV PROJEKTET

Första steget i projektet har omfattat framtagning av en enkät, se bilaga 1, vilken sänts ut till 23 anläggningsägare. Enkäten har omfattat uppgifter angående vanligast förekommande lucktyper (maskindrivna), systemlösningar/bestyckning samt insamling av felfrekvenser (antal fel de senast 10 åren). Dessutom har möjlighet att lämna förslag till allmänna förbättringar varit möjlig. Det har inte funnits någon begränsning avseende vilken konsekvensklass dammarna tillhör, dvs. inrapporterade uppgifter avser klass 1A, 1B, 2 och 3.

Som komplement till ovanstående har kraftindustrins felrapporteringssystem för dammanläggningar studerats och då med avgränsning el och mekanik. Detta system innehåller uppgifter om rapportervärda omständigheter för dammar tillhörande klass 1A, 1B och 2.

Slutligen har uppgifter samlats in via intervjuer med personer som har kunskap om hur avbördningsystem fungerar (både från ägare, konsult samt entreprenörssidan). Även egen erfarenhet från besiktningar, FDU:er etc. har utgjort underlag för analys och slutsatser.

3 ANALYS OCH VÄRDERINGAR

3.1 Allmänt

Svar har erhållits från 11 st. av de 23 tillfrågade företagen och sammanlagt omfattar det insamlade materialet 158 st. dammanläggningar och 666 st. utskovsluckor. De företag som innehar de största luckbestånden har samtliga lämnat uppgifter om sina avbördningssystem och vilka felfrekvenser som förekommit (antal fel de senaste 10 åren).

De 666 utskovsluckorna fördelar sig på konsekvensklasser enligt nedan:

Antal luckor i anläggningar tillhörande klass 1A: 109

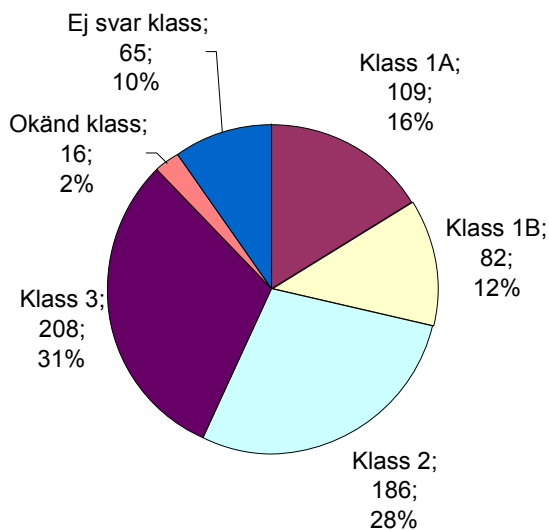
Antal luckor i anläggningar tillhörande klass 1B: 82

Antal luckor i anläggningar tillhörande klass 2: 186

Antal luckor i anläggningar tillhörande klass 3: 208

Antal oklassade luckor: 16

Antal luckor ej svar klassning: 65



Fördelning av luckor per konsekvensklass.

Anläggningarnas klassificering är enligt nedan (antal per klass):

Klass 1A: 25

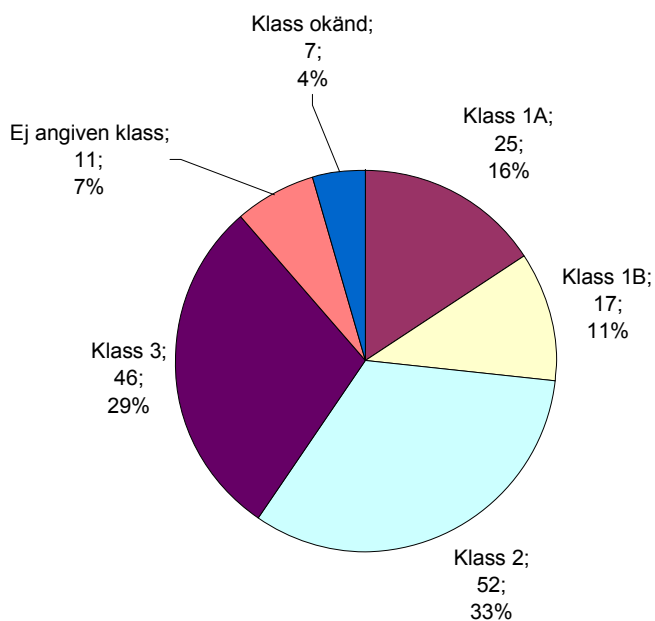
Klass 1B: 17

Klass 2: 52

Klass 3: 46

Ej angiven klass: 11

Klass okänd: 7

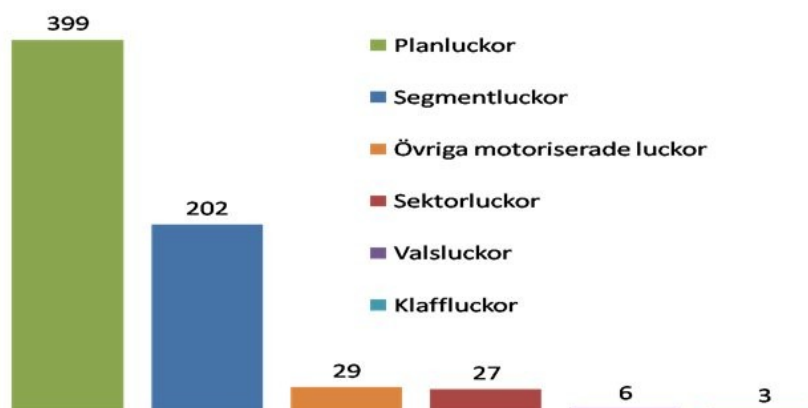


Fördelning av anläggningar per konsekvensklass.

Allmänt har det varit relativt svårt att samla in vissa av detaljuppgifterna då många av företagen inte har lättillgängliga databaser innehållande uppgifter om avbördningssystemen. Detta har medfört att det tagit längre tid att få in uppgifterna än vad som förväntats samt även att någon kraftverksägare fått begränsa uppgiftslämnandet till ett eller några utvalda representativa vattendrag.

3.2 Vanligast förekommande lucktyper

Med utgångspunkt från de svar vi fått in så är de idag vanligast förekommande maskindrivna lucktyperna enligt nedan:



Vanligast förekommande lucktyper

Som framgår ovan är de mest frekventa lucktyperna plan- och segmentluckor. I "övriga motoriserade luckor" ingår bl.a. motoriserade spett- och sättluckor. Jämfört med tidigare utredning så består skillnaden framförallt av att antalet planluckor ökat relativt övriga lucktyper och att antalet sektorluckor är väsentligt färre relativt plan- och segmentluckor. En förväntan om ökat antal klaffluckor har inte kunnat bekräftas i enkäten.

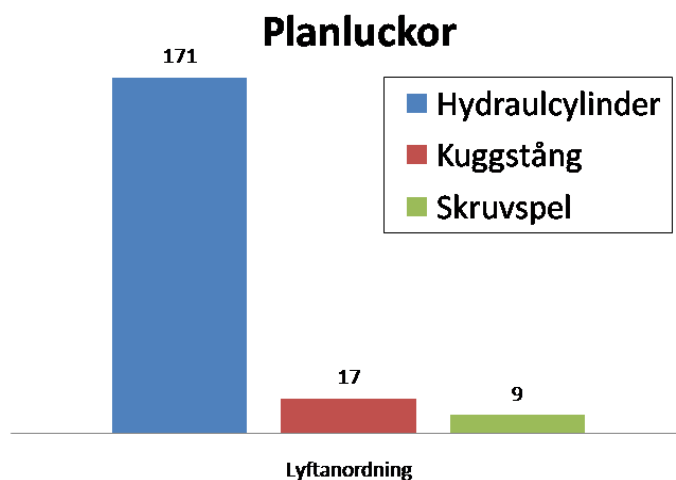
3.3 Vanligaste förekommande typ av lyftanordningar

I utredningen 1995 finns inga uppgifter om vanligast förekommande lyftanordningar detta har bedömts som intressant varför det har ingått i den nu aktuella utredningen.

3.3.1 Planluckor

Normalt är planluckor försedda med någon av nedanstående typer av spelmaskinerier:

- Hydraulcylinder
- Kuggstångsspel
- Skruvspel



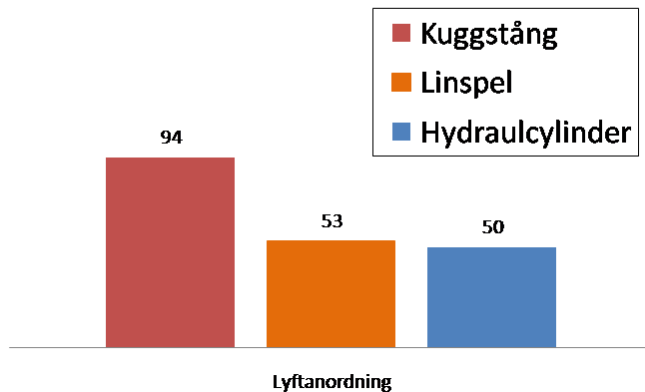
Lyftanordningar planluckor

Svaren på enkäten visar att spel med hydraulcylinder är den vanligast förekommande typen av lyftanordning för denna lucktyp. Vid inrapportering av svar angående luckspel så saknas uppgift för 172 av planluckorna.

3.3.2 Segmentluckor

Segmentluckor manövreras normalt med hjälp av kuggstångsspel, linspel alternativt hydraulcylinder. Ur diagram nedan framgår att manöver med hjälp av kuggstångsspel är mest frekvent och att användningen av linspel respektive hydraulcylinder är ungefär lika stor.

Segmentluckor



Lyftanordningar segmentluckor

3.3.3 Sektorluckor

Av enkätsvaren framgår att nästan alla sektorluckor manövreras med hjälp av kuggstångsspel. Även enstaka spel med hydraulcylinder förekommer.

3.4 Funktioner som påverkar utskovsluckor

3.4.1 Allmänt

Alla maskindrivna luckor kan manövreras lokalt vid själva luckan (med någon form av lyftanordning), dessutom kan luckor i många fall manövreras från ett antal andra funktioner. De då vanligast förekommande funktionerna är:

Vattennivåreglering (VNR/ÖVY-regl):

Baserat på aktuell vattennivå och fastställd reglerstrategi reglerar automatiken aggregat och/eller utskovsluckor.

Vattennivåövervakningsautomatik (VÖA):

Automatikens uppgift är att kontinuerligt övervaka vattennivån i dammen på ett sådant sätt att över- respektive underdämning ej sker. Normalt förekommer två varianter. Den ena beräknar kontinuerligt erforderligt stationsflöde för att hålla vattennivån inom inställda gränser och ger förvarningslarm om aktuellt driftläge kan leda till över/underdämning. Vid behov styrs också invalda utskov på ett sådant sätt att vattennivån hamnar inom givna gränser. Den andra varianten (förenklad VÖA) lämnar ett förvarningslarm om aktuellt driftläge kan leda till över- eller underdämning samt kopplar in anläggningens vattennivåreglering (VNR).

Dämningsskyddsfunktion (KAS):

Dämningsskyddets uppgift är primärt att detektera att vattennivån passerat sin översta (eller lägsta) gräns (ofta lika med dämningssgräns) samt att styra

ut tillgängliga utskov på ett sådant sätt att vattennivån hamnar inom förutbestämda gränser.

Fjärrkontroll:

Många, för att inte säga de flesta, anläggningar kan fjärrkontrolleras från en driftcentral. Fjärrkontroll kan omfatta manöver av utskov och automatiker, överföring av mätvärden, indikeringar och felsignaler.

3.4.2 Enkät svar

Enkäten påvisar att:

- 70 % av de i enkäten ingående anläggningarna har en eller flera luckor som kan manövreras från en driftcentral (fjärrkontroll).
- 48 % av anläggningarna har en eller flera luckor som påverkas från en vattennivåregleringsautomatik (VNR).
- 62 % av klass 1A, 1B anläggningarna har ett dämningsskydd, 67 % i klass 2 samt 32 % i klass 3.
- 5 % av anläggningarna har vattennivåövervakningsautomatik (VÖA).

En mer detaljerad sammanställning av enkät svaren finns i tabell nedan:

Konsekvensklass	Dämningsskyddsfunktion	Vattennivå-reglerfunktion (ÖVY/VNR)	Vattennivåövervakningsfunktion (VÖA)	Fjärrkontroll
1A (25 anl.)	14	7	1	16
1B (17 anl.)	12	7	0	14
2 (52 anl.)	35	32	4	47
3 (46 anl.)	15	23	2	19

Tabell – Övergripande systemuppbyggnad för funktioner som påverkar utskovsluckor

3.4.3 Analys

Andelen anläggningar i klass 1A och 1B som är försedda med dämningsskydd är 62 % vilket är lågt med beaktande av anläggningarnas konsekvensklass. Även om ett antal anläggningar är typ årsmagasin med mycket långa stighatigheter så borde andelen vara högre. För klass 2 anläggningar är andelen 67 %. Riktlinje i Ridas anger att dämningsskyddsfunktion skall finnas för konsekvensklass 1 och 2, såvida inte särskilda skäl att avstå föreligger.

Det låga talet avseende anläggningar med utskov som påverkas av någon form av vattennivåregleringsautomatik är också överraskande. Till viss del kan detta också förklaras av att ett antal anläggningar typ årsmagasin ingår i enkät svaren men även här upplevs talet anmärkningsvärt lågt.

Det förhållandevis låga talet för anläggningar med fjärrkontrollerade luckor tyder på att det fortfarande finns ett anmärkningsvärt stort antal anläggningar där manöver av utskov är beroende av att personal kan ta sig till anläggningen. En del av dessa anläggningar är säkert typ årsmagasin med

mycket långsamma stighastigheter men trots allt är talet anmärkningsvärt lågt.

3.5 Utskovsluckors kraftförsörjning

3.5.1 Allmänt

I enkäten 1995 finns inte en tydlig bild kring vanligast förekommande lösningar för kraftförsörjning till utskov. Men en subjektiv (men ganska trovärdig) uppfattning är att vanligast förekommande lösning för kraftförsörjning vid bortfall av ordinarie system var likströmssystem i första hand och motorgeneratoraggregat i andra hand (stationsdiesel).

