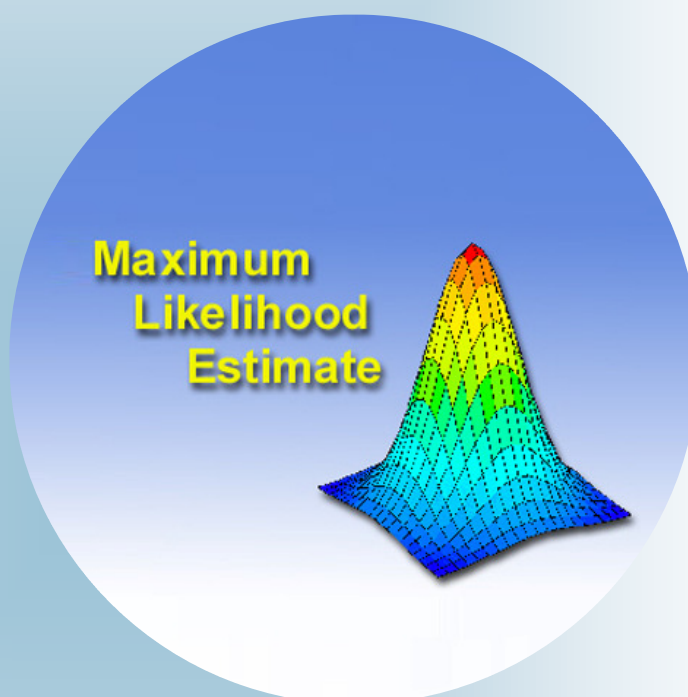


# SENSITIVITY TEST

- ▶ *Explosives*
- ▶ *Explosives components*
- ▶ *Percussion primers*
- ▶ *Electric igniters*
- ▶ *Pyrotechnic materials*
- ▶ *Safety fuses*
- ▶ *Slappers*
- ▶ *Caps*
- ▶ *Flyers*
- ▶ *Detonating devices*
- ▶ *Actuators*
- ▶ *Detonating cords*
- ▶ *Ballistics materials*
- ▶ *Helmets*
- ▶ *Air bags*
- ▶ *Cutting devices*
- ▶ *Electro-explosive subsystems*
- ▶ *Initiators*
- ▶ *Ignitors*



## CAPTURE ANALYSE REPORT

## PROVE DI SENSIBILITÀ

Le prove di sensibilità sono generalmente impiegate per la stima dei parametri associati a variabili continue e latenti che non possono essere misurate direttamente.

In questi casi si assume che un elemento in prova risponderà o non risponderà ad un certo valore dello stimolo applicato, evidenziando uno specifico livello critico.

Se lo stimolo applicato eguaglia o supera questo livello critico l'elemento risponderà, se lo stimolo applicato non eguaglia o eccede questo livello critico l'elemento non risponderà. Per ogni particolare elemento non è possibile determinare il valore esatto del livello critico.

Si potrà quindi provare più di un elemento ad ogni dato livello di sollecitazione e stimare la distribuzione dei livelli critici della popolazione dalla quale provengono gli elementi in prova.

In generale, la percentuale degli elementi che si prevede possano rispondere, cresce all'aumentare della severità della prova. Inoltre il test è distruttivo per natura e, quindi, gli elementi provati non possono essere riprovati o impiegati per l'uso finale.

## SUCCESSO (GO) O FALLIMENTO (NO GO)

Affinché la prova di sensibilità con determinazione di un livello critico sia valida, è necessario fissare, per lo specifico elemento in prova, le definizioni di risposta o successo e di non risposta o fallimento in modo unico e non ambiguo.

## CARATTERISTICHE DELL'ATTREZZATURA DI PROVA

L'attrezzatura di prova impiegata deve avere un livello di risoluzione sufficiente per assicurare che si possa adeguatamente riprodurre la distribuzione dei livelli critici nella regione d'interesse.

La risoluzione deve essere almeno quattro volte più piccola della deviazione standard della popolazione da esaminare.

Il limite superiore della sollecitazione fornibile dall'apparecchiatura di prova deve essere sufficiente ad assicurare che tutta la popolazione risponderà a questo valore di sollecitazione.

Il limite inferiore deve essere tale per cui nessun elemento della popolazione risponderà a tale valore di sollecitazione.

## SENSITIVITY TESTS

Sensitivity tests are often used to estimate parameters associated with latent continuous variables which cannot be measured.