3.5.2 Enkät svar

Den nu genomförda enkäten ger nedanstående svar:

- 37 % av de ingående luckorna har ingen säkerställning av kraftförsörjningen vid ett bortfall av matning från anläggningens ordinarie lokalkraftsystem (ex. pga. yttre nätbortfall).
- 42 % har säkerställning via ett motorgeneratoraggregat. Av dessa är 67 % på stationsnivå, dvs. motorgeneratoraggregatet används både för att försörja allmänna-, aggregat- och utskovsfunktioner. 33 % av luckorna har sin säkerställning av hjälpkraft via ett för utskovsluckorna unikt motorgeneratoraggregat.
- 9 % har säkerställning via likströmsbatterier och likströmsmotor
- 2 % har säkerställning via UMD (UMD = växelströmsdrift m h a frekvensomriktare med batteri back-up)

En mer detaljerad sammanställning av enkät svaren finns i tabell nedan:

Konsekvens-klass	Kraftförsörjning via för utskoven separat motor-generatoraggregat Anm 1	Kraftförsörjning via för anläggningen (dvs mer än för utskov) gemensamt motorgeneratoraggregat Anm 1	Likströmsdrift via stations-batteri	UMD-Drift (frekvens omriktare)	Endast ordinarie växelströms-system utan säkerställning ex via motor-generatoraggregat
1A (25 anl.)	3	11	9	4	11
1B (17 anl.)	5	9	5	1	1
2 (52 anl.)	14	25	25	2	13
3 (46 anl.)	6	10	0	1	29

Anm 1: Ordinarie matning från stationens växelströmssystem

Tabell – Övergripande systemuppbyggnad utskovsluckors kraftförsörjning

3.5.3 Analys

Andelen luckor som är beroende av att personal åker till anläggningen för att möjliggöra att manöver av lucka (-or) kan ske är anmärkningsvärd hög då detta innebär att en manöver av en stor andel luckor är beroende av personella insatser och tillgång till utrustning (ex. mobila motorgeneratoraggregat). Avskurna tillfartsvägar, svårighet att hitta avsedd utrustning samt brist på personella resurser (och transportmedel) är ex. på risker som kan förhindra personal att nå fram i tid till en anläggning (Stormen Gudrun är ett exempel på händelse då möjlighet att nå vissa anläggningar inte fanns).

Merparten, 67 %, av de motorgeneratoraggregat som används för säkerställning av hjälpkraft för manöver av utskovsluckor används som stationsaggregat vilket normalt medför många laster, utbrett system samt ibland att motorgeneratoraggregatet är placerat i samma brandcell som kraftstationen. Generellt har ett motorgeneratoraggregat relativt hög felfrekvens, ca 1 på 40 behov, vilket ytterligare kan försämrats om många funktioner matas från aggregatet och om systemutbredningen är stor. Ex. på risker vid många laster anslutna och stor systemutbredning är att selektiviteten för utlösning av objekt kan påverkas negativt och att hela motorgeneratoraggregatet kan falla ifrån av detta skäl.

Enkätsvaren påvisar att lösningar med reservkraft från växelströmssystem (42 %) ökar relativt säkerställning via likströmssystem (9 %). Andelen UMD-system är lägre än förväntat men uppfattningen är att denna lösning idag diskuteras/värderas inom kraftföretagen.

Nackdelen med denna lösning är att det idag endast finns en leverantör i Sverige samt att driftserfarenheten är mycket begränsad. Fördelarna är att man kan utnyttja kortslutna växelströmsmotorer som är erkänt driftsäkrare än motsvarande likströmsmotorer samt att man kan ha en av ingångarna till UMD:n växelströmsmatad från ett nät som är säkrat av ett motorgeneratoraggregat och den andra ingången likströmsmatad från UMD:ns tillhörande kraftbatteri. Denna lösning möjliggör två alternativa vägar för reservkraft samt att uthålligheten ökar så länge som motorgeneratoraggregatet är tillgängligt.

Det skall också påpekas att UMD lösning normalt är objektsbunden (en per lucka) vilket innebär att endast ett objekt kan slås ut vid fel i UMD systemet. Vid användning av motorgeneratoraggregat samt vid likströmssystem finns oftast flera objekt anslutna på samma kraftkälla. UMD kan också i många fall placeras i befintligt spelhus varvid kraftkällan är mycket nära det objekt den skall kraftförsörja.

3.6 Utskovsluckors reservdrift

3.6.1 Allmänt

Ett reservdriftsystem är ett system för att manövrera en lucka oberoende av en anläggnings stationära elektriska hjälpkraft.

3.6.2 Enkät svar

Enkätens fråga avseende reservdrift har besvarats för 563 av de 666 luckor som ingår i enkäten. 77 % av dessa luckor är försedda med någon form av reservdriftsystem. För klass 1A och 1B har 90 % av luckorna möjlighet till manöver via ett reservdriftsystem. För klass 2 är motsvarande siffra 79 %.

3.6.3 Analys

Enkätsvaren visar på att merparten av klass 1 och 2 luckorna kan vara möjliga att manövrera oberoende av anläggningens stationära hjälpkraftsystem. Detta förutsätter att man kan nå anläggningen med personella resurser. Då det i enkäten ingår anläggningar typ årsmagasin bedöms andelen luckor möjliga att öppna via ett reservdriftsystem vara tillfredställande.

I kommentarer till enkätsvaren kan konstateras att reservdriftsystemet ibland utgörs av ett mobilt motorgeneratoraggregat vilket ansluts till befintlig luckmotor. Egentligen skall ett reservdriftsystem även klara av ett fel på den elektriska motorn varför detta inte är en bra lösning. En lämplig lösning kan exempelvis vara att man ansluter till en speciell reservdriftmotor eller använder någon annan lösning som gör att reservdrift blir möjlig även vid fel på huvudmotorn. Ett annat exempel på lösning finns i kommentarerna till enkätsvaren där det finns beskrivet en lösning för en linspelslucka där varje luckspel är försett med en lintrumma i vilken motvikter är upphängda.

3.7 Gränslägen

3.7.1 Allmänt

Traditionellt har mekaniska gränslägen använts för indikering av fullt öppen och stängd lucka. Under de senaste 10-15 åren har användningen av induktiva gränslägen ökat. Även anläggningar med kapacitiva givare förekommer. Skillnaden mellan givartyperna är främst att induktiva givare enbart mäter mot metall föremål medan kapacitiva även mäter mot andra material.

3.7.2 Enkät svar

Svarsfrekvensen angående gränslägesfunktionen är 335 luckor av 666 möjliga.

En mycket hög andel, 79 %, av utskovsluckorna utnyttjar fortfarande mekaniska gränslägen för sin öppna och stänga funktion. Andelen induktiva gränslägen är 20 % och kapacitiva 1 %. 53 % av gränslägena påverkas av själva luckan (och ej av spelmaskineriet). Dubblerad (redundans öppna och/eller stänga) finns för 8% av luckorna.

3.7.3 Analys

Det är något överraskande att andelen mekaniska gränslägen är så hög med koppling till att en hel del reinvesteringsprojekt genomförts i dammar sedan undersökningen 1995. Än mer överraskande är detta faktum då induktiva givare i princip är standard inom industrin och då denna typ av givare är lättare att installera och ställa in. Vid intervjuer i samband med besiktningar/FDU:er har inga signifikanta problem med induktiva givare kommit fram så detta bedöms ej vara ett skäl till att andelen inte är högre. Troligtvis handlar det mer om att välja samma typ av komponenter som historiskt varit aktuella.

3.8 Lucklägesmätning

3.8.1 Allmänt

Det finns ett flertal olika typer av givare som används för mätning av luckläge. Enligt Ridas så skall mätning ske på själva luckan och ej på spelmaskineriet. Utgångssignalen från en givare bör vara sådan att möjlighet till övervakning av givar funktionaliteten finns (ex. 4-20 mA).

3.8.2 Enkät svar

Av de 666 luckor som ingår i enkäten har svar ang. lucklägesmätfunktionen lämnats för 288 luckor (inget svar för 235 luckor och saknar lucklägesmätning för 143 luckor).

Vanligast förekommande givartyper är:

- Vinkelgivare, 50 %
- Resistansgivare 20 %
- Pulsgivare 5 %
- Vattenpassgivare 2 %
- Annan typ 23 %

Övriga svar ang. lucklägesmätfunktionen:

- Påverkas direkt från själva luckan 48 %
- Utsignal 4-20 mA 52 %

3.8.3 Analys

Enkätsvaren motsvarar det som kunde förväntas nämligen att olika lösningar med vinkelgivare och resistansgivare är vanligast förekommande. Under annan typ av givare har exempelvis angivits ett antal TGDC (resistansgivare), BCD kodad givare, varvtalsgivare.

I enkätsvaren finns flera kommentarer om att fast skala visande luckläget saknas. Det är mycket viktigt att det finns en fast skala att jämföra lucklägesgivarens värde mot.

3.9 Vattennivåmätning

3.9.1 Allmänt

Vattennivåmätfunktionen är en av de allra viktigaste funktionerna i en dammanläggning. Tillgång till ett tillförlitligt mätvärde på vattenytan är fundamentalt för att upprätthålla en hög dammsäkerhet.

Grunden för att åstadkomma en tillförlitlig vattennivåmätning handlar om utformning av själva mätpunkten ("pegelbrunn"), val av mätprincip (givare) samt redundans, fysikalisk åtskillnad samt diversifiering (undvika common cause failures, ex. genom val av olika givartyper/fabrikat) samt övervakning. Då mätutrustningen relativt ofta är belägen i en miljö som kan medföra risk för åsköverspänningar kan det finnas behov av att införa skydd mot detta.

3.9.2 Enkätsvar

Av enkätsvaren framgår att själva mätpunkten i 70 % av anläggningarna utgörs av ett metall- (plast) rör som är fäst någonstans på dammen. 30 % av mätpunkterna består av ett betongrör som man grävt ner i marken och sedan har försett med ett rör som mynnar ut i dammen. 60 % av mätpunkterna har någon form av uppvärmningsanordning som syftar till att förhindra isproblem.

De mest frekventa givartyperna är:

- Tryckgivare 58 %
- Vinkelgivare 19 %
- Resistansgivare 12 %
- Bubbelpegel 1 %
- Annan typ 10 %

Överspänningsskydd finns installerat för 40 % av givarna och 60 % har en utgångssignal (4-20 mA) som möjliggör övervakning av givaren.

Redundant vattennivåmätning där mätvärdena också jämförs mot varandra (jämförande mätvärdesövervakning) finns i 10 % av anläggningarna.

3.9.3 Analys

Med hjälp av enkätsvaren kan konstateras att övervägande delen, ca 60 %, av vald mätprincip baseras på tryckgivare som företrädesvis placerats i ett metallrör fäst på dammen. Ca 30 % baseras på vinkelgivare/resistansgivare med flottör vilka troligtvis placerats i den äldre typen av pegelbrunnslösning typ betongrör i dammkropp. Denna äldre typ av pegelbrunn har normalt ett förbindelserör ut till dammen och detta förbindelserör är oftast en svag länk då det finns risk för igensättningar. Lösningar med metallrör placerat på

dammkroppen har normalt inget tillloppsror varför risk för igensättning inte finns på samma sätt som vid den äldre varianten av pegelbrunnlösning. Den äldre typen av pegelbrunn kräver alltid någon form av uppvärmning för att isbildning ej skall påverka funktionen. Lösningar med metall/plaströr och tryckgivare kan klara sig utan uppvärmning.

Då merparten av de givare som används idag innehåller elektronik är det ej tillfredställande att 60 % saknar överspänningsskydd. Att ca 40 % inte har en utgångssignal som går att övervaka är inte heller tillfredställande. Vattennivåmätfunktionen är synnerligen viktig för dammsäkerheten!

Antalet klass 1A och 1B anläggningar ingående i undersökningen är 42 st vilket är 27 % av inrapporterade anläggningar. Enkäten har efterfrågat svar ang. jämförande övervakning av vattennivåmätvärden i de fall anläggningen har redundant vattennivåmätning, vilket normalt är klass 1A och 1B anläggningar. Svaret på denna fråga är att ca 10 % har denna form av övervakning. Att man i så få anläggningar tagit till vara denna möjlighet att utvärdera mätvärden mot varandra är anmärkningsvärt.

3.10 Uppvärmning/isfrihållning

3.10.1 Allmänt

Uppvärmning av utskovsluckor sker normalt sett med någon typ av bladvärme och/eller falsvärmesystem. Framför luckan kan finnas ett isfrihållningssystem som tillser att det finns en vak som möjliggör manöver och förhindrar skadligt istryck mot luckan.

3.10.2 Enkät svar

Av de 158 anläggningar som ingår i enkäten har 76 % någon lucka som är försedd med bladvärme, 87 % har falsvärme. 50 % av alla luckor som ingår i enkäten saknar blad och/eller falsvärme.

Isfrihållningssystem finns för 30 % av luckorna. Vanligast förekommande isfrihållningssystem är luftutsläpp i vattnet följt av pumpning av bottenvatten. Infravärme finns relativt ofta i kombination med ovanstående.

3.10.3 Analys

Det är svårt att göra några entydiga slutsatser från enkät svaren men att ca 50 % av alla luckor ej har någon form av uppvärmning upplevs anmärkningsvärt lågt. En tumregel brukar vara att man momentant har dubbla utbyggnadsvattenföringen tillgänglig vintertid och då fördelat på minst två luckor och att minst motsvarande maximal avbördningskapacitet kan göras tillgänglig inom ca 1 dygn.

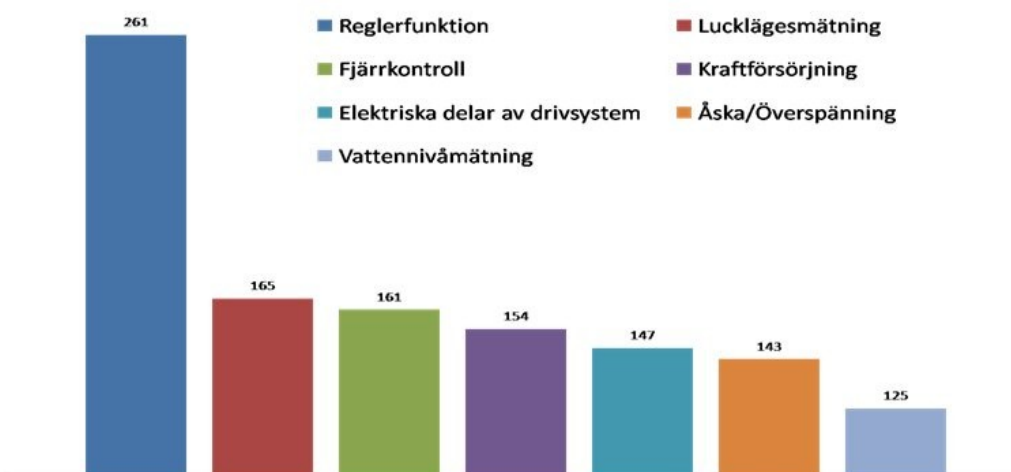
3.11 Via enkäten inrapporterade fel per typ av utskov

3.11.1 Allmänt

Frågeformuläret i enkäten har innefattat insamling av felfrekvenser uppdelat på förutbestämda feltyper, se bilaga 1. Med fel avses svårigheter eller hinder för luckans öppnings-/stängningsfunktion så att risk skulle kunna föreligga att avbördning inte sker som avsett. Möjlighet har också funnits att lämna kompletterande kommentarer.