In these cases each specimen is assumed to respond or not to a specific stimulus value, showing a critical stress threshold.

If the applied stimulus is equal or greater than this critical level, the element will respond, otherwise it will not respond.

For any particular element it is not possible to determine the exact value of the critical level. To measure the critical levels distribution of the population from which specimens come from, samples are tested at various stress levels.

Generally, the percentage of elements that are supposed to respond, grows with the test severity. Furthermore the test is destructive for nature and so tested elements cannot be re-tested or employed for the final use.

## SUCCESS (GO) OR FAILURE (NO GO)

For the threshold sensitivity test to be valid there must be a unique, unambiguous determination of device response (or success, go) or lack of response (or failure, no go).

## TESTER CHARACTERISTICS

The testing apparatus should have sufficient resolution to ensure that it can adequately probe the distribution in the region of interest.

The resolution should be at least a factor of four smaller than the standard deviation of the population to be studied.

The upper limit of the test apparatus should be sufficient to ensure that all the population will respond at that stress level, and the lower limit should be such that none of the population will respond at that stress level.

## CONDUZIONE DELLA PROVA

A meno che le modalità d'impiego nell'applicazione definitiva non prevedano diversamente, la prova di sensibilità deve essere eseguita a temperatura ambiente.

Fino a dove è possibile e pratico, si devono adottare elementi riscaldanti o raffreddanti in grado di simulare le condizioni termiche dell'applicazione definitiva.

Iniziata la prova, la si deve condurre senza interruzioni fino al completamento.

L'analisi dei dati può essere condotta sia durante, sia dopo il completamento della porzione di prova a cui si riferisce.

## PROCEDURE DI PROVA E DI ANALISI

In teoria le procedure di prova impiegate ed i metodi d'analisi dei dati raccolti possono essere indipendenti, ma in pratica ogni procedura di prova viene storicamente associata ad una tecnica d'analisi. Inoltre, mentre alcuni metodi d'analisi possono essere impiegati per analizzare i risultati di qualsiasi procedura di prova, altri metodi d'analisi sono applicabili solo ad una specifica procedura di prova.

In ogni caso le metodologie usate nella prova di sensibilità devono assicurare che le stime dei parametri della popolazione (media =  $\mu$ , deviazione standard =  $\sigma$ ) siano, per quanto possibile, accurate e precise ed ottenute utilizzando il numero minimo d'elementi per la prova.

"Accurate" significa che la stima del parametro da' luogo, in media, alla stima del valore vero e "precise" significa che le variabilità nella stima del parametro è la più piccola possibile.

Inoltre, il metodo d'analisi deve permettere di stimare, con un adeguato grado di confidenza, il livello di sollecitazione per il quale tutti gli elementi risponderanno (non risponderanno), in modo che, nell'applicazione definitiva, l'elemento venga sollecitato con lo stimolo necessario oppure, noto lo stimolo, si possa scegliere quale elemento impiegare.

## TEST EXECUTION

Unless the use modalities in the final application are different, the sensitivity test should be executed at environment temperature. If it was possible and practical, heating or freezing element should be used to simulate the thermal final conditions.

Once started, the proof must be completed without interruptions.

Data analysis can be executed both during and after finishing the proof.

## TEST AND ANALYSIS PROCEDURE

In theory test procedures and collected data analysis can be independent. Practically, any test procedure is historically associated to an analysis technique.

Furthermore, while some analysis methods could be used for any test data analysis, other method are useful only for one specific test.

In any case, sensitivity proof methods must ensure that population parameters (mean =  $\mu$ , standard deviation =  $\sigma$ ) will be as accurate and precise as possible, and obtained using the minimum number of the tested elements.

"Accurate" means that the parameters estimate lead, in mean, to the real value estimate and "precise" means that parameter estimate variability will be as small as possible.

Finally, the analysis method should calculate with an adequate level of confidence, the stimulus level at which any specimen will respond (not respond) so that, in the final application, the specimen will be excited by the necessary stimulus or, knowing the stimulus, it will be possible to choose which element have to be used.