3.11.2 Enkät svar

De mest frekventa feltyperna är:



Antal fel per feltyp (antal rapporterade fel för de senast 10 åren)

Utdrag ur lämnade kommentarer till inrapporterade händelser:

- Fel i spelmaskineri: Betongbit från byggnation i spelhus hade letat sig ned mellan kugghjul och kuggstång. Kuggstång och rullarna i lagerbocken kröktes.
- Problem med lucktätningar: Läckage på sidotätningar
- Bristande underhåll: Slitage pinnkuggar på växelströmsluckan som varit inkopplad till ytregring och fått jobba väldigt mycket.
- Fastkilning: Pga. stora betongskador i skibord har drivgods kilats fast och blockerat luckrörelser.
- Fastkilning: Betongskador har orsakat fastkilning ett flertal gånger, är åtgärdat idag.
- Fel i reglerfunktion samt fel i vattennivåmätning: Flertalet systemfel i nyinstallerad PLC även hårdvarufel på "ny" installerad utrustning. Under 3-4 år större problem, idag fungerar det normalt och fel är sällsynta.

- Fel i reglerfunktion: Fel i VNR utrustningen har orsakat ett stort antal fel i reglerfunktionen.
- Fastfrysning av lucka: Vajrarna för lucka 3 slets av vid manövrering av fastfusen lucka. Detta pga. Utlöst dvärgbrytare, signal saknas. Trafo för falsvärme har varit felkopplad vilket medfört för låg temp/meter fals. Utskovsluckan stängd men lucklägesgivaren visade öppet läge.
- Fel i kraftförsörjning - diesel: I samband med högflödesperiod (600Q) löste en ljusbågsvakt obefogat ut den favoriserade delen av växelströmsförsörjningen. DC ville då öka spillet (50Q) men DG var blockerad så vi hade varken ordinarie matning eller tillgång till DG-matning. Lyckligtvis löste inte G1 (300Q). Centraler i spelkurar kopplades om så att utskoven kunde kraftförsörjas med ofavoriserad kraft och därmed luckorna manövreras

3.11.3 Analys

Fel i reglerfunktion (VNR/ÖVY-regl och/eller VÖA är den klart mest frekventa feltypen och kan säkerligen förklaras med att nästan enbart datorbaserade utrustningar(PLC:er) används idag och att funktionerna blivit mer avancerade (så optimal drift som möjligt). Troligtvis kan merparten av inrapporterade fel hänföras till utrustningarnas första driftår (badkarskurvan).

Näst högst felfrekvens har lucklägesmätfunktionen och vid intervjuer har framkommit att felen berör både själva lucklägesgivaren (inkl mekaniskt arrangemang) samt mjukvarumässiga fel såsom definition av luckans rörelse i driftdatorsystem. Felfrekvensen är överraskande hög.

Fel i fjärrkontrollfunktion (inkl kommunikationslänk) har också hög felfrekvens och exempel på problem som nämnts är luckmanövrar som inte fungerar pga. att processutrustning och driftdatorsystem inte har trimmats in tillräckligt för att fungera ihop. Ex. kan definition/linearisering av luckans verkliga rörelse vara felaktig.

Fel i kraftsystem omfattar växelströms – och likströmssystem samt diesel (motorgeneratoraggregat). Genom intervjuer och erfarenheter från FDU:er/besiktningar kan konstateras att omkopplingsautomatiker som felfungerar samt dieselaggregat som ej startar är frekvent rapporterade fel.

3.12 Rapportervärda erfarenheter och förslag till förbättringsprojekt

3.12.1 Allmänt

Det har varit mycket svårt att få in svar avseende rapportervärda erfarenheter och förbättringsförslag. Troligtvis beror detta på att man generellt sett inte har haft tid att besvara denna fråga samt att systematisk dokumentation saknas. Trots allt har ett antal svar lämnats in och dessa finns redovisade nedan.

3.12.2 Enkät svar rapportervärda erfarenheter

- Svårt med reservdelar till äldre spelmaskinerier
- Växelhus som fryser
- Svårhanterliga läckage från sektorluckor, svårinspekterat, mekanik mycket hållbar.
- Vek synkaxel på segmentlucka medför nedhäng och utlösta överlastskydd vid körning
- För låg luckhastighet map behov vid ev. lastfråns slag (drivvattenförling).
- Vibrationer efter ombyggnad av Vagglucka
- Högt undertryck i spelhus vid tappning genom bottenutskov. Manöverutrustning som ska nås av personal bör ej vara placerad i utrymme som utsätts för undertryck.
- Hydraulslangar till lyftcylinder klipptes av vid stor lucköppning
- Hjullockor och lyfttravers känsliga för påfrysning av is
- Anläggning saknar tillförlitliga vinterutskov
- Svårserverade smörjställen för sektorluckan.
- Gemensam kabelkanal från stationsbyggnad till utskov (kraftmatning). Ex. kabelbrand kan medföra att ingen av luckorna går att manövrera då det endast finns handvev på luckor.
- Stora problem med avbördning pga avsaknad av utskovsautomatik samt lång inställetid.
- Kuggstänger saknar dämpfjädrar, har orsakat krökta kuggstänger, svårsmorda utskov.
- Flyttorv kan ställa till problem
- Dålig kapacitet på batterier för nödöppning
- Svåråtkomliga smörjställen
- VNR funktion borta efter stöld av utrustning
- Mätområde för vattennivåmätning för begränsat
- Avsaknad av säkerhetsbrytare för luckmotorer

3.12.3 Enkät svar förslag till förbättringsprojekt

De förslag till förbättringsprojekt som lämnats i enkäten är:

- Uppvärmning av växelhus (drivsystem)
- Bättre åtkomlighet för smörjningssystem.
- Stabilare synkaxel.
- Riktlinjer för hur dämningsskyddsfunktion skall utformas.
- Lagersmörjningsfunktionen allmät

4 KRAFTINDUSTRINS FELRAPPORTERINGSSYSTEM

4.1 Allmänt

Kraftindustrins felrapporteringssystem har varit i drift sedan år 2000. Första inrapporterade händelsen lämnades 2000-05-20 och fram till mars 2009 har totalt 204 händelser inrapporterats. Fjorton företag har inrapporterat till systemet och de fem största vattenkraftägarna har inrapporterat 189 händelser, fördelat enligt nedan:

- Företag A 118 st
- Företag B 28 st
- Företag C 24 st
- Företag D 12 st
- Företag E 7 st

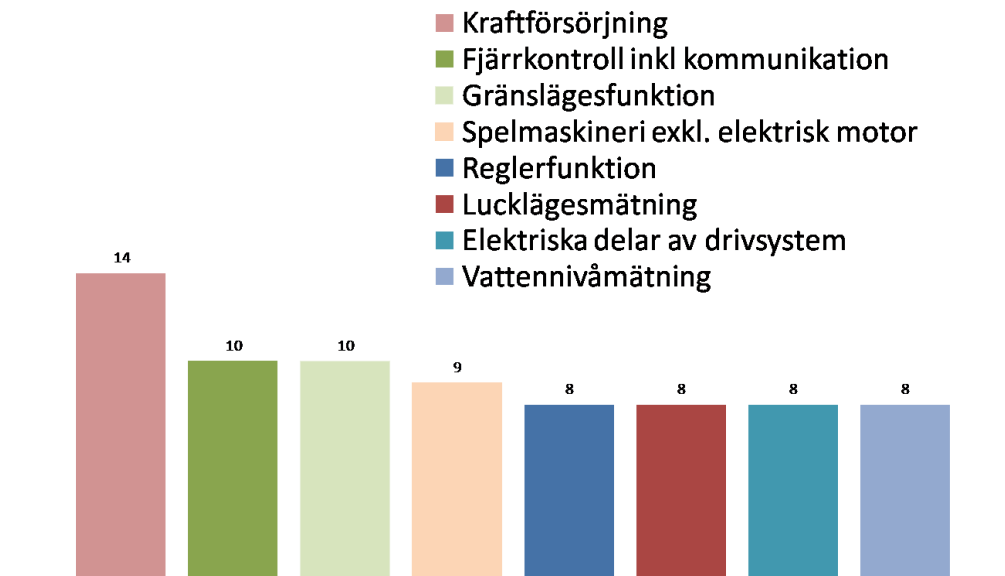
Inom område el och mekanik finns 109 st händelser inrapporterade

4.2 Översikt Inrapporterade omständigheter

Av de inrapporterade händelserna (el och mekanik) är:

- 45 st betecknade som avvikelse
- 26 st som BK3
- 21 st som incident
- 15 st som BK4
- 1 st som BK5

De mest signifikanta felen berör nedanstående områden:



Antal fel per feltyp

Exempel på händelser (utdrag ur rapporteringssystemet):

- Spelets lagerskador beror på ett ålderstiget spel som utsatts för omfattande reglering ej lämplig för kuggstångsspel.
- Islasten har tillåtits påverka den s.k. kallluckan med krafter som luckan ej dimensionerats för.
- Felsökte och fann fel på övre toppgränsläget
- Felet lokaliserat till en kuggspärrsbrytare höger sida där det var glappkontakt i manöverkretsen för luckkörning
- Försvagad vajer kan gå av vid öppning av lucka
- Troligen fel på bromsarna
- Vid provkörning kunde konstateras att den påmonterade isoleringen på vänster sida fastnade i infästningen för lyfttuben
- Lyftanordning - Kopplingar passade ej vid funktionsprovningen
- Slaka linor och endast två linvarv kvar på lintrummorna
- Automatiskåpet för värmekablaget i luckan har brunnit och vissa delar är utbytta medan andra är korrosionsskadade av brandröken.
- Lucklägesgivare som felfungerar
- Brist i teknik i meningen att fel i datorsystemet på DC orsakar påtagliga risker för dammsäkerheten
- Vatten har trängt in i gränslägena och orsakat jordfel

- Orsak till haveri kan eventuellt vara för fuktig miljö i elskåp.
- Vid omflyttning av körningar mellan DC på två olika orter förväxlades givare.

4.3 Analys

Av de 109 inrapporterade händelserna har nästan hälften (45 st.) upptäckts i samband med "förebyggande aktiviteter", enligt nedan:

- Funktionsprov: 15 st.
- Inspektion: 13 st.
- Besiktning (inkl FDU): 11 st.
- Underhåll: 6 st.

Denna statistik utgör ett bra bevis på att aktiviteter enligt ovan är en viktig del av säkerhetsarbetet.

För övrigt framgår att fel uppmärksammades i samband med:

- Larm: 19 st.
- Normal drift: 24 st.
- Störd/skärpt drift: 1 st.

Om man jämför med den enkät ang. felfrekvenser som ingått i denna rapports enkät, se pkt. 3.12 ovan, så är fel i teknikområden som reglerfunktion, lucklägesmätning, fjärrkontroll, kraftförsörjning, elektriska delar av drivsystem samt vattennivåmätning högt representerade. Områden som gränslägesfunktion och spelmaskineri exkl. elektrisk motor tillhör de mest frekventa feltyperna i kraftindustrins inrapportering men hamnar inte bland de mest frekventa vid sammanställning av enkätens felfrekvenser.

5 REKOMMENDATIONER FÖR ÖKAD AVBÖRDNINGSSÄKERHET

5.1 Allmänt

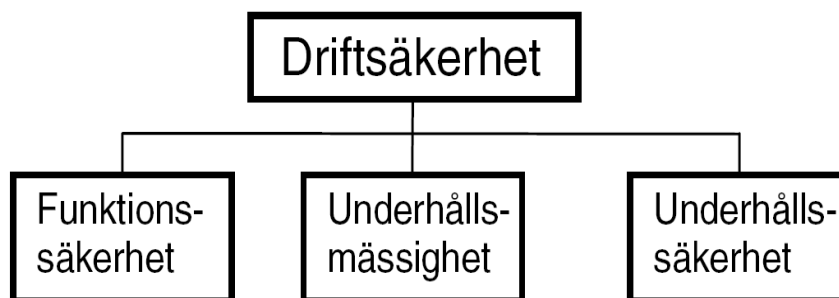
För att uppnå hög avbördningssäkerhet krävs att man betraktar avbördningssystemet ur ett helhetsperspektiv. Begreppet tillförlitlighet är ett lämpligt begrepp i detta sammanhang. Begreppet Tillförlitlighet (SS 441 05 05) är en kvalitativ egenskap hos ett system och är beroende dels av egenskaper hos det tekniska systemet, dels av egenskaper hos underhållssystemet, se bild nedan.

Funktionssäkerhet är en kvalitativ egenskap hos det tekniska systemet. Den bestämmer risken för, och fördelningen i tiden av, fel och störningar och är huvudsakligen en konstruktiv egenskap.

Underhållsmässighet är en kvalitativ egenskap hos det tekniska systemet och uttrycker dess förmåga att anpassa sig till underhållssystemet.

Underhållssäkerhet är en kvalitativ egenskap hos underhållsorganisationen, att under givna betingelser tillhandahålla de resurser som erfordras för korrekt underhåll av det tekniska systemet.

TILLFÖRLITLIGHET



Tillförlitlighet enligt SS441 05 05

Sammanfattningsvis är det av allra största betydelse att man har ovanstående som grund när man jobbar med att förbättra säkerheten. Genom detta tänk möjliggörs också att "lägga pengarna" på rätt saker.

Baserat på enkätsvar, intervjuer samt egna erfarenheter kan de viktigaste förbättringsområdena sammanfattas enligt nedan:

- Allmän systemuppbyggnad med fokus på felsäkerhet (redundans, fysikalisk åtskillnad samt diversifiering)

- Standardiserad och väl beprövad material
- Vattennivåmätning
- Lucklägesmätning
- Dämningsskydd (KAS)
- Kraftförsörjning
- Processövervakning
- Mekaniska system
- Erfarenhetsåterföring

Ovanstående finns, tillsammans med några ytterligare förbättringsområden, behandlat under nedanstående rubriker.

5.2 Systemuppbyggnad

Bas för systemuppbyggnad är kravet på felsäkerhet, dvs. toleransen mot fel. Finns mycket höga krav på felsäkerhet, som exempelvis för en klass 1 A anläggning med snabba stighastigheter, kan kravet vara att ett godtyckligt fel (enkelfel) som inträffar varhelst i funktionskedjan inte får förhindra avbördningssystemets funktion. Det är inte ovanligt att man finner problem med att klara enkelfelskriteriet när man analyserar funktionskedjor i befintliga anläggningar.

Enkelfelsprincipen baseras på att sannolikheten för att ett fel skall inträffa är relativt hög jämfört med sannolikheten att två eller flera fel uppträder samtidigt. För att uppfylla enkelfelskriteriet krävs ofta redundans (förekomst av fler än en enhet som kan upprätthålla krävd funktion), diversifiering (lösning av funktionskrav med olika metoder eller teknologier i avsikt att undvika beroenden) samt fysikalisk åtskillnad (för att förhindra att en händelse inte genererar två eller flera fel). Det är viktigt att betrakta redundans, fysikalisk åtskillnad och diversifiering ur ett helhetsperspektiv med hänsyn till det totala systemets tillförlitlighet. Ex. kan diversifiering försvåra drift, underhåll och kontroll/inspektion eller resultera i att mindre tillförlitliga komponenter/system introduceras.

Principen är relativt enkel att tillämpa på elsystem/elektronik och på vissa av de mekaniska delarna, men på andra delar såsom de byggnadstekniska kan det vara svårt eller opraktiskt. Elektriska/elektroniska system i första hand, och vissa delar av de mekaniska i andra hand, kan vara föremål för plötsligt uppträdande fel som inte enkelt kan förhindras genom övervakning och förebyggande underhåll. Strukturella delar (byggnadstekniska) och delar av de mekaniska systemen kan generellt sätt förväntas ha felmoder som innefattar gradvis tilltagande försämring/nedbrytning vilken är möjlig att kontrollera/identifiera genom övervakning och förebyggande underhåll. Med anledning av detta är enkelfelskriteriet mindre vanligt för sådana delar jämfört med elektriska/elektroniska delar. Men eftersom strukturella delar (byggnadsteknik) samt vissa delar av de mekaniska systemen kan bli mycket kritiska när de väl felar eller inte är tillgängliga måste detta hanteras genom en väl förberedd drift- och avställningsplanering samt reserv- och nödalternativ om en beredskapssituation skulle uppstå.

Övervakningsfunktioner är mycket viktiga då dessa kan upptäcka fel och larma innan ett fel leder till en konsekvens för dammen. Därigenom finns möjlighet att åtgärda felet innan det leder till en konsekvens.

Fel i själva luckan (mekaniken) går sällan att behandla ur ett enkelfelskriterieperspektiv då installation av ett redundant utskov oftast inte är möjligt av ekonomiska och praktiska perspektiv. Med anledning av detta finns det oftast inte full redundans vad gäller själva luckan. Därför måste en noggrann analys av i själva luckan ingående delar och system samt vid behov att extra åtgärder vidtas avseende val av utrustning/komponenter, kontroll/tillsyn samt ökad frekvens på underhåll där full redundans ej kan åstadkommas. Normalt är det i de mekaniska systemen som full redundans ej går att erhålla i utskov/drivsystem.

En väl fungerande erfarenhetsåterföring måste finnas – där resultaten från löpande underhåll, funktionsprovning, inspektioner, besiktningar och FDU:er samlas, analyseras och följs upp. Angreppssättet innebär även ett behov av att snabbt bli av med tekniska lösningar som inte fungerar och på ett strukturerat sätt överföra erfarenheterna till leverantörsmarknaden (kommunikation).

I begreppet felsäkerhet ingår också att avbördningssystemet skall vara felsäkert vilket innebär att det vid interna fel (hela funktionskedjan inkl. exempelvis vattennivåmätning) skall vara konstruerat för att hamna i säkert tillstånd. För avbördningssystem är felsäkert läge både att fungera som vattenbarriär såväl som att förhindra att dammen går till brott pga. fel i avbördningssystemet. Dessa tillstånd är motstående varför båda aspekterna skall vara väsentliga konstruktionsförutsättningar, dock skall säker avbördning för att förhindra dammbrott ha prioritet 1.

5.3 Standardiserad och väl beprövat material

Många av de fel som inträffar kopplar till valet av komponent/material. Mycket sällan ställs specifika krav och mycket sällan utförs kvalificering av komponenter/material. Då det handlar om säkerhetssystem är detta ytterst anmärkningsvärt. I enkätsvar och mha intervjuer kan konstateras att mycket av problemen med vattennivå- och luckläges mätfunktion kopplar till valet av komponent. Dessa problem kopplar sedan vidare till exempelvis reglerfunktioner och fjärrkontroll (manöver och indikering).

Med anledning av ovanstående bör väl beprövat material/komponenter/system användas före nyutvecklade utan driftserfarenhet. Utrustning som används skall normalt vara väl beprövad och tidigare använd i liknande tillämpningar och miljöer och i dessa ha fungerat utan tillförlitlighetsproblem. Användning av en obeprövad konstruktion skall undvikas om den inte är mycket väl utvärderad och testad innan den tas i drift. I funktionskedja som för sin funktion är beroende av enskild komponent/system skall, denna ägnas speciell omsorg med koppling till konstruktion, kvalitetssäkring och funktionsövervakning.

5.4 Vattennivåmätning

Tillgång till ett tillförlitligt vattennivåmätvärde är en förutsättning för att uppnå hög dammsäkerhet. Den idag mest använda lösningen är att montera ett metallrör någonstans på dammen och i detta installera en tryckgivare. Ridas kräver redundans i vattennivåmätning om inte särskilda skäl föreligger (exempel på särskilda skäl kan vara att felaktigt vattennivåmätsystem ej i något fall kan orsaka fara för dammen). I verkligheten har många anläggningar idag inte redundans i vattennivåmätfunktionen och oftast är det då klass 1 anläggningar med snabba stigtider som har redundans och då oftast i perspektivet att dämningsskyddet triggas av signal från en egen vattennivåmätutrustning och övriga funktioner ligger på en annan vattennivåmätutrustning.

Problemområden kopplade till dagens lösningar är framförallt hänförliga till redundans, diversifiering och fysikalisk åtskillnad, dvs. felsäkerhet. I en del anläggningar har man haft som avsikt att skapa redundans i vattennivåmätningen men ganska ofta finner man en gemensam punkt som kan slå ut båda mätningarna, ex. gemensam kabelväg, gemensam hjälpkraftmatning eller avsaknad av redundans i kommunikationsvägen till driftcentralen. Som framgår av enkätsvaren så är det också ovanligt att man jämför värden från olika mätpunkter för att kunna få larm om det är avvikelser mellan dessa, ex. p.g.a. felaktig givare, frysning i brunn. Det har inträffat fall där en sådan jämförande mätning skulle kunnat förhindra en konsekvens av ett fel.

I konsekvensklass 1 anläggningar med snabba stigtider kan det vara mycket viktigt att det finns ett rättvisande vattennivåmätvärdevärde för processutrustningen, speciellt så att dämningsskyddet har ett rättvisande värde för sin funktion, och då räcker det inte med två mätpunkter utan tre måste finnas för att med rimlighet kunna bilda ett mätvärde som är trovärdigt. Med anledning av detta kan denna lösning med redundant vattennivåmätning bestående av tre brunnar och tre givare vara aktuell. Denna lösning kan också rent allmänt komma ifråga då man så långt rimligt vill säkra tillgången till ett rättvisande vattennivåmätvärde. Sedan något år tillbaka finns en standard för funktionssäkerhet i elektriska/elektroniska programmerbara säkerhetssystem, IEC 61508/61511, som är synnerligen användbar som bas för utformning av vattennivåmätfunktion och också allmänt med tanke på alla säkerhetsfunktioner i ett avbördningssystem.

Under pkt. 5.3 ovan har nämnts vikten av att använda standardiserade lösningar och beprövad utrustning/material och vattennivåmätfunktionen är definitivt en funktion där det är viktigt att tillämpa denna princip. Speciellt valet av själva komponenten vattennivågivare har visat sig känsligt. En stor andel fel har rapporterats med koppling till givare som inte är stabila (driver), känsliga för överspänningar trots att skydd monterats samt i övrigt också dålig kvalitet. Med anledning av detta är det viktigt att kvalificera vattennivågivare och använda standardiserade och väl beprövade lösningar.

I enkäten finns inrapporterat fall där vattennivåmätning inte haft rätt mätområde. Det är mycket viktigt att detta blir rätt så att vattenytans läge kan följas minst upp till ö.k. tätarna. Val av mätområde bör lämpligen göras i samråd med DS och driftcentral.

5.5 Lucklägesmätning

Lucklägesmätfunktionen tillhör de mest frekventa felområdena både i enkätens felrapportering och i Kraftindustrins felrapporteringssystem. Även fel i reglerfunktion tillhör de mest frekventa felen och en delmängd av dessa har också visat sig koppla till lucklägesfunktionen. För att få svar på vilka orsaker som kan ligga bakom felen har några intervjuer genomförts. Det som då lyfts fram som orsaker är felaktig definition av luckors rörelse i datorsystem (ex. kan detta medföra att luckan ej går att öppna fullt), dålig noggrannhet i givare, givare som driver (inte är stabila) samt brister i den mekaniska anslutningen till givaren (som gör att mätningen inte blir kvalitativt bra). I detta sammanhang skall påpekas att man alltid skall eftersträva att mäta själva luckans läge, ej spelmaskineriets.

Åtgärder för att komma tillrätta med de flesta av problemen kring lucklägesfunktionen överensstämmer väl det som nämnts ovan kring standardisering och kvalificering av givare. Dessutom skall vikten av att ha en fast skala för intrimning och kontroll av lucklägesmätfunktionen återigen påpekas. Som redundans vid fel på överfört mätvärde/lucklägesmätning till DC kan kameraövervakning övervägas vilken kan ge en ungefärlig bild av luckors position.

5.6 Dämningsskydd (KAS)

Dämningsskyddsfunktionens systemuppbyggnad och utförande är troligtvis, ihop med systemuppbyggnad för kraftförsörjning, det område där det finns flest synpunkter och mest tyckande. Dessutom kan konstateras att de lösningar som implementerats i anläggningar idag varierar både mellan kraftföretag men även mellan olika vattendrag/anläggningar hos en och samma ägare. Exempel på lösningar:

- Enkel relälogik som öppnar/stänger utskov på initiering från nivåvakter
- Enkel datorbaserad pumpstyrningsautomatik som manövrerar utskov på initiering från en analog nivågivare (tryckgivare)
- "Sofistikerad" datorlösning med PLC:er och analoga nivågivare och där dämningsskyddet är stationsövergripande och påverkar flera utskov

Ovanstående är bara exempel, det finns fler varianter, men slående är att det väldigt ofta saknas tydliga riktlinjer som bas för hur systemet för den aktuella anläggningen skall utformas och vilka systemmässiga krav som skall tillämpas. Då det övervägande är datorbaserade lösningar med styr- och applikationsprogram är detta ännu mer anmärkningsvärt.

Vid systemuppbyggnad av en dämningsskyddsfunktion är framförallt nedanstående punkter viktiga utgående från anläggningens aktuella driftförutsättningar och konsekvensklass:

- Systemstruktur (övergripande struktur) inkl avbördningskapacitet
- Styr/reglerfilosofi (vilka utskov som skall påverkas och hur de skall styras ut)
- Stationsfunktion och/eller objektsfunktion (skall det finnas en överordnad funktion eller skall varje lucka ha sitt dämningsskydd)

- Val av teknik (reläbaserad och/eller datorbaserad)
- Krav på felsäkerhet (redundans/diversifiering/fysikalisk åtskillnad)
- Krav på uthållighet
- Standardisering/kvalificering av material/komponenter

Från "start till mål" vid projektgenomförande rekommenderas att tillämpa den IEC standard som finns avseende säkerhetsrelaterade system som främst är byggda med elektriska och/eller elektroniska och/eller programmerbara elektroniska (E/E/PE) teknologier, nämligen IEC 61508/61511.

5.7 Kraftförsörjning

Som nämnts ovan under rubriken Dämningsskydd så är systemuppbyggnaden för kraftförsörjning till avbördningssystem föremål för mycket diskussion och mycket tyckande. Precis som är fallet för dämningsskyddsfunktionen så finns det många olika principlösningar, både mellan kraftföretag men även inom ett och samma.

Vid systemuppbyggnaden av ett kraftförsörjningssystem är det framförallt nedanstående punkter som måste beaktas (utgående från anläggningens aktuella driftförutsättningarna och konsekvensklass):

- Vilken typ av motorer skall utskoven manövreras med hjälp av. Likströmsmotorer och/eller växelströmsmotorer.
- Vilken belastningsprofil skall kraftförsörjningen kunna hantera. Dvs. storlek och typ (karaktistik) av belastningar, när dessa kommer in i ett tidsperspektiv allmänt och relativt varandra, deras varaktighet, ev. krav på ex. spänningsnoggrannhet, startströmmar
- Kraftförsörjningens uthållighet (dvs. hur länge skall anläggningen kunna upprätthålla driften utan tillgång till hjälpkraft från ordinarie system, inkl driftsekvenser).
- Krav på felsäkerhet (redundans/diversifiering/fysikalisk åtskillnad). Speciellt viktigt är att ett fel i kraftstationen, ex. brand, inte får äventyra kraftförsörjning till avbördningssystemet. Tyvärr förekommer detta beroendesamband i en del fall fortfarande.
- Att samma selektivitetsplan som vid drift via ordinarie system kommer att fungera vid reservdrift.
- Att kraftförsörjningssystemet har så begränsad utbredning som möjligt, dvs. finns så nära utskoven som möjligt.

Valet av systemlösning utgår oftast från vilken motortyp som skall användas. I princip all litteratur om motorer och motordrivsystem slår fast att man ur ett tillförlitlighetsperspektiv (se bild under pkt.5.1 ovan) i första hand skall välja en kortsloten asynkronmotor (växelström) då den är driftsäkrast både ur ett konstruktionsperspektiv (inga borstar/släpringar) och baserat på driftserfarenhet. Men som alltid är ingen kedja starkare än sin svagaste länk och i fallet med växelströmsmotor så är det själva kraftkällan som kan vara en svag länk. I princip finns det för vattenkraft två varianter för kraftförsörjning via växelström, motorgeneratoraggregat eller UMD (UPS

lösning för motorer). Enligt statistik så felfungerar ett motorgeneratoraggregat ungefär 1 på 40 ("failure on demand"). Detta beror framförallt på den komplexitet som finns i samband med start då aggregatet skall bringas till rotation och kopplas in mot de laster som skall försörjas. En stor fördel med motorgeneratoraggregat är uthålligheten då den i princip endast är beroende av förmågan att tillhandahålla drivmedel till motorgeneratoraggregatet.