## METODI DI PROVA

### METODO KÄRBER

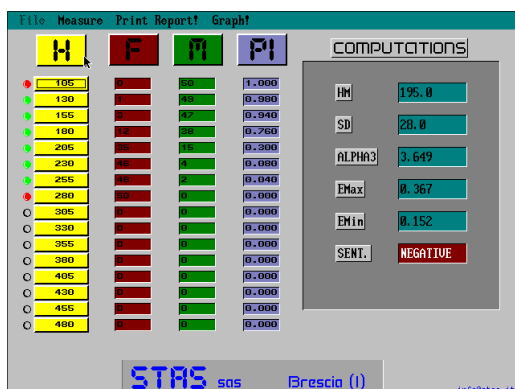
Il metodo Kärber permette di ottenere una stima semplice e non parametrica del valore della media e della deviazione standard della distribuzione dei livelli critici. Questo metodo si usa quando:

- la famiglia della distribuzione dei livelli critici non è conosciuta a priori
- non si è interessati alla stima del 50esimo percentile che, salvo nel caso di distribuzione simmetrica (normale), non corrisponde alla media
- i livelli di prova non sono egualmente spaziat
- il livello minimo della sollecitazione applicata è sufficientemente basso da non produrre alcuna risposta
- il livello massimo della sollecitazione applicata non produce mancate risposte
- si desidera una stima iniziale per gli altri metodi di prova (Probit, Bruceton, Langlie)
- non ci sono vincoli per il numero d'elementi da provare (150 - 300).

### METODO AMCR - ARMY MATERIAL COMMAND REGULATION

Il metodo AMCR detto anche Complete Rundown Test è un caso particolare del metodo di Kärber che si verifica quando:

- la distribuzione dei livelli critici è normale
- si è interessati alla stima della media
- i livelli di prova sono egualmente spaziat
- il livello minimo non produce alcuna risposta
- il livello massimo non produce mancate risposte
- non ci sono vincoli per il numero di elementi da provare (150-300).



## TEST METHODS

### KÄRBER METHOD

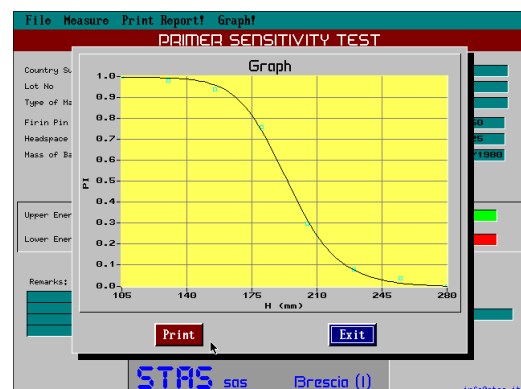
Kärber method gives simple nonparametric estimates of the mean and standard deviation of the distribution of critical levels. The situations for which this method might be chosen are:

- the shape or mathematical form of the distribution is unknown
- there is not interest about the 50<sup>th</sup> percentile estimate that, unless it is known that the distribution is symmetrical (normal), does not correspond to the mean
- test levels are not equally spaced
- minimums level is small enough to not produce any response
- maximum level does not produce lack of response
- you are interested in a starting estimate for other test methods (Probit, Bruceton, Langlie)
- there are no limits for the number of specimens to be tested (150 - 300).

### AMCR METHOD - ARMY MATERIAL COMMAND REGULATION

AMCR method, also called Complete Rundown Test is a particular case of the Kärber method and it is used when:

- critical level distribution is normal
- you are interested in the mean estimate
- test levels are equally spaced
- minimum level does not produce response
- maximum level does not produce lack of response
- there are no limits for the number of specimens to be (150-300).



## METODO PROBIT

Il metodo Probit ha il vantaggio di poter verificare la forma della distribuzione dei livelli critici, almeno al centro della distribuzione, anche se, in generale, si assume che tale distribuzione sia normale.

- I livelli di prova vengono scelti accuratamente in modo che vadano da 10% al 90% della zona di risposta. Non si possono usare i valori estremi 0% o 100%.
- Vengono provati un certo numero di campioni ad ogni livello (minimo 10).
- I livelli possono essere equispaziati (ma non è necessario).
- Normalmente il numero di livelli è compreso tra 6 e 10.
- Il test non è sequenziale (staircase) e quindi tutte le unità possono essere provate simultaneamente.

## METODO BRUCETON

Il metodo Bruceton, detto anche up-and-down, è uno dei metodi con modalità a scala (staircase) nei quali il livello di prova del test successivo dipende dall'esito del test o gruppo di test precedente.