Ett UMD system bygger på växelströmsmatning till ingången på UMD:n, likströmsbatteri för kraftförsörjning om växelströmmen på ingången bortfaller samt en omriktare för omvandling av likströmmen till växelström. En UMD lösning innehåller mycket kraftelektronik och den har funnit flera användningsområden inom industrin där man vill uppnå en hög driftsäkerhet genom att använda standard växelströmsmotorer. En fördel med UMD lösning är att den normalt är objektsknuten (dvs tillhör ett specifikt utskov) och att den oftast kan placeras i ett befintligt spelhus vilket medför att kraftkällan finns i direkt anslutning till utskovet (och alltså inga långa matningskabelvägar). I fallet motorgeneratoraggregat och traditionell lösning med likströmsbatterier så är dessa normalt gemensamma för flera objekt. Nackdelar är att uthålligheten är begränsad till batterikapaciteten, att batterier med hög kapacitet tar stor plats (lämpligast placering av UMD är ute i spelhuset), att driftserfarenheten är begränsad samt att det idag endast finns en leverantör i Sverige. Likströmsdriftsystem har dels nackdelen med att likströmsmotorer måste användas (lägre driftsäkerhet, mer underhåll, ej lagervara, dyra) och att uthålligheten begränsas av tillgänglig kapacitet i ackumulatorbatteriet. Fördelen är att det är mycket lätt att övervaka tillståndet i likströmssystemet och därigenom är sannolikheten hög för att det skall fungera när batterikapaciteten behöver utnyttjas.

Vilka belastningar som skall kraftförsörjas då ordinarie kraftförsörjning fallit ifrån är ibland föremål för diskussion. Framförallt handlar osäkerheten om luckors uppvärmningssystem. Principiellt kan man resonera som så att det är utlösning av en anläggnings kraftstationsaggregat som kan ske plötsligt och då orsaka behov av snabb avbördning. I ett sådant fall är det rimligt att anta att luckors uppvärmningssystem varit i full drift innan frånslag inträffar och således borde luckorna vara tillgängliga för manöver. Om avbrottet i ordinarie kraftförsörjning skulle bli långvarigt så finns givetvis en risk att luckorna ej kan manövreras och kan behov av manöver då finnas så måste uppvärmningssystemet ha säkerställning av kraftförsörjningen (dvs. ligga på reservkraft skena).

5.8 Processövervakning

Det är synnerligen viktigt att ett avbördningssystem är försett med on-line övervakningsfunktioner som övervakar att systemet är driftmässigt. Om ett fel detekteras så skall operatör uppmärksammas på detta så snart som möjligt. Därigenom finns möjlighet att åtgärda felet innan det kan leda till en konsekvens för dammen. Ex. kan signal om att temperaturen i en lucka blivit låg vintertid initiera larm och vakthavande montör då åka till stationen och konstatera vad som är orsaken (ex. en avsmält säkring) och åtgärda detta så att systemet kommer i drift igen.

Orsaker till att ett system inte är driftmässigt kan även vara strömställare och omkopplare, ex. en säkerhetsbrytare för en motor som ligger i fel läge, därför är det viktigt att sådana funktioner övervakas.

För mätvärdesgivare är det viktigt att dessa är felsäkra så att en "utanför mätområdet signal" erhålles vid fel och att uppdatering av mätvärden slutar och att funktion för detektering av detta finns i DC.

5.9 Mekaniska system

Generellt är det, jämfört med elektriska system, mycket sällsynt att fel uppträder plötsligt i de mekaniska systemen. Detta förutsatt att inspektion, underhåll och tillståndskontroller fungera på ett effektivt sätt. Baserat på enkätsvar, intervjuer och egna erfarenheter är ofta förekommande brister enligt nedan:

Planluckor

- Lucklager (hullager) fastrostade (svåra att underhålla, för långa smörjintervaller).
- På mindre luckor underdimensionerade lyftmaskinerier
- Ofta underdimensionerade för överdämning och islast

Segmentluckor

- Bristande smörjning vid luckarmslagringar (korrosion)
- Korrosion och felinjusterade bultar i luckarmslagringarnas bultförband
- Problem med kuggstängernas infästning i luckbladet. (korrosion och mekaniska skador)
- Vajerinfästning som har sin fästpunkt under vattenlinjen (korrosionsskador på icke rostfria vajrar)
- Vissa lucktyper har underdimensionerade luckblad när det gäller överdämning och islast.
- Invändiga korrosionsskador vid luckans tröskelbalk

Sektorluckor

- Bristande smörjning vid lucklagringar (korrosion)
- Korrosion i fackverkskonstruktioner

Spelmaskinerier

- Äldre enkelverkande servon har dåliga tätningar (medför oljeutsläpp)
- Äldre tryckoljerör och slanganslutningar som inte är kontrollerade (medför oljeutsläpp)
- Skador på kedjorna ofta beroende på korrosion
- Korrosionsskador på manöverbajrarna
- Mekaniska skador på manöverbajrarna
- Snedbelastade pinnkuggar (medför utmattningsskador)

- Spruckna lagerbockar vid mekaniska kuggstångsmanövrerade luckor (dåligt injusterade spelmaskinerier eller kuggstänger)

Övergripande kan tillförlitligheten i de mekaniska systemen förbättras genom att anpassa och effektivisera inspektion (inkl testning), underhåll och tillståndskontroller. Att dessutom vara medveten om att ovanstående punkter beskriver områden med ofta förekommande brister samt i görligast mån vidtaga åtgärder såsom ökad frekvens på inspektioner och förbättrat underhåll (inkl att förbättra möjligheterna att bedriva ett effektivt underhåll såsom smörjning) är åtgärder som kan vidtagas för att förbättra tillförlitligheten i de mekaniska systemen.

5.10 Erfarenhetsåterföring

En förutsättning för att förbättra tillförlitligheten i avbördningssystem är en fungerande erfarenhetsåterföring inom alla delar, från verkligheten i fält och i hela kedjan därefter fram till och med leverantörsmarknaden. Kraftindustrins felrapporteringssystem borde utgöra en bra bas för insamling av den fältrelaterade delen men detta kräver att hela branschen engagerar sig i detta och att man inom sina led skapar de rutiner och förutsättningar som krävs för att varje individ i organisationen som har något rapportervärt också gör detta.

Inte minst att skapa en trygghet och förutsättningar i övrigt för att rapportera in händelser där individen handlat fel är viktigt.

6 Referenser

- [1] Utskovsluckors funktionssäkerhet VASO dammkommitténs rapport nr 7, 1995
- [2] Hydraulic gates and valves, Jack Lewin 2001 (Thomas Telford)
- [14] VAST, Avbördrningssäkerhet vid vattenkraftstationer, 1982
- [15] VAST, Likströmsförsörjning i kraftstationer, 1983
- [16] VAST, PLC-system i transformator- och vattenkraftstationer, 1987
- [17] VAST, Underhållsbok för kraftföretag, 1983
- [18] VAST, Ökad avbördrningsförmåga i befintliga dammar, 1988
- [19] VAST-Vattenfall, Jordning av stationer och ställverk, Juni 1987
- [20] Åskskydd av vattenkraftanläggningar, ELFORSK Rapport 1999

Bilagor:

Bilaga 1. Enkät

Underlag till ett utvecklingsprojekt åt Elforsk om funktionssäkerheten för utskovsluckor

På uppdrag av Elforsk utför EnergoRetea ett utrednings- och utvecklingsprojekt som berör funktionssäkerheten för utskovsluckor. Tillförlitligheten på utskovsluckorna är av stor betydelse för säkerheten på kraftverksdammar. Målet är att med hjälp av insamlat material kunna lämna förslag till åtgärder för ökad tillförlitlighet och säkerhet. Vi hoppas och tror att Ni vill hjälpa oss med att förbättra kunskaperna om utskovsluckorna vilket kan ge underlag till fortsatt utvecklingsarbete av säkerheten.

Data samlas in från kraftverksägare i Sverige, analyseras och sammanställs i en rapport. Frågorna i denna enkät berör vilka typer av fel som uppstår på utskovsluckorna och med vilken frekvens. **Med fel avses i detta projekt svårigheter eller hinder för luckans öppnings-/stängningsfunktion så att risk skulle kunna föreligga att avbördning inte sker som avsett.** Vidare finns ett antal detaljerade sakfrågor om utskovsluckornas uppbyggnad och funktion.

År 1995 utfördes en liknande enkät, VASO dammkommittés rapport nr 7, och det aktuella projektet skall nu följa upp de resultaten och även utveckla frågorna för en tydligare bild.

Uppgifterna som lämnas kommer att presenteras som statistik. Naturligtvis blir det inte möjligt att i rapporten identifiera vilken anläggning uppgifterna kommer ifrån.

För att göra insamlandet och analyserandet smidigare har en digital enkät valts. Även om vi föredrar att enkäten utförs digitalt så finns det även möjlighet att fylla i en pappersvariant (kontakta Martin Hansson). De ifyllda digitala enkäterna (excelfilerna) skickas till: martin.hansson@energoretea.se senast **2008-08-31**.

Vid frågor och funderingar kontakta gärna någon av kontaktpersonerna på EnergoRetea:

Stefan Lagerholm, stefan.lagerholm@energoretea.se, 010-470 63 01 (eltekniska sakfrågor)

Teuvo Piirainen, teuvo.piirainen@energoretea.se, 010-470 63 69 (mekaniktekniska frågor)

Martin Hansson, martin.hansson@energoretea.se, 010-470 63 57 (byggtekniska frågor och angående den digitala enkäten)

Vänligen

Stefan Lagerholm

- Bilagor:
- Instruktioner till digital enkät (i denna filen, [följebrev_enkät_utskovsluckor.pdf](#)).
 - Digital enkät med frågor om funktionssäkerheten för utskovsluckor ([Enkät_utskovsluckor.xls](#)).
 - För äldre versioner av Excel finns en kort beskrivning av makroinställningar ([makroinställningar_Microsoft_Office_XP_2002.pdf](#)).

Bilaga: Instruktioner till digital enkät

Inledning

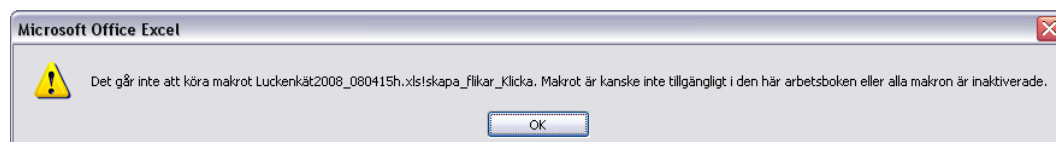
För att underlätta insamlingen och utvärderingen av data har en lösning baserad på Microsoft Excel valts som digital enkät. Enkäten kan också fyllas i för hand på papper men detta ökar vårt arbete att analysera data och vi är därför tacksamma om den digitala enkäten (Excellfiler) fylls i.

Exelfil med blad (flikar) och säkerhetsinställningar

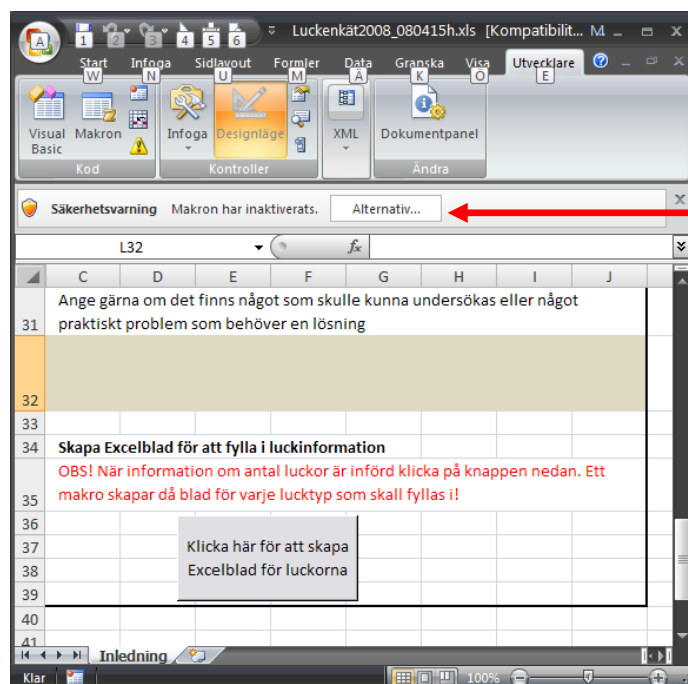
För varje dammanläggning sparas en Excellfil. För att strukturera enkäten delas Excellfilen in i ett antal "Exelblad" (eng sheet), när man skrivit in uppgifter om antalet motoriserade luckor. De olika bladen kommer man åt längst ned i Excel (se Figur 1). **Enkäten kräver att makron tillåts att köras!** Makrot skapar luckspecifika frågor för de olika lucktyperna.

Office 2008 (för tidigare versioner se separat dokument)

Om makron inte tillåts kommer det vanligen upp en varning. Se Figur 1. Tryck OK. För att tillåta Makron måste man efter detta gå in under Alternativ och välja "Aktivera innehållet" för att kunna köra makrot, se Figur 2. Denna inställning gäller då enbart för denna filen.



Figur 1: En varning för att makro inte är aktiverat. Gäller Excel 2008. (För annan excelversion se separat fil)



Säkerhetsvarning. Välj "Alternativ" och aktivera innehållet.