- Si assume che la distribuzione dei livelli critici sia normale.
- Si inizia la prova al livello di sollecitazione medio presunto.
- Si definiscono degli incrementi - decrementi pari al valore della deviazione standard presunta (6 livelli).
- Si incrementa o decrementa il livello di prova di un gradino dopo un mancato funzionamento o un funzionamento.
- Il test continua fino all'esaurimento degli elementi in prova previsti (40).
- La concentrazione dei dati intorno alla media produce una stima accurata e precisa del valore con probabilità 50%.
- Il metodo non è particolarmente efficiente per la stima dei valori della deviazione standard o dei valori al limite dell'intervallo (0 e 100%).

## PROBIT METHOD

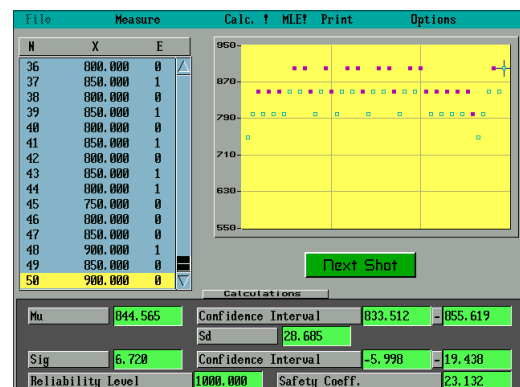
Probit method has the advantage to verify the distribution shape of the critical level, at least in the middle of the distribution, even if, generally, it is assumed to be normal.

- Stimulus levels used in the test are between the levels which cut off the lower and the upper 10% of the distribution. Extreme values 0% and 100% are not allowed.
- For each level, a minimum number (10) of samples is tested.
- Levels could be equally spaced (but it is not necessary).
- Normally, levels number is comprised between 6 and 10.
- Test is not staircase type, so, all specimens can be tested simultaneously.

## BRUCETON METHOD

Bruceton method is called also up-and-down method or staircase method, because the test level for the following trial depends on the result of the preceding one.

- Critical level distribution is assumed to be normal.
- It starts at a level where about 50% responses are expected.
- The test level is moved up one level after each non-response and down one level after each response.
- Increment - decrement steps are equal to the supposed standard deviation (6 levels).
- The test level is moved up one level after each non-response and down one level after each response.
- The experiment is concluded after a specified number of trials (40).
- Data concentration around the mean produces an accurate and precise estimate of the value with 50% probability.
- Method is not particularly efficient to estimate standard deviation or values at either extreme of stimulus/response curve.



## METODO LANGLEIE

È un metodo staircase che supera la dipendenza del metodo Bruceton dalla scelta del valore degli incrementi della sollecitazione durante la prova.

- Richiede la scelta del livello massimo e minimo di sollecitazione ( $\mu \pm 4$  sigma).
- Definisce il primo livello di prova come punto medio tra i livelli massimo e minimo.
- I livelli di sollecitazione successivi dipendono dagli esiti delle prove precedenti
- Produce una stima efficiente della media.
- Produce la stima degli intervalli di confidenza della media e della deviazione standard.
- Richiede un numero relativamente piccolo di campioni da provare (25 - 30).

## METODO MLE - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATE

Il metodo MLE - Stima di massima verosimiglianza - è un metodo d'analisi di dati raccolti con esperimenti di tipo go - no go e fornisce la stima della media e della deviazione standard dei dati raccolti, secondo una distribuzione normale.

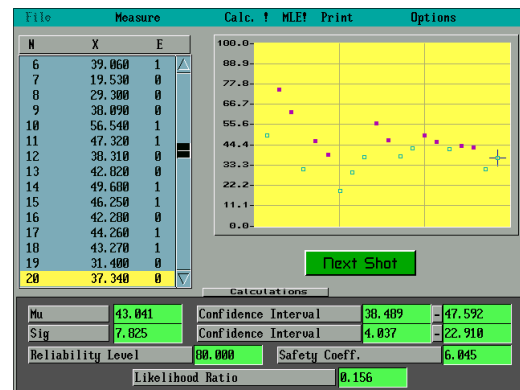
Può essere applicato ai dati raccolti, indipendentemente dalla procedura impiegata per eseguire la prova.

I parametri della popolazione vengono ricavati massimizzando la funzione di verosimiglianza. La stima della varianza dei parametri viene ricavata mediante il test del rapporto di verosimiglianza.