Figur 2: I Excel 2007 kan man tillåta makron genom att välja alternativ efter att varningsmeddelandet i Figur 1 har visats. För tidigare excelversioner se separat anvisning (fil)

Att utföra enkäten

- 1) Öppna en ny enkät. När man dubbelklickar och öppnar enkäten för att påbörja en ny enkät finns det endast ett blad "Inledning". OBS! Öppna alltid en ny mall från e-målet för varje dammanläggning som påbörjas (tag inte "spara som" eller kopiera en ifylld enkät!). Det blir med andra ord en Excelfil per anläggning.
- 2) Färgmarkering kräver svar. De platser i enkäten som kräver svar är färgmarkerade (se Figur 3). I vissa fall är kanske frågeställningen inte tillämpbar. Hoppa i så fall över till nästa fråga.
- 3) Inledande frågor och antal luckor i aktuell dammanläggning. I första bladet "Inledning" (se Figur 1) finns inledande frågor om företag, uppgiftslämnare/ kontaktperson samt e-post adress och telefonnummer till uppgiftslämnaren/ kontaktperson. Konsekvensklassen fylls i genom att klicka på aktuell konsekvensklass i listan. Vidare på samma blad skall antalet motoriserade luckor av varje typ som ingår i underlaget anges. När antalet luckor för den aktuella anläggningen är ifylld, tryck på knappen "Klicka här för att skapa Excelblad för luckorna". När denna knapp trycks in skapas det för varje lucktyp som finns på den aktuella anläggningen ett antal blad för varje lucktyp som skall fyllas i. (Om det inte lyckas och makroskyddet är inaktiverat så kan det bero på att Excel fortfarande väntar på inmatning. Tryck på Enter-knappen eller markera någon annan cell och tryck därefter på knappen).

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following content:

Generella och inledande frågor på aktuell anläggning	
Uppgiftslämnare	
Företag	Martin Hansson
Namn	Energivätsa
E-mail	martin.hansson@energivetsa.se
Telefon	030-470 63 57
Dammanläggningens konsekvensklass (1A-1E, 1F-1G, 1H-1I, 1J-1K, 1L-1M, 1N-1O, 1P-1Q, 1R-1S, 1T-1U, 1V-1W, 1X-1Y, 1Z-1AA, 1AB-1AC, 1AD-1AE, 1AF-1AG, 1AH-1AI, 1AJ-1AK, 1AL-1AM, 1AN-1AO, 1AP-1AQ, 1AR-1AS, 1AT-1AU, 1AV-1AW, 1AX-1AY, 1AZ-1BA, 1BB-1BC, 1BD-1BE, 1BF-1BG, 1BH-1BI, 1BJ-1BK, 1BL-1BM, 1BN-1BO, 1BP-1BQ, 1BR-1BS, 1BT-1BU, 1BV-1BW, 1BX-1BY, 1BZ-1CA, 1CB-1CC, 1CD-1CE, 1CF-1CG, 1CH-1CI, 1CJ-1CK, 1CL-1CM, 1CN-1CO, 1CP-1CQ, 1CR-1CS, 1CT-1CU, 1CV-1CW, 1CX-1CY, 1CZ-1DA, 1DB-1DC, 1DD-1DE, 1DF-1DG, 1DH-1DI, 1DJ-1DK, 1DL-1DM, 1DN-1DO, 1DP-1DQ, 1DR-1DS, 1DT-1DU, 1DV-1DW, 1DX-1DY, 1DZ-1EA, 1EB-1EC, 1ED-1EE, 1EF-1EG, 1EH-1EI, 1EJ-1EK, 1EL-1EM, 1EN-1EO, 1EP-1EQ, 1ER-1ES, 1ET-1EU, 1EV-1EW, 1EX-1EY, 1EZ-1FA, 1FB-1FC, 1FD-1FE, 1FF-1FG, 1FH-1FI, 1FJ-1FK, 1FL-1FM, 1FN-1FO, 1FP-1FQ, 1FR-1FS, 1FT-1FU, 1FV-1FW, 1FX-1FY, 1FZ-1GA, 1GB-1GC, 1GD-1GE, 1GF-1GG, 1GH-1GI, 1GJ-1GK, 1GL-1GM, 1GN-1GO, 1GP-1GQ, 1GR-1GS, 1GT-1GU, 1GV-1GW, 1GX-1GY, 1GZ-1HA, 1HB-1HC, 1HD-1HE, 1HF-1HG, 1HH-1HI, 1HJ-1HK, 1HL-1HM, 1HN-1HO, 1HP-1HQ, 1HR-1HS, 1HT-1HU, 1HV-1HW, 1HX-1HY, 1HZ-1IA, 1IB-1IC, 1ID-1IE, 1IF-1IG, 1IH-1II, 1IJ-1IK, 1IL-1IM, 1IN-1IO, 1IP-1IQ, 1IR-1IS, 1IT-1IU, 1IV-1IW, 1IX-1IY, 1IZ-1JA, 1JB-1JC, 1JD-1JE, 1JF-1JG, 1JH-1JI, 1JJ-1JK, 1JL-1JM, 1JN-1JO, 1JP-1JQ, 1JR-1JS, 1JT-1JU, 1JV-1JW, 1JX-1JY, 1JZ-1KA, 1KB-1KC, 1KD-1KE, 1KF-1KG, 1KH-1KI, 1KJ-1KK, 1KL-1KM, 1KN-1KO, 1KP-1KQ, 1KR-1KS, 1KT-1KU, 1KV-1KW, 1KX-1KY, 1KZ-1LA, 1LB-1LC, 1LD-1LE, 1LF-1LG, 1LH-1LI, 1LJ-1LK, 1LL-1LM, 1LN-1LO, 1LP-1LQ, 1LR-1LS, 1LT-1LU, 1LV-1LW, 1LX-1LY, 1LZ-1MA, 1MB-1MC, 1MD-1ME, 1MF-1MG, 1MH-1MI, 1MJ-1MK, 1ML-1MM, 1MN-1MO, 1MP-1MQ, 1MR-1MS, 1MT-1MU, 1MV-1MW, 1MX-1MY, 1MZ-1NA, 1NB-1NC, 1ND-1NE, 1NF-1NG, 1NH-1NI, 1NJ-1NK, 1NL-1NM, 1NN-1NO, 1NP-1NQ, 1NR-1NS, 1NT-1NU, 1NV-1NW, 1NX-1NY, 1NZ-1OA, 1OB-1OC, 1OD-1OE, 1OF-1OG, 1OH-1OI, 1OJ-1OK, 1OL-1OM, 1ON-1OO, 1OP-1OQ, 1OR-1OS, 1OT-1OU, 1OV-1OW, 1OX-1OY, 1OZ-1PA, 1PB-1PC, 1PD-1PE, 1PF-1PG, 1PH-1PI, 1PJ-1PK, 1PL-1PM, 1PN-1PO, 1PP-1PQ, 1PR-1PS, 1PT-1PU, 1PV-1PW, 1PX-1PY, 1PZ-1QA, 1QB-1QC, 1QD-1QE, 1QF-1QG, 1QH-1QI, 1QJ-1QK, 1QL-1QM, 1QN-1QO, 1QP-1QQ, 1QR-1QS, 1QT-1QU, 1QV-1QW, 1QX-1QY, 1QZ-1RA, 1RB-1RC, 1RD-1RE, 1RF-1RG, 1RH-1RI, 1RJ-1RK, 1RL-1RM, 1RN-1RO, 1RP-1RQ, 1RR-1RS, 1RT-1RU, 1RV-1RW, 1RX-1RY, 1RZ-1SA, 1SB-1SC, 1SD-1SE, 1SF-1SG, 1SH-1SH, 1SJ-1SK, 1SL-1SM, 1SN-1SO, 1SP-1SQ, 1SR-1SS, 1ST-1SU, 1SV-1SW, 1SX-1SY, 1SZ-1TA, 1TB-1TC, 1TD-1TE, 1TF-1TG, 1TH-1TH, 1TJ-1TK, 1TL-1TM, 1TN-1TO, 1TP-1TP, 1TR-1TS, 1TT-1TU, 1TV-1TV, 1TX-1TX, 1TZ-1UA, 1UB-1UC, 1UD-1UE, 1UF-1UG, 1UH-1UH, 1UJ-1UK, 1UL-1UL, 1UN-1UN, 1UP-1UP, 1UR-1UR, 1UT-1UT, 1UV-1UV, 1UX-1UX, 1UZ-1VA, 1VB-1VB, 1VD-1VD, 1VF-1VF, 1VH-1VH, 1VJ-1VJ, 1VL-1VL, 1VN-1VN, 1VP-1VP, 1VR-1VR, 1VT-1VT, 1VV-1VV, 1VX-1VX, 1VZ-1WA, 1WB-1WB, 1WD-1WD, 1WF-1WF, 1WH-1WH, 1WJ-1WJ, 1WL-1WL, 1WN-1WN, 1WP-1WP, 1WR-1WR, 1WT-1WT, 1WV-1WV, 1WX-1WX, 1WZ-1XA, 1XB-1XB, 1XD-1XD, 1XF-1XF, 1XH-1XH, 1XJ-1XJ, 1XL-1XL, 1XN-1XN, 1XP-1XP, 1XR-1XR, 1XT-1XT, 1XV-1XV, 1XX-1XX, 1XZ-1YA, 1YB-1YB, 1YD-1YD, 1YF-1YF, 1YH-1YH, 1YJ-1YJ, 1YL-1YL, 1YN-1YN, 1YP-1YP, 1YR-1YR, 1YT-1YT, 1YV-1YV, 1YX-1YX, 1YZ-1ZA, 1ZB-1ZB, 1ZD-1ZD, 1ZE-1ZE, 1ZF-1ZF, 1ZH-1ZH, 1ZJ-1ZJ, 1ZL-1ZL, 1ZN-1ZN, 1ZO-1ZO, 1ZP-1ZP, 1ZR-1ZR, 1ZT-1ZT, 1ZV-1ZV, 1ZX-1ZX, 1ZY-1ZY, 1ZZ-1AA, 1AB-1AB, 1AD-1AD, 1AE-1AE, 1AF-1AF, 1AH-1AH, 1AJ-1AJ, 1AL-1AL, 1AN-1AN, 1AO-1AO, 1AP-1AP, 1AR-1AR, 1AT-1AT, 1AV-1AV, 1AX-1AX, 1AY-1AY, 1AZ-1AZ, 1BA-1BA, 1BB-1BB, 1BD-1BD, 1BE-1BE, 1BF-1BF, 1BH-1BH, 1BJ-1BJ, 1BL-1BL, 1BN-1BN, 1BO-1BO, 1BP-1BP, 1BR-1BR, 1BT-1BT, 1BV-1BV, 1BX-1BX, 1BY-1BY, 1BZ-1BZ, 1CA-1CA, 1CB-1CB, 1CD-1CD, 1CE-1CE, 1CF-1CF, 1CH-1CH, 1CJ-1CJ, 1CL-1CL, 1CN-1CN, 1CO-1CO, 1CP-1CP, 1CR-1CR, 1CT-1CT, 1CV-1CV, 1CX-1CX, 1CY-1CY, 1CZ-1CZ, 1DA-1DA, 1DB-1DB, 1DD-1DD, 1DE-1DE, 1DF-1DF, 1DH-1DH, 1DJ-1DJ, 1DL-1DL, 1DN-1DN, 1DO-1DO, 1DP-1DP, 1DR-1DR, 1DT-1DT, 1DV-1DV, 1DX-1DX, 1DY-1DY, 1DZ-1DZ, 1EA-1EA, 1EB-1EB, 1ED-1ED, 1EE-1EE, 1EF-1EF, 1EH-1EH, 1EJ-1EJ, 1EL-1EL, 1EN-1EN, 1EO-1EO, 1EP-1EP, 1ER-1ER, 1ET-1ET, 1EV-1EV, 1EX-1EX, 1EY-1EY, 1EZ-1EZ, 1FA-1FA, 1FB-1FB, 1FD-1FD, 1FE-1FE, 1FF-1FF, 1FH-1FH, 1FJ-1FJ, 1FL-1FL, 1FN-1FN, 1FO-1FO, 1FP-1FP, 1FR-1FR, 1FT-1FT, 1FV-1FV, 1FX-1FX, 1FY-1FY, 1FZ-1FZ, 1GA-1GA, 1GB-1GB, 1GD-1GD, 1GE-1GE, 1GF-1GF, 1GH-1GH, 1GJ-1GJ, 1GL-1GL, 1GN-1GN, 1GO-1GO, 1GP-1GP, 1GR-1GR, 1GT-1GT, 1GV-1GV, 1GX-1GX, 1GY-1GY, 1GZ-1GZ, 1HA-1HA, 1HB-1HB, 1HD-1HD, 1HE-1HE, 1HF-1HF, 1HH-1HH, 1HJ-1HJ, 1HL-1HL, 1HN-1HN, 1HO-1HO, 1HP-1HP, 1HR-1HR, 1HT-1HT, 1HV-1HV, 1HX-1HX, 1HY-1HY, 1HZ-1HZ, 1IA-1IA, 1IB-1IB, 1ID-1ID, 1IE-1IE, 1IF-1IF, 1IH-1IH, 1IJ-1IJ, 1IL-1IL, 1IN-1IN, 1IO-1IO, 1IP-1IP, 1IR-1IR, 1IT-1IT, 1IV-1IV, 1IX-1IX, 1IY-1IY, 1IZ-1IZ, 1JA-1JA, 1JB-1JB, 1JD-1JD, 1JE-1JE, 1JF-1JF, 1JH-1JH, 1JJ-1JJ, 1JL-1JL, 1JN-1JN, 1JO-1JO, 1JP-1JP, 1JR-1JR, 1JT-1JT, 1JV-1JV, 1JX-1JX, 1JY-1JY, 1JZ-1JZ, 1KA-1KA, 1KB-1KB, 1KD-1KD, 1KE-1KE, 1KF-1KF, 1KH-1KH, 1KJ-1KJ, 1KL-1KL, 1KN-1KN, 1KO-1KO, 1KP-1KP, 1KR-1KR, 1KT-1KT, 1KV-1KV, 1KX-1KX, 1KY-1KY, 1KZ-1KZ, 1LA-1LA, 1LB-1LB, 1LD-1LD, 1LE-1LE, 1LF-1LF, 1LH-1LH, 1LJ-1LJ, 1LL-1LL, 1LN-1LN, 1LO-1LO, 1LP-1LP, 1LR-1LR, 1LT-1LT, 1LV-1LV, 1LX-1LX, 1LY-1LY, 1LZ-1LZ, 1MA-1MA, 1MB-1MB, 1MD-1MD, 1ME-1ME, 1MF-1MF, 1MH-1MH, 1MJ-1MJ, 1ML-1ML, 1MN-1MN, 1MO-1MO, 1MP-1MP, 1MR-1MR, 1MT-1MT, 1MV-1MV, 1MX-1MX, 1MY-1MY, 1MZ-1MZ, 1NA-1NA, 1NB-1NB, 1ND-1ND, 1NE-1NE, 1NF-1NF, 1NH-1NH, 1NJ-1NJ, 1NL-1NL, 1NN-1NN, 1NO-1NO, 1NP-1NP, 1NR-1NR, 1NT-1NT, 1NV-1NV, 1NX-1NX, 1NY-1NY, 1NZ-1NZ, 1OA-1OA, 1OB-1OB, 1OD-1OD, 1OE-1OE, 1OF-1OF, 1OH-1OH, 1OJ-1OJ, 1OL-1OL, 1ON-1ON, 1OO-1OO, 1OP-1OP, 1OR-1OR, 1OT-1OT, 1OV-1OV, 1OX-1OX, 1OY-1OY, 1OZ-1OZ, 1PA-1PA, 1PB-1PB, 1PD-1PD, 1PE-1PE, 1PF-1PF, 1PH-1PH, 1PJ-1PJ, 1PL-1PL, 1PN-1PN, 1PO-1PO, 1PP-1PP, 1PR-1PR, 1PT-1PT, 1PV-1PV, 1PX-1PX, 1PY-1PY, 1PZ-1PZ, 1QA-1QA, 1QB-1QB, 1QD-1QD, 1QE-1QE, 1QF-1QF, 1QH-1QH, 1QJ-1QJ, 1QL-1QL, 1QN-1QN, 1QO-1QO, 1QP-1QP, 1QR-1QR, 1QT-1QT, 1QV-1QV, 1QX-1QX, 1QY-1QY, 1QZ-1QZ, 1RA-1RA, 1RB-1RB, 1RD-1RD, 1RE-1RE, 1RF-1RF, 1RH-1RH, 1RJ-1RJ, 1RL-1RL, 1RN-1RN, 1RO-1RO, 1RP-1RP, 1RR-1RR, 1RT-1RT, 1RV-1RV, 1RX-1RX, 1RY-1RY, 1RZ-1RZ, 1SA-1SA, 1SB-1SB, 1SD-1SD, 1SE-1SE, 1SF-1SF, 1SH-1SH, 1SJ-1SJ, 1SL-1SL, 1SN-1SN, 1SO-1SO, 1SP-1SP, 1SR-1SR, 1ST-1ST, 1SV-1SV, 1SX-1SX, 1SY-1SY, 1SZ-1SZ, 1TA-1TA, 1TB-1TB, 1TD-1TD, 1TE-1TE, 1TF-1TF, 1TH-1TH, 1TJ-1TJ, 1TL-1TL, 1TN-1TN, 1TO-1TO, 1TP-1TP, 1TR-1TR, 1TT-1TT, 1TV-1TV, 1TX-1TX, 1TY-1TY, 1TZ-1TZ, 1UA-1UA, 1UB-1UB, 1UD-1UD, 1UE-1UE, 1UF-1UF, 1UH-1UH, 1UJ-1UJ, 1UL-1UL, 1UN-1UN, 1UO-1UO, 1UP-1UP, 1UR-1UR, 1UT-1UT, 1UV-1UV, 1UX-1UX, 1UY-1UY, 1UZ-1UZ, 1VA-1VA, 1VB-1VB, 1VD-1VD, 1VE-1VE, 1VF-1VF, 1VH-1VH, 1VJ-1VJ, 1VL-1VL, 1VN-1VN, 1VO-1VO, 1VP-1VP, 1VR-1VR, 1VT-1VT, 1VV-1VV, 1VX-1VX, 1VY-1VY, 1VZ-1VZ, 1WA-1WA, 1WB-1WB, 1WD-1WD, 1WE-1WE, 1WF-1WF, 1WH-1WH, 1WJ-1WJ, 1WL-1WL, 1WN-1WN, 1WO-1WO, 1WP-1WP, 1WR-1WR, 1WT-1WT, 1WV-1WV, 1WX-1WX, 1WY-1WY, 1WZ-1WZ, 1XA-1XA, 1XB-1XB, 1XD-1XD, 1XE-1XE, 1XF-1XF, 1XH-1XH, 1XJ-1XJ, 1XL-1XL, 1XN-1XN, 1XO-1XO, 1XP-1XP, 1XR-1XR, 1XT-1XT, 1XV-1XV, 1XX-1XX, 1XY-1XY, 1XZ-1XZ, 1YA-1YA, 1YB-1YB, 1YD-1YD, 1YE-1YE, 1YF-1YF, 1YH-1YH, 1YJ-1YJ, 1YL-1YL, 1YN-1YN, 1YO-1YO, 1YP-1YP, 1YR-1YR, 1YT-1YT, 1YV-1YV, 1YX-1YX, 1YY-1YY, 1YZ-1YZ, 1ZA-1ZA, 1ZB-1ZB, 1ZD-1ZD, 1ZE-1ZE, 1ZF-1ZF, 1ZH-1ZH, 1ZJ-1ZJ, 1ZL-1ZL, 1ZN-1ZN, 1ZO-1ZO, 1ZP-1ZP, 1ZR-1ZR, 1ZT-1ZT, 1ZV-1ZV, 1ZX-1ZX, 1ZY-1ZY, 1ZZ-1ZZ, 1AA-1AA, 1AB-1AB, 1AD-1AD, 1AE-1AE, 1AF-1AF, 1AH-1AH, 1AJ-1AJ, 1AL-1AL, 1AN-1AN, 1AO-1AO, 1AP-1AP, 1AR-1AR, 1AT-1AT, 1AV-1AV, 1AX-1AX, 1AY-1AY, 1AZ-1AZ, 1BA-1BA, 1BB-1BB, 1BD-1BD, 1BE-1BE, 1BF-1BF, 1BH-1BH, 1BJ-1BJ, 1BL-1BL, 1BN-1BN, 1BO-1BO, 1BP-1BP, 1BR-1BR, 1BT-1BT, 1BV-1BV, 1BX-1BX, 1BY-1BY, 1BZ-1BZ, 1CA-1CA, 1CB-1CB, 1CD-1CD, 1CE-1CE, 1CF-1CF, 1CH-1CH, 1CJ-1CJ, 1CL-1CL, 1CN-1CN, 1CO-1CO, 1CP-1CP, 1CR-1CR, 1CT-1CT, 1CV-1CV, 1CX-1CX, 1CY-1CY, 1CZ-1CZ, 1DA-1DA, 1DB-1DB, 1DD-1DD, 1DE-1DE, 1DF-1DF, 1DH-1DH, 1DJ-1DJ, 1DL-1DL, 1DN-1DN, 1DO-1DO, 1DP-1DP, 1DR-1DR, 1DT-1DT, 1DV-1DV, 1DX-1DX, 1DY-1DY, 1DZ-1DZ, 1EA-1EA, 1EB-1EB, 1ED-1ED, 1EE-1EE, 1EF-1EF, 1EH-1EH, 1EJ-1EJ, 1EL-1EL, 1EN-1EN, 1EO-1EO, 1EP-1EP, 1ER-1ER, 1ET-1ET, 1EV-1EV, 1EX-1EX, 1EY-1EY, 1EZ-1EZ, 1FA-1FA, 1FB-1FB, 1FD-1FD, 1FE-1FE, 1FF-1FF, 1FH-1FH, 1FJ-1FJ, 1FL-1FL, 1FN-1FN, 1FO-1FO, 1FP-1FP, 1FR-1FR, 1FT-1FT, 1FV-1FV, 1FX-1FX, 1FY-1FY, 1FZ-1FZ, 1GA-1GA, 1GB-1GB, 1GD-1GD, 1GE-1GE, 1GF-1GF, 1GH-1GH, 1GJ-1GJ, 1GL-1GL, 1GN-1GN, 1GO-1GO, 1GP-1GP, 1GR-1GR, 1GT-1GT, 1GV-1GV, 1GX-1GX, 1GY-1GY, 1GZ-1GZ, 1HA-1HA, 1HB-1HB, 1HD-1HD, 1HE-1HE, 1HF-1HF, 1HH-1HH, 1HJ-1HJ, 1HL-1HL, 1HN-1HN, 1HO-1HO, 1HP-1HP, 1HR-1HR, 1HT-1HT, 1HV-1HV, 1HX-1HX, 1HY-1HY, 1HZ-1HZ, 1IA-1IA, 1IB-1IB, 1ID-1ID, 1IE-1IE, 1IF-1IF, 1IH-1IH, 1IJ-1IJ, 1IL-1IL, 1IN-1IN, 1IO-1IO, 1IP-1IP, 1IR-1IR, 1IT-1IT, 1IV-1IV, 1IX-1IX, 1IY-1IY, 1IZ-1IZ, 1JA-1JA, 1JB-1JB, 1JD-1JD, 1JE-1JE, 1JF-1JF, 1JH-1JH, 1JJ-1JJ, 1JL-1JL, 1JN-1JN, 1JO-1JO, 1JP-1JP, 1JR-1JR, 1JT-1JT, 1JV-1JV, 1JX-1JX, 1JY-1JY, 1JZ-1JZ, 1KA-1KA, 1KB-1KB, 1KD-1KD, 1KE-1KE, 1KF-1KF, 1KH-1KH, 1KJ-1KJ, 1KL-1KL, 1KN-1KN, 1KO-1KO, 1KP-1KP, 1KR-1KR, 1KT-1KT, 1KV-1KV, 1KX-1KX, 1KY-1KY, 1KZ-1KZ, 1LA-1LA, 1LB-1LB, 1LD-1LD, 1LE-1LE, 1LF-1LF, 1LH-1LH, 1LJ-1LJ, 1LL-1LL, 1LN-1LN, 1LO-1LO, 1LP-1LP, 1LR-1LR, 1LT-1LT, 1LV-1LV, 1LX-1LX, 1LY-1LY, 1LZ-1LZ, 1MA-1MA, 1MB-1MB, 1MD-1MD, 1ME-1ME, 1MF-1MF, 1MH-1MH, 1MJ-1MJ, 1ML-1ML, 1MN-1MN, 1MO-1MO, 1MP-1MP, 1MR-1MR, 1MT-1MT, 1MV-1MV, 1MX-1MX, 1MY-1MY, 1MZ-1MZ, 1NA-1NA, 1NB-1NB, 1ND-1ND, 1NE-1NE, 1NF-1NF, 1NH-1NH, 1NJ-1NJ, 1NL-1NL, 1NN-1NN, 1NO-1NO, 1NP-1NP, 1NR-1NR, 1NT-1NT, 1NV-1NV, 1NX-1NX, 1NY-1NY, 1NZ-1NZ, 1OA-1OA, 1OB-1OB, 1OD-1OD, 1OE-1OE, 1OF-1OF, 1OH-1OH, 1OJ-1OJ, 1OL-1OL, 1ON-1ON, 1OO-1OO, 1OP-1OP, 1OR-1OR, 1OT-1OT, 1OV-1OV, 1OX-1OX, 1OY-1OY, 1OZ-1OZ, 1PA-1PA, 1PB-1PB, 1PD-1PD, 1PE-1PE, 1PF-1PF, 1PH-1PH, 1PJ-1PJ, 1PL-1PL, 1PN-1PN, 1PO-1PO, 1PP-1PP, 1PR-1PR, 1PT-1PT, 1PV-1PV, 1PX-1PX, 1PY-1PY, 1PZ-1PZ, 1QA-1QA, 1QB-1QB, 1QD-1QD, 1QE-1QE, 1QF-1QF, 1QH-1QH, 1QJ-1QJ, 1QL-1QL, 1QN-1QN, 1QO-1QO, 1QP-1QP, 1QR-1QR, 1QT-1QT, 1QV-1QV, 1QX-1QX, 1QY-1QY, 1QZ-1QZ, 1RA-1RA, 1RB-1RB, 1RD-1RD, 1RE-1RE, 1RF-1RF, 1RH-1RH, 1RJ-1RJ, 1RL-1RL, 1RN-1RN, 1RO-1RO, 1RP-1RP, 1RR-1RR, 1RT-1RT, 1RV-1RV, 1RX-1RX, 1RY-1RY, 1RZ-1RZ, 1SA-1SA, 1SB-1SB, 1SD-1SD, 1SE-1SE, 1SF-1SF, 1SH-1SH, 1SJ-1SJ, 1SL-1SL, 1SN-1SN, 1SO-1SO, 1SP-1SP, 1SR-1SR, 1ST-1ST, 1SV-1SV, 1SX-1SX, 1SY-1SY, 1SZ-1SZ, 1TA-1TA, 1TB-1TB, 1TD-1TD, 1TE-1TE, 1TF-1TF, 1TH-1TH, 1TJ-1TJ, 1TL-1TL, 1TN-1TN, 1TO-1TO, 1TP-1TP, 1TR-1TR, 1TT-1TT, 1TV-1TV, 1TX-1TX, 1TY-1TY, 1TZ-1TZ, 1UA-1UA, 1UB-1UB, 1UD-1UD, 1UE-1UE, 1UF-1UF, 1UH-1UH, 1UJ-1UJ, 1UL-1UL, 1UN-1UN, 1UO-1UO, 1UP-1UP, 1UR-1UR, 1UT-1UT, 1UV-1UV, 1UX-1UX, 1UY-1UY, 1UZ-1UZ, 1VA-1VA, 1VB-1VB, 1VD-1VD, 1VE-1VE, 1VF-1VF, 1VH-1VH, 1VJ-1VJ, 1VL-1VL, 1VN-1VN, 1VO-1VO, 1VP-1VP, 1VR-1VR, 1VT-1VT, 1VV-1VV, 1VX-1VX, 1VY-1VY, 1VZ-1VZ, 1WA-1WA, 1WB-1WB, 1WD-1WD, 1WE-1WE, 1WF-1WF, 1WH-1WH, 1WJ-1WJ, 1WL-1WL, 1WN-1WN, 1WO-1WO, 1WP-1WP, 1WR-1WR, 1WT-1WT, 1WV-1WV, 1WX-1WX, 1WY-1WY, 1WZ-1WZ, 1XA-1XA, 1XB-1XB, 1XD-1XD, 1XE-1XE, 1XF-1XF, 1XH-1XH, 1XJ-1XJ, 1XL-1XL, 1XN-1XN, 1XO-1XO, 1XP-1XP, 1XR-1XR, 1XT-1XT, 1XV-1XV, 1XX-1XX, 1XY-1XY, 1XZ-1XZ, 1YA-1YA, 1YB-1YB, 1YD-1YD, 1YE-1YE, 1YF-1YF, 1YH-1YH, 1YJ-1YJ, 1YL-1YL, 1YN-1YN, 1YO-1YO, 1YP-1YP, 1YR-1YR, 1YT-1YT, 1YV-1YV, 1YX-1YX, 1YY-1YY, 1YZ-1YZ, 1ZA-1ZA, 1ZB-1ZB, 1ZD-1ZD, 1ZE-1ZE, 1ZF-1ZF, 1ZH-1ZH, 1ZJ-1ZJ, 1ZL-1ZL, 1ZN-1ZN, 1ZO-1ZO, 1ZP-1ZP, 1ZR-1ZR, 1ZT-1ZT, 1ZV-1ZV, 1ZX-1ZX, 1ZY-1ZY, 1ZZ-1ZZ, 1AA-1AA, 1AB-1AB, 1AD-1AD, 1AE-1AE, 1AF-1AF, 1AH-1AH, 1AJ-1AJ, 1AL-1AL, 1AN-1AN, 1AO-1AO, 1AP-1AP, 1AR-1AR, 1AT-1AT, 1AV-1AV, 1AX-1AX, 1AY-1AY, 1AZ-1AZ, 1BA-1BA, 1BB-1BB, 1BD-1BD, 1BE-1BE, 1BF-1BF, 1BH-1BH, 1BJ-1BJ, 1BL-1BL, 1BN-1BN, 1BO-1BO, 1BP-1BP, 1BR-1BR, 1BT-1BT, 1BV-1BV, 1BX-1BX, 1BY-1BY, 1BZ-1BZ, 1CA-1CA, 1CB-1CB, 1CD-1CD, 1CE-1CE, 1CF-1CF, 1CH-1CH, 1CJ-1CJ, 1CL-1CL, 1CN-1CN, 1CO-1CO, 1CP-1CP, 1CR-1CR, 1CT-1CT, 1CV-1CV, 1CX-1CX, 1CY-1CY, 1CZ-1CZ, 1DA-1DA, 1DB-1DB, 1DD-1DD, 1DE-1DE, 1DF-1DF, 1DH-1DH, 1DJ-1DJ, 1DL-1DL, 1DN-1DN, 1DO-1DO, 1DP-1DP, 1DR-1DR, 1DT-1DT, 1DV-1DV, 1DX-1DX, 1DY-1DY, 1DZ-1DZ, 1EA-1EA, 1EB-1EB, 1ED-1ED, 1EE-1EE, 1EF-1EF, 1EH-1EH, 1EJ-1EJ, 1EL-1EL, 1EN-1EN, 1EO-1EO, 1EP-1EP, 1ER-1ER, 1ET-1ET, 1EV-1EV, 1EX-1EX, 1EY-1EY, 1EZ-1EZ, 1FA-1FA, 1FB-1FB, 1FD-1FD, 1FE-1FE, 1FF-1FF, 1FH-1FH, 1FJ-1FJ, 1FL-1FL, 1FN-1FN, 1FO-1FO, 1FP-1FP, 1FR-1FR, 1FT-1FT, 1FV-1FV, 1FX-1FX, 1FY-1FY, 1FZ-1FZ, 1GA-1GA, 1GB-1GB, 1GD-1GD, 1GE-1GE, 1GF-1GF, 1GH-1GH, 1GJ-1GJ, 1GL-1GL, 1GN-1GN, 1GO-1GO, 1GP-1GP, 1GR-1GR, 1GT-1GT, 1GV-1GV, 1GX-1GX, 1GY-1GY, 1GZ-1GZ, 1HA-1HA, 1HB-1HB, 1HD-1HD, 1HE-1HE, 1HF-1HF, 1HH-1HH, 1HJ-1HJ, 1HL-1HL, 1HN-1HN, 1HO-1HO, 1HP-1HP, 1HR-1HR, 1HT-1HT, 1HV-1HV, 1HX-1HX, 1HY-1HY, 1HZ-1HZ, 1IA-1IA, 1IB-1IB, 1ID-1ID, 1IE-1IE, 1IF-1IF, 1IH-1IH, 1IJ-1IJ, 1IL-1IL, 1IN-1IN, 1IO-1IO, 1IP-1IP, 1IR-1IR, 1IT-1IT, 1IV-1IV, 1IX-1IX, 1IY-1IY, 1IZ-1IZ, 1JA-1JA, 1JB-1JB, 1JD-1JD, 1JE-1JE, 1JF-1JF, 1JH-1JH, 1JJ-1JJ, 1JL-1JL, 1JN-1JN, 1JO-1JO, 1JP-1JP, 1JR-1JR, 1JT-1JT, 1JV-1JV, 1JX-1JX, 1JY-1JY, 1JZ-1JZ, 1KA-1KA, 1KB-1KB, 1KD-1KD, 1KE-1KE, 1KF-1KF, 1KH-1KH, 1KJ-1KJ, 1KL-1KL, 1KN-1KN, 1KO-1KO, 1KP-1KP, 1KR-1KR, 1KT-1KT, 1KV-1KV, 1KX-1KX, 1KY-1KY, 1KZ-1KZ, 1LA-1LA, 1LB-1LB, 1LD-1LD, 1LE-1LE, 1LF-1LF, 1LH-1LH, 1LJ-1LJ, 1LL-1LL, 1LN-1LN, 1LO-1LO, 1LP-1LP, 1LR-1LR, 1LT-1LT, 1LV-1LV, 1LX-1LX, 1LY-1LY, 1LZ-1LZ, 1MA-1MA, 1MB-1MB, 1MD-1MD, 1ME-1ME, 1MF-1MF, 1MH-1MH, 1MJ-1MJ, 1ML-1ML, 1MN-1MN, 1MO-1MO, 1MP-1MP, 1MR-1MR, 1MT-1MT, 1MV-1MV, 1MX-1MX, 1MY-1MY, 1MZ-1MZ, 1NA-1NA, 1NB-1NB, 1ND-1ND, 1NE-1NE, 1NF-1NF, 1NH-1NH, 1NJ-1NJ, 1NL-1NL, 1NN-1NN, 1NO-1NO, 1NP-1NP, 1NR-1NR, 1NT-1NT, 1NV-1NV, 1NX-1NX, 1NY-1NY, 1NZ-1NZ, 1OA-1OA, 1OB-1OB, 1OD-1OD, 1OE-1OE, 1OF-1OF, 1OH-1OH, 1OJ-1OJ, 1OL-1OL, 1ON-1ON, 1OO-1OO, 1OP-1OP, 1OR-1OR, 1OT-1OT, 1OV-1OV, 1OX-1OX, 1OY-1OY, 1OZ-1OZ, 1PA-1PA, 1PB-1PB, 1PD-1PD, 1PE-1PE, 1PF-1PF, 1PH-1PH, 1PJ-1PJ, 1PL-1PL, 1PN-1PN, 1PO-1PO, 1PP-1PP, 1PR-1PR, 1PT-1PT, 1PV-1PV, 1PX-1PX, 1PY-1PY, 1PZ-1PZ, 1QA-1QA, 1QB-1QB, 1QD-1QD, 1QE-1QE, 1QF-1QF, 1QH-1QH, 1QJ-1QJ, 1QL-1QL, 1QN-1QN, 1QO-1QO, 1QP-1QP, 1QR-1QR, 1QT-1QT, 1QV-1QV, 1QX-1QX, 1QY-1QY, 1QZ-1QZ, 1RA-1RA, 1RB-1RB, 1RD-1RD, 1RE-1RE, 1RF-1RF, 1RH-1RH, 1RJ-1RJ, 1RL-1RL, 1RN-1RN, 1RO-1RO, 1RP-1RP, 1RR-1RR, 1RT-1RT, 1RV-1RV, 1RX-1RX, 1RY-1RY, 1RZ-1RZ, 1SA-1SA, 1SB-1SB, 1SD-1SD, 1SE-1SE, 1SF-1SF, 1SH-1SH, 1SJ-1SJ, 1SL-1SL, 1SN-1SN, 1SO-1SO, 1SP-1SP, 1SR-1SR, 1ST-1ST, 1SV-1SV, 1SX-1SX, 1SY-1SY, 1SZ-1SZ, 1TA-1TA, 1TB-1TB, 1TD-1TD, 1TE-1TE, 1TF-1TF, 1TH-1TH, 1TJ-1TJ, 1TL-1TL, 1TN-1TN, 1TO-1TO, 1TP-1TP, 1TR-1TR, 1TT-1TT, 1TV-1TV, 1TX-1TX, 1TY-1TY, 1TZ-1TZ, 1	