## LANGLIE METHOD

It is a staircase method that has been developed to overcome the dependence of the Bruceton test on the choice of the step size.

- It requires the user to pick a lower and upper test levels ( $\mu \pm 4$  sigma).
- The first test is carried out with a level of stimulus calculated as the mean between the max and the min levels.
- The level of the stimulus of the current test depends on the result of the test carried out with the preceding level of stimulus.
- It produces an efficient estimate of the mean.
- It produces the estimate of intervals of confidence of mean and standard deviation.
- It needs a small number of samples to be tested (25 - 30).



## MLE METHOD - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATE

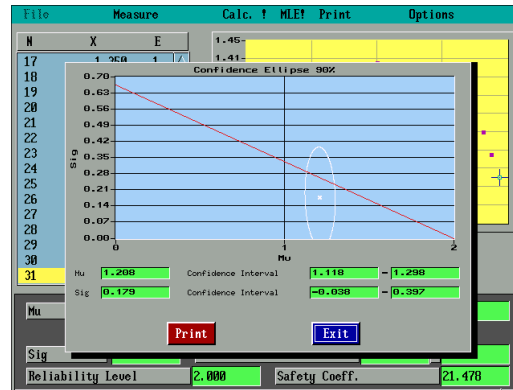
MLE method - Maximum likelihood estimate - is an analysis method for data collected by go -no-go tests and it gives their mean and the standard deviation estimates following a normal distribution.

It can be used to analyze all data coming from tests, independently from the used procedure. Population parameters are obtained maximizing the likelihood function.

The likelihood ratio test is used to estimate the variance of the population parameters.

Oltre media e deviazione standard si ricavano anche i livelli a specifici valori della probabilità e l'ellisse di confidenza. Produce risultati affidabili per dimensione del campione maggiore di 20.

In addition on to mean and standard deviation, the method estimates confidence levels at specific values of probability and the confidence ellipse. It produces reliable results for specimen dimension greater than 20.



## APPLICAZIONI

Una lista parziale delle aree nelle quali viene usato il test di sensibilità può essere la seguente:

- sensibilità agli shock meccanici
  - prova d'impatto per gli esplosivi
  - prova d'impatto per le spolette
  - prova d'impatto per gli imballaggi
- sensibilità dei componenti dei razzi all'accelerazione
- sensibilità degli esplosivi all'attrito
- sensibilità delle spolette e dei componenti dei razzi alla tensione elettrica
- sensibilità dei materiali pirotecnici alla scarica elettrica
- sensibilità degli esplosivi e dei razzi alla temperatura
- sensibilità degli inneschi alla percussione
- sensibilità degli inneschi alla tensione
- sensibilità dei detonatori elettrici alla tensione
- sensibilità degli attuatori alla sollecitazione elettrica o meccanica
- sensibilità dei materiali balistici (corpetti, elmetti e blindature) alla penetrazione di proiettili o schegge
- sensibilità degli esplosivi all'impatto di frammenti
- sensibilità degli air-bag alla decelerazione
- sensibilità dei dispositivi di taglio cavi alla pressione applicata.

## APPLICATIONS

A partial list of the many ordnance problem areas in which sensitivity test can be raised is as follows:

- sensitivity to mechanical shock:
  - impact test of high explosives
  - impact test of artillery fuses
  - Impact test of packing cases
- missile components sensitivity to acceleration
- explosives sensitivity to friction
- artillery fuses and missile components sensitivity to voltage
- pyrotechnic materials sensitivity to electric spark
- explosives and missile components sensitivity to temperature
- primers sensitivity to percussion
- primers sensitivity to voltage
- electric detonators sensitivity to voltage
- actuators sensitivity to electrical or mechanical stress
- ballistic material (personnel body armour, helmets armour platings) sensitivity to projectiles or fragments penetration
- explosives sensitivity to fragments impact
- air-bag sensitivity to deceleration
- cable cutting devices sensitivity to the applied pressure.

STAS si riserva il diritto di introdurre cambiamenti tecnici ed estetici in ogni momento. Le descrizioni, fotografie e disegni, hanno carattere puramente indicativo e non impegnativo per STAS.  
STAS reserves the right to introduce technical or aesthetic changes in every time. Descriptions, photographs and drawings have a purely indicative character and are not binding for STAS.

# STAS

## Ballistics Instrumentation