- 4) Allmänna frågor för aktuell dammanläggning. Några av frågorna behandlar övergripande frågor från aktuell anläggning och är samlade i ett eget blad, se Figur 4.
- 5) Fel för lucktypen på aktuell dammanläggning. För samtliga lucktyper som finns på den aktuella dammanläggningen skapas det ett nytt blad där uppskattade eller dokumenterade antal (heltal) fel de senast 10 åren skall anges. **Med fel avses svårigheter eller hinder för luckans öppnings-/stängningsfunktion så att risk skulle kunna föreligga att avbördning inte sker som avsett.** Dessa blad namnges efter lucktyp te.x. ”FEL Segmentluckor” (se Figur 5).

Figur 4: Exempel på del av ifyllda allmänna frågor för aktuell dammanläggning.

	O13	
	D	E
	F	G
	H	I
	J	K
3	Sammanfattning av fel för samtliga SEGMENTluckor i aktuell anläggning	
4		
5	Svara med dokumenterat eller uppskattat antal fel* under de senaste 10 åren.	
6		Antal fel per 10 år
7	Fel i spelmaskineri exkl. elektriskmotor	2
8	Fel i elektriska delar av drivsystem (motor och manövrutrustning)	0
9	Lägre fel lucka	4
10	Problem med luckstängningar	22
11	Fel i gränslägesfunktion	1
12	Fel i vaktfunktion ex. spelbäddsfunktion inkl gränsläge, momentvakt eller linvakt	0
13	Korrosionsproblem	0
14	Fastsittning	0
15	Fel i reglerfunktion (VNR/ÖVY-regi; VattennivåÖvervakningsAutomatik)	0
16	Fel i dämningskyddsfunktion	3
17	Fel i fjärrkontrollfunktion-mandover (inkl kommunikationsbänk)	3
18	Fel orsakat av åska eller överspänningar	2
19	Fel i lucklägesmätning (inkl givare)	7
20	Fel i vattennivåmätning (från mätpunkt (brunn) t.o.m. givare)	8
21	Handhavande som orsakat fel	4
22	Väderproblem exkl fastfrysning lucka (snö, is, fukt)	12
23	Fastfrysning av lucka	0
24	Sabotage/vandalism/skadegörelse	0
25	Bristande underhåll	1
26	Brister i beredskap/bemannning	9
27	Fel i kraftförsörjning- växelströmssystem	0
28	Fel i kraftförsörjning- diesel	0
29	Fel i kraftförsörjning- likströmssystem	1
30	Växelfel/transmission	2
31	Fel i byggnadstekniska konstruktioner som påverkat luckfunktion (infästningar, fälsar, trösklar, betong)	5
32	* Med fel avses xxx	

33		
34		
35	Eventuella kommentarer	
36		
37		
38		
39		
40		

41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		

Figur 5: Exempel på ifyllda antal fel under de senaste 10 åren för samtliga segmentluckor för aktuell dammanläggning.

- 6) Detaljerade luckfrågor. För varje lucka skall sedan ett antal detaljerade frågor om uppbyggnad och funktion besvaras (se Figur 6). Dessa blad skall fyllas i och består av frågor av en eller flerväls alternativ. Dessa blad namnges efter lucktyp te.x. som "Segmentluckor" och sedan ett löpnummer (se Figur 5). Numret har inget att göra med luckans placering i dammanläggningen.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'Luckenkät2008_080415g.xls'. The active sheet is 'Segmentlucka 1'. The form contains the following sections:

- Segmentlucka 1** (Header)
- Typ av spel/maskineri (ett val)** (Section 4): A list of options with radio buttons:
 - Linspel
 - Hydraulcylinder
 - Kuggstångsspel
 - Annat (specificera nedan) (Selected)
- Om annat:** (Section 10): A text input field with a note: 'Här kan man skriva in fritext när man valt "Annan" (ingen begränsning i längd men enbart två rader syns).' (Section 11)
- Funktioner som påverkar luckan exkl lokal direktmanövrering** (Section 13): A list of checkboxes:
 - Dämningsskyddsfunktion (Checked)
 - Vattennivåregleringsfunktion (ÖVY/VNR) (Checked)
 - Vattennivåövervakningsfunktion (VÖA) (Unchecked)
 - Fjärrkontroll (Unchecked)
 - Annan funktion (specificera nedan) (Unchecked)
- Om annan funktion:** (Section 20): A text input field.
- Kraftförsörjning (ett val)** (Section 22): A list of radio button options:
 - Kraftförsörjning via för utskovet separat motorgeneratoraggregat, ordinarie matning från stationens växelströmssystem (Selected)
 - Kraftförsörjning via för anläggningen (kraftstationen alt alla utskov) gemensamt motorgeneratoraggregat, ordinarie matning från stationens växelströmssystem
 - Likströmsdrift via stationsbatteri
 - UMD drift (AC/DC/AC frekvensomriktare)
 - Endast ordinarie växelströmssystem utan säkerställning, ex. via motorgeneratoraggregat
 - Annan lösning (specificera nedan)
- Om annan funktion:** (Section 33): A text input field.

Enbart ett alternativ kan väljas vid cirkulära markörer.

Om rätt alternativ inte finns väljer man "Annat" och rutan under blir färgad. Skriv i fältet vad som gäller för denna lucka. Detta fält kan också användas för kompletterande info och/eller förtydliganden.

Ingen begränsning i längden på texten finns men enbart 2-3 rader är synliga.

Valfritt antal alternativ kan väljas vid kvadratiske markörer.

Figur 6: Första frågorna på den första segmentluckan på den aktuella dammanläggningen.

- 7) Fel antal blad. Det går när som helst att utöka antalet luckor på den aktuella dammanläggningen. Däremot tas det inte bort några blad automatiskt. Det går att ta bort enskilda blad om det blir för många genom att högerklicka på bladets namn och välja ”Ta bort”. Var vänlig och döp inte om bladen eller lägg till/ tar bort rader eller kolumner då det försvårar analysen av data.
- 8) Erfarenheter/förbättringsprojekt till sist. Om alla frågor är besvarade i samtliga blad återgå då gärna till bladet ”Inledning” och fyll i rapportervärda erfarenheter från aktuell dammanläggning och förslag till förbättringsprojekt.
- 9) Gå till nästa dammanläggning. För nästa dammanläggning öppnas en ny digital enkät (Excelfil) och förfarandet upprepas tills samtliga dammanläggningar är slutförda.
- 10) Vänligen skicka ifyllda enkäter (Excelfilerna) till martin.hansson@energoretea.se.

Vi tackar för tålamodet med ifyllandet av enkäterna och ser fram emot att få analysera data!

Stefan, Teuvo och Martin



ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 2530. Telefax 08-677 2535
www.elforsk.se